

Actas de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología

Alcalá de Henares
20 - 23 de octubre de 2004

Actas de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología

CELEBRADAS EN

Alcalá de Henares, 20 - 23 de octubre de 2004

ORGANIZADO POR

Departamento de Geología de la Universidad de Alcalá

Vicerrectorado de Extensión Universitaria

Sociedad Española de Paleontología

Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid

Concejalía de Cultura del Ayuntamiento de Alcalá de Henares

COLABORAN

Museo Geominero (IGME)

Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel

*Libro de Resúmenes de las XX Jornadas
de Paleontología*
Alcalá de Henares, 2004

Editores:
Calonge, A.
Gozalo, R.
López Carrillo, M.D.
Márquez, B.
y Pardo Alonso, M.V.

Imprime:
B.O.C.M.

ISBN: 84-451-2855-8
Depósito Legal: M-31.305-2.006

Actas de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología



Universidad
de Alcalá



MUSEO
ARQUEOLÓGICO
REGIONAL



La Suma de Todos
Comunidad de Cultura y Deportes
Comunidad de Madrid
www.madrid.org



AYUNTAMIENTO DE
ALCALÁ DE HENARES

Museo Geominero 
Instituto Geológico y Minero de España

FUNDACION  CONJUNTO
PALEONTOLOGICO DE TERUEL

COMITÉ DE HONOR

Excma. Sra. Dña. Esperanza Aguirre
Gil de Biedma
*Presidenta de la Comunidad
de Madrid*

Excmo. Sr. D. Santiago Fisas Ayxelà
Consejero de Cultura y Deportes

Excmo. Sr. D. Bartolomé González
Jiménez
Alcalde de Alcalá de Henares

Excmo. Sr. D. Virgilio Zapatero
Gómez
*Rector Magnífico de la Universidad
de Alcalá*

Ilmo. Sr. D. Enrique Baquedano
*Director del Museo Arqueológico
Regional*

Ilmo. Sr. D. José Pedro Calvo Sorando
*Director General del Instituto
Tecnológico Geominero de España*

Ilmo. Sr. D. Luis Alcalá Martínez
*Presidente de la Sociedad Española
de Paleontología*

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidenta:
Dra. Amelia Calonge García

Secretaria:
M^a Dolores López Carrillo

Vocales:
Dra. Antonia Andrade Olalla
Dr. Eduardo Barrón López
Dra. M^a José Gil García
Dr. Rodolfo Gozalo Gutiérrez
Dr. Ignacio Martínez Mendizábal
D^a Belén Márquez Mora
Dr. Miguel V. Pardo Alonso
Dra. Blanca Ruiz Zapata

Colaboradores:
Alejandra Rivera
Isora Sánchez Pérez

COMITÉ CIENTÍFICO

M^a Teresa Alberdi Alonso
*Museo Nacional de Ciencias Naturales,
Madrid*

Luis Alcalá Martínez
*Fundación Conjunto
Paleontológico de Teruel*

Juan Luis Arsuaga Ferreras
Universidad Complutense de Madrid

Juan C. Braga Alarcón
Universidad de Granada

Esmeralda Caus Gracia
Universidad Autónoma de Barcelona

Jorge Civis Llovera
Universidad de Salamanca

M^a José Comas Rengifo
Universidad Complutense de Madrid

Gloria Cuenca Bescós
Universidad de Zaragoza

Sixto Fernández López
Universidad Complutense de Madrid

Jenaro García Alcalde
Universidad de Oviedo

Antonio Goy Goy
Universidad Complutense de Madrid

Juan Carlos Gutiérrez Marco
CSIC, Madrid

Marcos Lamolda Palacios
Universidad del País Vasco

Eladio Liñan Guijarro
Universidad de Zaragoza

Nieves López Martínez
Universidad Complutense de Madrid

Ana Márquez Aliaga
Universidad de Valencia

Guillermo Meléndez Hevia
Universidad de Zaragoza

Luis C. Sánchez Posada
Universidad de Oviedo

José V. Santafé Llopis
Instituto de Paleontología

M. Crusafont, Sabadell
Universidad Autónoma de Madrid

Isabel Rábano
*Museo Geominero, Instituto Geológico
y Minero de España*

Pascual Rivas Carrera
Universidad de Granada

Jaime Truyols Santoja
Universidad de Oviedo

Juan Usera Mata
Universidad de Valencia

ÍNDICE

- II ARIAS, C.
Aportaciones de los fósiles al cambio climático
- 23 CUESTA RUÍZ-COLMENARES, M.A.
Interés del patrimonio paleontológico de la provincia de Palencia (Castilla y León, España) como recurso educativo
- 33 DELVENE, G. Y LAGUARTA, S.
Actividad práctica con bivalvos actuales y fósiles aplicable a la educación Secundaria
- 43 DORADO VALIÑO, M.; VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ, A.; ALONSO-ZARZA, A.M. Y RUIZ ZAPATA M.B.
Registro paleoambiental de los estadios isotópicos 8 y 9 (Pleistoceno Medio) en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real)
- 51 LÓPEZ CARRILLO, M.D.; CALONGE, A. Y MELÉNDEZ, G.
El patrimonio paleontológico en la enseñanza secundaria: problemática y sugerencias
- 61 MOLINA, P. Y MAZO, A.V.
"Hace tres millones de años". Una experiencia didáctica del Museo Provincial de Ciudad Real.
- 69 PARDO, P.; CALONGE, A.; LÓPEZ, M.D. Y REBOLLO, L.F.
Análisis de los contenidos sobre "fósil" y "fosilización" en los libros de texto de las Ciencias de la Tierra del último curso de la enseñanza obligatoria
- 75 RODRÍGUEZ, J.; VARELA, S. Y NIETO, M.
Estructura ecológica de las comunidades de mamíferos de la sabanas turolenses (Mioceno Superior), Teruel (España)
- 85 RUIZ ZAPATA, M.B.; ORTEGA, A.I.; VALDEOLMILLOS, A.; DORADO, M.; MARTÍNEZ MENDIZÁBAL, I.; GIL GARCÍA, M.J.; PÉREZ GONZÁLEZ, A.; CARRETERO, J.M. Y ARSUAGA, J.L.
Registro polínico de los perfiles sur (ATAP-1) y norte (ATAP-2) del Portalón de Cueva Mayor, sierra de Atapuerca (Burgos)

PRESENTACIÓN

Resulta siempre gratificante presentar los resultados de una reunión científica de alto nivel, como la que tuvo lugar en el otoño de 2004 en Alcalá de Henares promovida por la Sociedad Española de Paleontología, y en la que más de un centenar de investigadores tuvieron la oportunidad de compartir sus investigaciones en torno a los fósiles en el marco del Paraninfo de la Universidad de Alcalá de Henares y del Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid. El presente libro de Actas recoge las comunicaciones defendidas en las sesiones científicas, y culmina el compromiso adquirido por esta Consejería de su publicación.

La Comunidad de Madrid cuenta con un rico patrimonio paleontológico, con yacimientos de renombre internacional desde hace algo más de 100 millones de años, cuando bosques exuberantes cubrían la superficie de este territorio, hasta momentos mucho más recientes, en los que nuestros primeros antepasados comenzaron a colonizar las llanuras de nuestros valles y las laderas de nuestras montañas. Cuenta también con un amplio patrimonio humano, de investigadores que estudian este excepcional registro, distribuidos en universidades, museos y centros de investigación, que sitúan a Madrid a la cabeza de la paleontología española y en una posición puntera de la paleontología europea y mundial.

La Comunidad de Madrid es consciente del interés de este patrimonio paleontológico, y por ello crea espacios específicos para albergarlo, como el Museo Arqueológico Regional, que junto al Museo Nacional de Ciencias Naturales están haciendo un gran esfuerzo para estar en cuantos eventos tienen que ver con el patrimonio paleontológico de esta Comunidad.

Nos gustaría que la edición de las actas de estas jornadas, cuyo tema principal es el de la enseñanza de la paleontología, sirva de herramienta para avivar más si cabe el interés de la sociedad, a través de los niños y jóvenes de nuestro sistema educativo, por todo aquello que la paleontología nos puede enseñar acerca de nuestro pasado, presente y futuro. Cuestiones como el cambio climático, la extinción de las especies, o nuestros propios orígenes no pueden ser abordadas sin la perspectiva histórica que nos proporciona la paleontología. Esperamos que en el contenido de este volumen que ahora ve la luz, los lectores interesados puedan encontrar los argumentos para cimentar sus conocimientos o, incluso al contrario, para revisar ideas y conceptos que se daban por seguros.

Santiago Fisas Ayxelà
Consejero de Cultura y Deportes
de la Comunidad de Madrid

PRESENTACIÓN

Las reuniones científicas son algo inherente, consustancial a cualquier disciplina científica que se tenga por tal. Por ello, el encuentro entre científicos para presentar nuevos hallazgos y formular nuevas hipótesis ha sido siempre el objetivo principal de todo tipo de congresos, *simposia*, jornadas, reuniones de trabajo, etc. Y no cabe imaginar que en estas actividades no haya un espacio y un tiempo dedicados al debate. No se pueden construir verdaderos *corpora* académicos sin el debate entre los colegas, que es uno de los bienes más preciados en la relación entre investigadores.

El Museo Arqueológico Regional, como institución encargada de custodiar el patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid, y de promover su investigación y difusión, tarea que compartimos en la práctica por razones de eficacia con el Museo Nacional de Ciencias Naturales, ha querido colaborar con la Sociedad Española de Paleontología en la celebración de sus XX Jornadas mediante la edición de las presentes actas. Que dicha reunión se celebrara en Alcalá de Henares obligaba a este Museo a estar presente de una u otra manera. Cuando la principal organizadora y *alma mater* de este encuentro, la profesora Amelia Calonge, nos propuso participar en la convocatoria, de inmediato nos pusimos a su disposición y nos comprometimos a editar estas actas. Ahora finalmente ven la luz.

No quiero desaprovechar esta ocasión de saludar a los paleontológicos españoles para recordar una anécdota de este congreso. Lamenté mucho no estar presente en el congreso por coincidirme con otra reunión científica, sobre neandertales, convocada por el Museo de Altamira. El caso es que estando allí el día que terminó el congreso y regresando desde Santillana, recibí una llamada de mi amigo el profesor Ignacio Martínez. Como quiera que en ese viaje me acompañaba mi Maestro Emiliano Aguirre, Ignacio me pidió que si podíamos hacer un alto en el camino y acercarnos a Atapuerca para que los congresistas pudieran saludar a Emiliano y escuchar sus explicaciones. Así lo hicimos y Aguirre pudo completar las explicaciones de Ignacio Martínez y Gloria Cuenca en la trinchera de Atapuerca.

Los congresistas debieron pensar que era una sorpresa de los organizadores como broche final a una excelente organización, pero no, como tantas veces en las ciencias y en las artes la Fortuna y las Musas tienen un comportamiento caprichoso. Pero mejor si te encuentran trabajando.

Y así será, si así os parece.

Enrique Baquedano
*Director del Museo Arqueológico
Regional*

Aportaciones de los fósiles al cambio climático

Contributions of fossils to Climate Change

Carmen Arias

Dpto. Paleontología. Universidad Complutense. 28040 Madrid. e-mail: cariasf@geo.ucm.es

Arias, C. 2005. Aportaciones de los fósiles al cambio climático. [Contributions of fossils to Climate Change].

ABSTRACT

Understanding the causes and consequences of global climate change is one of the most important issues of modern science. Fuelled by concerns about the impact of human activities on the physical and biological environment of the Earth, an increasing amount research has been devoted to untangling records and mechanisms of past and present climate variation. To understand the Earth climate system, we cannot rely solely on present-day instrumental measurements. The geological and fossil records is the sole provider of information on climate change in the past. Although we cannot "measure" past climates directly, we can deduce the physical state of the Earth in the past using proxies - indirect sources of information. Such proxies include physical and chemical properties of sediments, content and abundance of fossil species and isotope composition of several fossil groups..

KEY WORDS: PALEOCLIMATOLOGY, PALEONTOLOGICAL PROXIES, CLIMATE CHANGE, GREENHOUSE EFFECT.

RESUMEN

Comprender las causas y consecuencias del cambio climático global es uno de los temas de estudio más importante de la Ciencia moderna. Su importancia se ha ido incrementando conforme el hombre ha asumido su acción dañina sobre el medio, y como consecuencia de ello, ha aumentado su interés en el estudio de los registros paleoclimáticos y sobre los mecanismos de cambio climático, pasados y presentes. Para comprender el sistema climático, no podemos considerar únicamente los registros instrumentales. Los registros geológico y fósil son la única fuente de información sobre el cambio climático en el pasado. Dado que no podemos estudiar el cambio climático en el pasado directamente, utilizamos "indicadores paleoclimáticos". Tales indicadores incluyen propiedades físicas y químicas en sedimentos y variaciones en la composición, abundancia de diferentes asociaciones fósiles y variaciones en el contenido isotópico del esqueleto de diferentes fósiles.

PALABRAS CLAVES: PALEOCLIMATOLOGÍA, INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS, CAMBIO CLIMÁTICO, EFECTO INVERNADERO.

¿ESTAMOS EN EL INICIO DE UN NUEVO CAMBIO CLIMÁTICO?

El cambio climático es un tema que permanentemente ocupa muchas de las portadas de los noticiarios, periódicos o libros, y es tal vez, uno de los aspectos más controvertidos de la Ciencia a inicios del siglo XXI. Los registros globales muestran que la temperatura para los primeros 8 meses del año 2003 fue de 0,7°C superior a la media del siglo pasado. Las temperaturas extremas (de hasta un 20% o un 30% más altas que la media estacional) registradas durante el verano del 2003 significaron para muchos países del centro y oeste de Europa, el inicio de una de las olas de calor más extensas (Fig. 1) y continuas (de duración superior a dos semanas) que se han conocido en la historia de nuestro continente. Así en Inglaterra se alcanzaron

los 38,5°C, en Suiza los 41,5°C y en la franja desde el sur de Alemania a Turquía, se registraron los 40°C (NDC/NOAA - Comisión Europea, 2003).

La postura de los científicos se debate entre los que creen que el cambio observado en el clima es consecuencia de la variabilidad natural del sistema climático y los que consideran que la causa está en el aumento antrópico de la emisión de los gases del efecto invernadero. La mayoría, tienden a aceptar que ambas causas participaron con un papel estelar en el conflicto del cambio climático.

Inicialmente debemos de ser conscientes de que las variaciones térmicas en las masas terrestres, marinas o atmosféricas son parte del ciclo vital de nuestro planeta. Si analizamos el cambio en el valor de la temperatura durante los últimos 100 m.a. (escala temporal tectónica), los datos señalan que se ha producido un descenso de

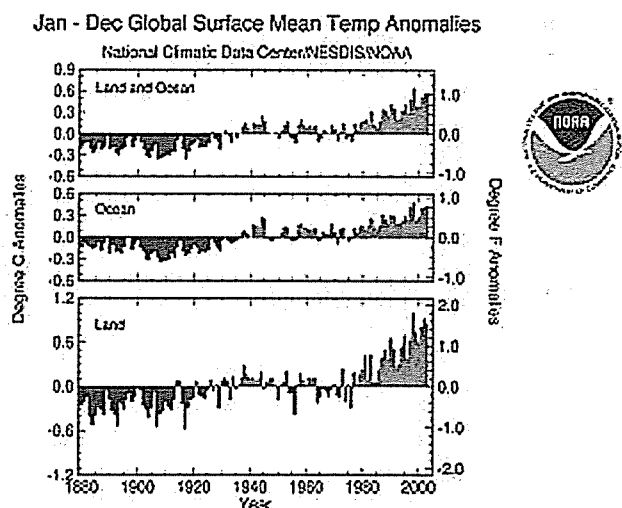


Figura 1

Anomalías medias en la temperatura superficial desde el año 1880 al 2003. NDC/NOAA, EUROPEAN COMMISSION - JRC, March Bulletin 20, MeteoSwiss, Meteorological Bulletins, 2003.

Figure 1

Global surface temperature anomalies (1880 to 2003) NDC/NOAA, EUROPEAN COMMISSION-JRC, March Bulletin 20, MeteoSwiss, Meteorological Bulletins, 2003.

la temperatura de entre 5°C y 10°C (es decir de -0.000002°C en 100 años). Pero si analizamos el periodo comprendido entre 17.000 y 6.000 años (escala temporal orbital), los datos indican que se produjo un periodo de calentamiento de entre 4°C y 6°C que fundió los casquetes polares en el Hemisferio Norte. Después se inicia un enfriamiento que afectó a los últimos 5.000 años sin que se produjera un aumento superior a 1°C (lo que representa 0,02°C en 100 años). En una escala temporal inferior (escala temporal milenaria), durante la última glaciación, las temperaturas oscilaron entre 5 y 6°C en la región del Atlántico Norte. Pero 900 años antes del inicio del siglo XX, la temperatura decreció unos 0,2°C.

Durante el siglo pasado es más difícil realizar los cálculos, pero si consideramos que los ciclos de cambio en los valores de la temperatura fueron cada 2.000 años, con un cambio de 0,2°C cada 1.000 años, en 100 años el cambio sería de 0,02°C (Ruddiman, 2000; Nacional Climate Data Center-NOAA-NESDIS, 2003 www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html). Sin embargo, el estudio realizado por el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (Internacional Panel on Climate Change-IPCC), en su tercer estudio (Third Assessment Report o TAR) publicado en el 2001 por el Grupo de Trabajo I, nos indica que se ha producido un incremento de la temperatura superficial media global de $0,6 \pm 0,2$ °C desde finales del siglo XIX (TAR, 2001, IPCC-www.ipc.ch). La década más calurosa registrada fue la de los 90 y los años más calurosos fueron 1998

y 2003 (Hadley Center Climate Prediction and Research www.met-office.gov.uk/research/hadleycenter/ y IPCC, 2001 www.ipc.ch).

Para saber si el aumento real de temperatura ha sido debido a la acción de los gases de efecto invernadero (GEI) y no como consecuencia de la variabilidad natural del sistema climático, deberíamos tener en cuenta que el enfriamiento a escala orbital se ha calculado en 0,02°C durante los últimos miles de años y el rango medio de calentamiento global debido a un reforzamiento del sol es de 0,2°C (no se consideran los cambios a escala tectónica o a escala milenaria). Si restamos de la señal producida por los cambios naturales, tendremos los cambios de temperatura debido a la acción humana. El resultado es de un gradual calentamiento de 0,4°C que se aceleró entre la década de los 80 y la de los 90. Si lo comparamos con el aumento de 0,7 a 1°C que nos muestran los modelos climáticos donde se considera una cantidad de CO₂ doble de la actual, debemos suponer que otros factores, además de la acción de los Gases del Efecto Invernadero, deben de afectar al cambio de temperatura (Hadley Center, www.met-office.gov.uk/research/hadleycenter/). Así fue como diversos autores comenzaron a considerar otras hipótesis sobre el cambio climático diferentes al Efecto Invernadero.

CLIMA Y PALEOCLIMATOLOGÍA

¿PORQUÉ ES IMPORTANTE ESTUDIAR

LA VARIACIÓN DEL CLIMA EN EL PASADO?

En el lenguaje coloquial es común oír expresiones tales como, que el *clima está loco* para mostrar nuestra sorpresa ante cambios bruscos del “tiempo meteorológico”. *Tiempo* y *Clima* no son términos que respondan al mismo significado. La palabra clima viene de la palabra griega *κλίμα*, término que hace referencia al área comprendida entre dos latitudes específicas caracterizadas por tener un determinado grado de inclinación solar y unas condiciones meteorológicas. Fue empleada en occidente por primera vez en el siglo XVI en Inglaterra (Lamb, 1982) para referirse al tiempo meteorológico propio de una región a lo largo de un periodo de tiempo. Es este intervalo temporal lo que permite diferenciar ambos términos. Otros autores consideran que puesto que el actual nivel de parametrización de los procesos del sistema climático no permite hacer predicciones de periodos superiores a cinco días, este sería el periodo de tiempo que algunos autores prefieren para diferenciar ambos términos. Para otros, es una cuestión del mantenimiento de determinadas condiciones atmosféricas durante amplios periodos de tiempo en amplias áreas geográficas (Bradley, 1985). Por convención

internacional, la Organización Meteorológica Mundial considera un periodo de 30 años.

Hasta la década de los cincuenta del siglo pasado se consideraba que el clima era constante. El tiempo meteorológico podía cambiar, pero en una escala a largo tiempo sólo eran anomalías puntuales. Este hecho es bastante sorprendente, sobre todo si consideramos, que sí se aceptaban la existencia de pasadas eras glaciares; sin embargo, cuando estas anomalías comenzaron a ser más patentes, con efectos desastrosos para los seres humanos (como las terribles sequías que arrasaron EEUU en la década de los 30 o los fenómenos más recientes del Niño o la Oscilación del Atlántico Norte (NOA) el planteamiento comenzó a variar y la investigación climatológica comenzó a mirar hacia el pasado.

La Paleoclimatología es el estudio de los climas del pasado (previo a los primeros registros instrumentales) y su evolución. Esta especialidad comenzó a tener cada vez más relevancia desde finales del siglo XIX, avanzando más allá del Cuaternario, que la vio nacer. John Houghton, copresidente del Grupo de Trabajo del IPCC indicó que para tener una mejor perspectiva del cambio climático en el futuro debemos mirar como cambió el clima en el pasado, porque es nuestra única prueba ante una variación natural del sistema climático.

Pero, ¿porqué este nuevo interés por estudiar los climas en el pasado?. Son numerosas las razones que podemos indicar, pero entre las más citadas podemos señalar, en primer lugar que con su estudio podemos conocer mejor como funciona el sistema climático y cómo actúan los procesos atmosféricos y segundo, sus datos pueden emplearse como primera fuente de evidencias de la variación del clima a lo largo del tiempo, y por tanto, de la realidad del cambio climático. Cómo y porqué cambió el clima en el pasado, nos permite además identificar la acción humana sobre el cambio climático y constatar la influencia de los diferentes factores de

forzamiento o causales. Más recientemente, su importancia se ha visto incrementada por la necesidad de tener datos paleoclimáticos veraces que nos puedan servir para complementar y apoyar los resultados que nos proporcionan los modelos climáticos.

RECONSTRUCCIÓN DEL CLIMA EN EL PASADO. INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS

Los climatólogos pueden conocer la reciente historia climática de la tierra a través de los registros instrumentales y de los registros históricos (registros de pasadas cosechas, avances o retrocesos de los glaciares alpinos, etc). Pero los paleoclimatólogos no pueden emplear esta metodología y emplean una serie de *indicadores paleoclimáticos* que nos ofrecen una información sobre los principales parámetros climáticos. Cada indicador tiene diferentes grados de resolución y nos dan una información sobre diferentes parámetros climáticos (Tabla1).

Los indicadores paleoclimáticos se pueden clasificar de diferentes maneras (siguiendo los componentes del sistema climático, diferenciando entre oceánicos y no marinos, atendiendo a grupos taxonómicos, según los procesos climáticos, etc), pero en general se subdividen en tres grandes categorías: paleontológicos o biológicos, geoquímicos y litológicos (Parrish, 1989; Webb *et al.*, 1993; Cronin, 1999).

En este trabajo nos centramos en la información que facilitan los indicadores climáticos paleontológicos o biológicos, es decir, en aquellos que se basan en elementos o asociaciones de animales y plantas fósiles, para intentar comprender los distintos mecanismos que producen el cambio climático global.

Por sus diferentes características vitales, cada organismo nos ofrece información sobre una serie de parámetros

INDICADORES	MEJOR RESOLUCIÓN (AÑOS)	PARÁMETROS CLIMÁTICOS
Anillos de los árboles	<1	P, T, H, actividad solar, composición química de la atmósfera, cambios en el nivel del mar
Sedimentos lacustres	1-20	H, P, T, S, composición química
Paleosuelos	100	T, P
Loess	100	Viento
Casquetes polares y glaciaciones	<1-1000	Nivel del mar, volumen de hielo
Relieve y características geomorfológicas	100-1000	Volumen de hielo, cambios en el nivel del mar
Sedimentos oceánicos	<100-1000	T, P, viento, gases traza, actividad volcánica, actividad solar, composición química
Corales	1000	S, T, productividad, nutrientes, aridez, circulación oceánica
Aguas subterráneas	>1000	T, P, composición química de las aguas
Precipitación de calcita	1000-2000	T, P, H

Tabla 1

Principales características de los indicadores paleoclimáticos más relevantes. (T=temperatura, P=precipitación, S=salinidad; H= humedad; modificado de Bradley, 1999; Cronin, 1999, Robison & Henderson-Sellers, 1999).

Table 1

The main characteristic of climatic proxies, best resolution (yr) and its use in estimating palaeoclimatic parameters (T= temperature, P= precipitation, H: humidity, S: salinity) (modified by Bradley, 1999; Cronin, 1999, Robison & Henderson-Sellers, 1999).

PARÁMETROS PALEOCLIMÁTICOS	INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS BIÓTICOS
Temperatura	Fósiles índices: foraminíferos, silicoflagelados, ostrácodos, moluscos marinos Morfología funcional: foraminíferos, silicoflagelados, vertebrados Índices faunísticos: foraminíferos, diatomeas, radiolarios, silicoflagelados, nannofósiles, vertebrados terrestres. Biogeografía: foraminíferos, diatomeas, conodontos, braquiópodos, moluscos marinos, graptolites, trilobites, plantas, vertebrados terrestres Función de transferencia: ostrácodos, dinoflagelados Método de organismos semejantes a los organismos actuales: ostrácodos, polen, plantas, crocodilos $\delta^{18}\text{O}$: en foraminíferos, nannofósiles, diatomeas marinas, conodontos, braquiópodos, moluscos marinos, corales y vertebrados terrestres
Estacionalidad de las temperaturas	Radiolarios, madera y tafonomía de la hojas
Distribución vertical de la temperatura de los océanos	$\delta^{13}\text{C}$ en biomarcadores; $\delta^{18}\text{O}$: en foraminíferos, diatomeas, braquiópodos, moluscos marinos, vertebrados marinos
Glaciares, volumen de hielo (cambios en el nivel del mar)	Braquiópodos zonación profunda $\delta^{18}\text{O}$: en foraminíferos vertebrados marinos, braquiópodos
Salinidad	Diatomeas
Productividad	General: foraminíferos, nannofósiles, radiolarios, tasmanitidos, graptolites moluscos marinos, reptiles marinos, corales. Fósiles índices, radiolarios $\delta^{13}\text{C}$ en foraminíferos, moluscos $\delta^{15}\text{N}$ en diatomeas marinas Cd/Ca y Ba en foraminíferos planctónicos
Contenido de O_2 en el agua del mar	Rocas ricas en material orgánico, trazas Fósiles marinas Morfología: ostrácodos marinos, bivalvos marinos Biogeografía: foraminíferos bentónicos
Balance global del carbón, CO_2	$\delta^{13}\text{C}$ en foraminíferos, biomarcadores, vertebrados marinos, paleosuelos
Meteorización continental	Isótopos de Sr en foraminíferos, conodontos, moluscos marinos Ge en diatomeas
Escorrentía, paleohidrología	Biogeografía: polen, plantas, moluscos, fósiles índices, Clasopollis, conostraceos
evapotranspiración	Morfología: plantas terrestres, vertebrados terrestres
Humedad estacional	Madera

Tabla 2
Información sobre diferentes parámetros paleoecológicos que puede ser extraída de diversos indicadores biológicos (modificado de Bradley, 1999; Cronin, 1999).

Table 2
Reconstruction of paleoclimates parameters through the use of biological proxies to derive information about past climatic parameters (modified by Bradley, 1999; Cronin, 1999).

climáticos (temperatura, salinidad, etc) referidos al mundo en que vivieron (Tabla 2).

En Paleoclimatología se utiliza una aproximación actualista que considera que los requisitos ecológicos de los representantes modernos se pueden trasponer a los representantes fósiles. Dada la dependencia del organismo de su medio biológico y físico, y el control de esta relación por los factores climáticos, un importante método de interpretación paleoclimática es el estudio de la distribución espacial de los organismos, la *Paleobiogeografía* (Hallam, 1973; McKerrow & Scotese, 1990).

Otra disciplina, la *Paleoecología*, que estudia la ecología de los fósiles, resulta ser especialmente muy útil. Pero como la mayoría de los organismos que existieron en la Tierra han desaparecido, esta aproximación no es tan fácil y necesita diferentes medios de estudio (Parrish, 1989). Cuando existen representantes actuales se puede considerar que tuvieron tolerancias climáticas semejantes, aunque se debe tener en cuenta que aunque los géneros sean los mismos, no siempre las especies individuales mantienen tolerancias análogas. Otro método de aproximación utiliza a aquellos organismos que tienen una relación evolutiva con organismos actuales, como los dinosaurios. La asunción en este caso es la misma que en el caso anterior.

La *Biología* de los organismos, es decir, su crecimiento, fisiología o morfología se puede relacionar con parámetros climáticos. Durante la ontogenia, diversos organismos, como corales o moluscos muestran diferentes patrones de crecimiento que dependen de las condiciones ambientales. La composición química de sus esqueletos guarda información sobre los principales parámetros químicos y físicos del medio (temperatura, salinidad, etc) generalmente marinos. Por ejemplo, Dwyer *et al.* (1995) relacionó el descenso de la temperatura del mar con un aumento de la relación Mg/Ca del caparazón del ostrácodo bentónico *Krithe*. En relación con la morfología, las variaciones a nivel específico en la dirección de enrollamiento, en el tamaño, en la morfología externa u ornamentación externa (Bradley, 1999; Cronin, 1999) han sido relacionados con variaciones de ciertos parámetros climáticos.

Pero no todos los fósiles pueden ser considerados buenos indicadores paleoclimáticos. Coope (1977) señaló algunas de las principales características que deberían reunir, tales como, abundancia, constancia fisiológica, estabilidad evolutiva, complejidad morfológica y respuesta rápida a los cambios climáticos. Son numerosos los grupos de fósiles que se pueden emplear como indicadores paleoclimáticos (Tabla 2) y cada uno de ellos nos pro-

EXTERNOS

- Radiación solar
- Cambios en la órbita terrestre: rotación, geometría.
- Tectónica de placas: distribución de las tierras y océanos, orografía, topografía, casquetes polares en latitudes altas, cambio en el patrón de las corrientes oceánicas, desgasificación en dorsales y fosas, la hipótesis BLAG, la hipótesis tectónica
- Composición de la atmósfera
- Composición de los océanos

INTERNOS

- Interacción: Biosfera-océano (CO₂, DMS, CH₄)
- Océanos (circulación termohalina, dinámica interna-El Niño)
- Mar de hielo y cobertera de nieve
- Masa terrestre (vegetación, albedo, biomasa y ecosistema)
- Hielo e Hidrología (ríos, lagos, y aguas superficiales)
- Actividad volcánica

Tabla 3

Principales mecanismos de forzamiento climático.

Table 3
Climate forcing factors

ORDEN	MECANISMOS DE FORZAMIENTO	VARIACIÓN DE TEMPERATURA	PERIODO DE RESOLUCIÓN
Primer Orden de control	Geometría del Sistema Solar Luminosidad solar Atmósfera terrestre	20-40° C más cálido	4,5 billones de años
Segundo Orden de control	Distribución de las masas continentales y oceánicas	15-20° C más cálido	Cientos a millones de años
Tercer Orden de control	Cambios en la órbita terrestre Variabilidad solar Oscilaciones oceanográficas a gran escala Ciclos mareales	5-15° C más cálido	Cientos o miles de cientos de años
Cuarto Orden de control	El Niño y La Niña Erupciones volcánicas Impacto de meteoritos Cambios en la actividad solar Emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero	5° C más cálido	Varias centurias o menos

Tabla 4

Mecanismos de forzamiento a escala temporal.

Table 4
The temporal-spatial characteristics of climate forcing factors.

porciona información sobre diversos parámetros paleoclimáticos.

En este trabajo, no vamos a seguir el esquema tradicional propio de la mayoría de los estudios paleoclimáticos donde se cita un listado o simplemente una descripción de la utilidad individual de cada grupo taxonómico (Bradley, 1985), sino que se van a integrar los indicadores en el esquema general de estudio de los diferentes mecanismos del sistema climático. Es una nueva aproximación que pretende enfatizar la importancia del estudio de la Paleontología en los estudios sobre el Cambio Climático.

LAS CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Si preguntamos cuál es la causa más probable que ha podido producir el cambio climático, la mayoría de las personas señalarían como causa más probable el efecto invernadero. Aunque esta causa no pasa de ser el paradigma presente en climatología, su influencia es tal, que ha provocado no pocos problemas a aquellos científicos que han planteado hipótesis alternativas. Por ello, son muchos los

científicos que han visto en el pasado la posibilidad de probar sus diferentes hipótesis alternativas.

Para conocer los posibles mecanismos responsables de los cambios en el clima, es necesario hacer referencia al Sistema Tierra, porque la variabilidad climática refleja las complejas interacciones entre sus diferentes componentes: la litosfera, hidrosfera, atmósfera, biosfera y criosfera (Fig. 2) y los diferentes mecanismos de retroalimentación.

Porqué cambia y ha cambiado el clima no es una pregunta fácil de responder. Ni siquiera la variabilidad natural del sistema climático se comprende en su totalidad. Son muchas las teorías propuestas, pero hasta ahora ninguna puede por sí misma explicar todos los cambios sucedidos en la historia de nuestro planeta. Uno de los principales inconvenientes nace de las intrincadas interrelaciones entre los componentes del sistema climático antes mencionados, por ejemplo el sistema litosfera-atmósfera y el balance energético o el de la atmósfera-océano profundo (Robinson & Henderson-Sellers, 1999). A nivel más básico se debe diferenciar las causas (mecanismos de forzamiento) y los efectos (mecanismos de respuesta). Inicialmente podemos hacer unas diferencias entre mecanismos externos e internos (Tabla 3). O bien según su influencia temporal (Tabla 4).

DISMINUCIÓN DE LA INSOLACIÓN

RETROALIMENTACIÓN POSITIVA

- a. Más nieve: incrementa el albedo, enfría la atmósfera
- b. Nivel de mar bajo: aumenta la exposición de la plataforma continental, incrementa el albedo, aerosoles
- c. Mar de hielo: agua dulce, fácilmente se hiela, aire frío, albedo alto
- d. Océanos fríos, reducción del vapor de agua de un 20%-33%
- e. La introducción de agua dulce (cursos fluviales, etc.) puede variar la circulación termohalina
- f. No producción de las masas oceánicas profundas de Atlántico, sin formación de la Corriente del Golfo calienta el Atlántico Norte, circulación lenta incrementa el CO₂ oceánico (menos CO₂ en la atmósfera).

Tabla 5

Mecanismos de retroalimentación.

Table 5

Climatic Feedback Mechanisms.

Una vez que hemos asumido que la perturbación de un parámetro externo o interno pudo causar una alteración del sistema climático, debemos considerar que estos factores interactúan entre sí modificando el resultado inicial de su acción. Son los mecanismos de retroalimentación (Tabla 5), que pueden amplificar el resultado (retroalimentación positiva) o anulándose entre sí (retroalimentación negativa).

Como ejemplo de mecanismo de retroalimentación positiva, podemos analizar la acción de los gases del efecto invernadero (GEI) o la acción del albedo terrestre. El vapor de agua, el dióxido de carbono y otros gases menores absorben y emiten radiación desde los niveles más fríos y exteriores del espacio. Son los denominados gases de efecto invernadero. Contrario a lo que se piensa es el vapor de agua el principal GEI, siendo responsable del 60% del actual efecto invernadero, mientras que el CO₂ es sólo responsable del 26%. Cuando se produce un aumento de la temperatura, el agua de los océanos se evapora rápidamente en el aire cálido de la atmósfera, se incrementa la cantidad de vapor de agua y se absorbe más energía infrarroja (IR). El resultado es un incremento en la actuación del efecto invernadero. Como consecuencia, la temperatura del aire aumenta y se incrementa de nuevo la cantidad de vapor de agua, incrementando también el efecto invernadero.

El albedo es el porcentaje de radiación recibida en una superficie determinada, que es reflejada, en lugar de ser absorbida. Por ejemplo la nieve fresca puede llegar a reflejar hasta un 90% de la radiación recibida, los mares de hielo casi un 55%, la vegetación tiene un albedo de entre 13-20% y el desierto de hasta un 40%. Un aumento de la temperatura tiene como resultado la fusión de los casquetes helados y una reducción en el valor del albedo, lo que permite que una mayor cantidad de radiación solar alcance la superficie y aumente así la temperatura. Es el denominado mecanismo de retroalimentación positiva de albedo-nieve (Rind & Chandler, 1991). Las nubes son un ejemplo de mecanismo de retroalimentación negativa. Las nubes bajas reflejan un alto porcentaje de la radiación recibida, enfriando la superficie.

RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA

- a. Océano frío-aridez, baja productividad biológica, más CO₂ en la atmósfera, reducción de la precipitación sobre los glaciares.
- b. Crecimiento de la masa de hielo, depresión isostática, aumento de la atracción gravitacional de los glaciares que incrementa la fusión de los glaciares en el mar

Cuando aumentan la temperatura y la evaporación se forman más nubes que enfrían la superficie terrestre.

Todos estos factores y su interrelación han construido una red tan compleja que los científicos sólo pueden proponer diversas líneas de investigación para explicar cuales fueron las causas del cambio climático, y dentro de cada una de sus propuestas buscar nuevas líneas de investigación que les puedan servir de apoyo. Actualmente existe una clara tendencia a buscar indicios de veracidad en el pasado, y para ello, los únicos instrumentos utilizados han sido los indicadores paleontológicos. En este trabajo vamos a exponer dos de las principales teorías de cambio climático y como los diferentes indicadores climáticos paleontológicos han ido configurando el desarrollo de cada teoría.

CAMBIOS A ESCALA ÓRBITAL EN LA PROPORCIÓN DE CO₂. GASES ABSORBENTES SELECTIVOS Y EL EFECTO INVERNADERO

La Tierra recibe continuamente radiación de longitud de onda corta procedente del sol (luz visible, UV, rayos X, etc...) y debe emitir la misma cantidad de calor (240 Kw/m³) que recibe al espacio. Pero esta radiación emitida se transforma en calor y causa la emisión de otro tipo de radiación que tiene una longitud de onda larga próxima al infrarrojo. Un objeto es absorbente selectivo cuando emite radiación en la misma longitud de onda. Este fenómeno es explicado por la Ley de Kirchhoff que indica que los buenos absorbentes son lo que emiten en una longitud de onda particular, como es el caso de la nieve que es un buen absorbente y un buen emisor de infrarrojos. Los principales gases absorbentes son el oxígeno y el ozono que absorben casi un 99% de la radiación ultravioleta, pero que son pobres absorbentes de radiación infrarroja.

El vapor de agua y el dióxido de carbono absorben selectivamente la radiación infrarroja que se mueve hacia la super-

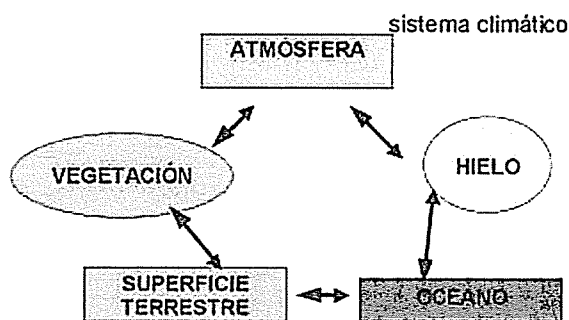


Figura 2
Sistema climático y sus componentes.

Figure 2
Components of the Climate System.

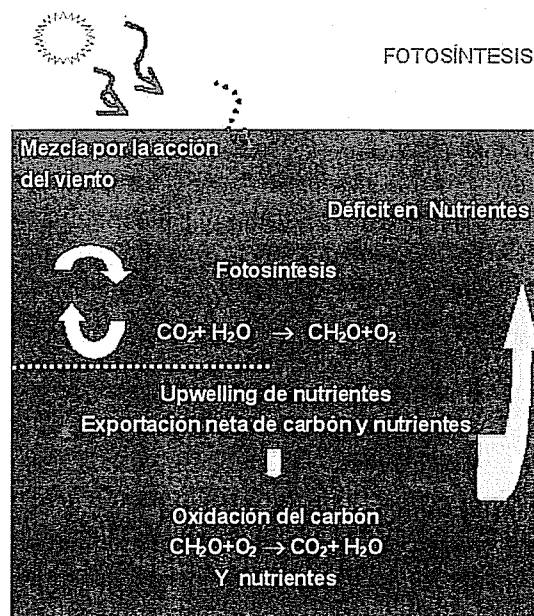


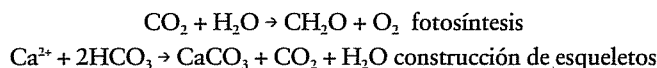
Figura 3
Ciclo del carbono en el océano. Intercambio entre las diferentes capas del océano.

Figure 3
The Ocean Carbon Cycle. Exchange between surface and deep ocean reservoirs.

ficie terrestre y hacia la atmósfera calentando ambas. Así pues, estos gases absorben la radiación IR y la remiten a la Tierra de nuevo, evitando el calor se escape al espacio exterior. Es el denominado Efecto Invernadero. El estudio de la influencia de la proporción de GEI en la atmósfera, como mecanismo de calentamiento global, ha generado un interés en conocer que cambios ha sufrido la composición de la atmósfera a lo largo del tiempo (Barnola *et al.*, 1987; Petit *et al.*, 1999). Inicialmente sólo se consideró la hipótesis de la influencia antropogénica como causa de la variación de los GEI. Así el aumento de CO_2 por la acción humana se confirmó cuando se tuvo acceso a datos sobre la proporción de CO_2 en la at-

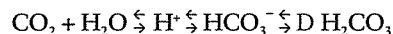
mósfera previos a la presencia del ser humano en el planeta. Los registros obtenidos en los núcleos de hielo nos dan valores de CO_2 cercanos a 280 ppm durante miles de años antes de la mitad del siglo XVIII. A fines de este siglo comenzó a aumentar hasta los 300 ppm, cifra que se mantuvo hasta mediados del siglo XX. Este último registro se obtuvo de las medidas tomadas desde 1958 por David Keeling en el Observatorio de Mauna Loa (Hawái). Las nuevas tecnologías empleadas nos hablan de un nuevo aumento desde 315 ppm (de 1958) a los actuales 365 ppm (Keeling *et al.*, 2002).

Pero para registros pre-cuaternarios, se necesitan emplear otros tipos de indicadores paleoclimáticos (Royer *et al.*, 2001) como el valor del $\delta^{13}C$ en calizas o en fitoplancton (Freeman & Hayes, 1992; Pagani *et al.*, 1999). La diferencia en el valor del $\delta^{13}C$ del agua del mar y del fitoplancton esta afectada por el valor de la presión parcial del CO_2 del agua del mar. La transferencia de CO_2 entre la atmósfera y el océano se debe a la diferencia en el valor de la presión parcial de CO_2 . Cuando el pCO_2 atm es mayor que la pCO_2 del océano existe un flujo del CO_2 hacia el océano. Dos factores controlan el pCO_2 en la superficie del océano: la temperatura (CO_2 es menos soluble en aguas de latitudes bajas) y el efecto biológico (durante la fotosíntesis el fitoplancton utiliza el CO_2). En la superficie del océano dos procesos se producen que afectan a la proporción de CO_2 , la construcción de tejidos orgánico durante la fotosíntesis y la construcción de esqueletos calcáreos (Fig. 3).

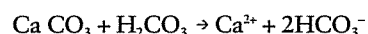


La transferencia hacia el fondo del mar del CO_2 se hace por medio de la mezcla de las masas de agua y el descenso gravitatorio del *debrís* biogénico y de las aguas, asociado con la formación de la circulación termohalina. Es la *bomba física* que actúa entre las diferentes capas del océano.

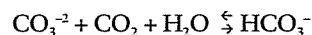
El agua profunda está supersaturada en CO_2 con respecto a la atmósfera y debido a la formación del ácido carbónico:



Cuando los esqueletos se disuelven se produce un incremento en la alcalinidad:



Los iones CO_3^{2-} retornan a la superficie por la circulación oceánica y se combinan con el CO_2 en la superficie del océano y se produce el ion HCO_3^- .



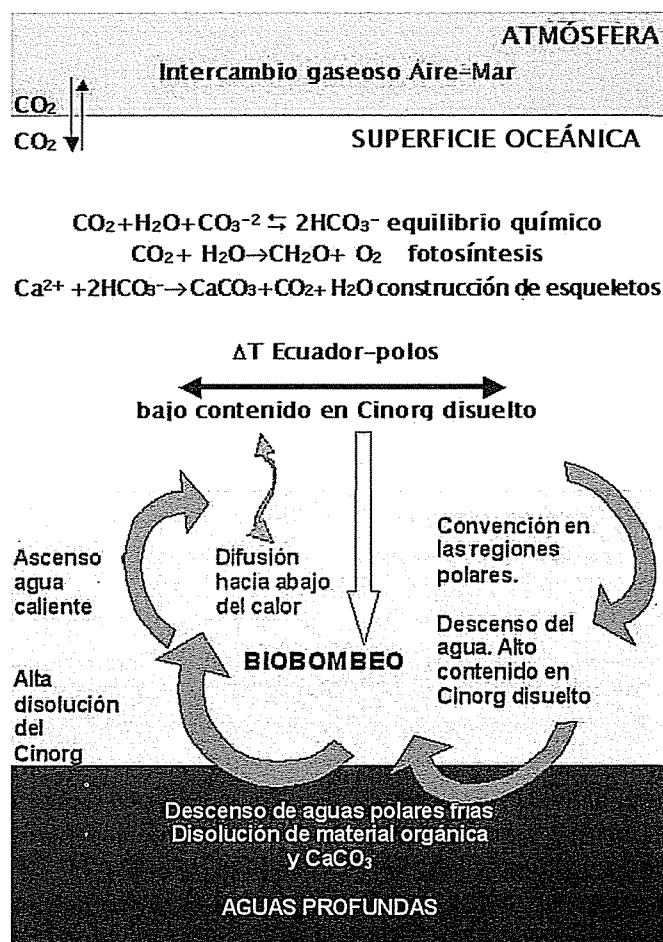


Figura 4
Flujo de energía entre las diferentes capas del océano (modificado de Harvey, 1996).

Figure 4
Approximation of Ocean Heat Storage by Ocean-Atmosphere Energy Exchange
(modified by Harvey, 1996).

Así pues un 90% del Cinorg en los océanos está como HCO_3^- , casi un 10% como CO_3^{2-} y menos de un 1% como CO_2 (Fig. 4).

Los organismos planctónicos toman carbono inorgánico con valores iniciales $\delta^{13}\text{C}$ cercanos al 0‰ del agua del mar y lo convierten en carbono orgánico con valores de $\delta^{13}\text{C}$ de -22‰. Parte del carbono orgánico es enviado al fondo del mar, pero mucho es oxidado y vuelve reciclado como inorgánico a la superficie (1‰), representando el reservorio más importante en el océano. El efecto combinado de los dos reservorios (una gran cantidad de C_{org} con $\delta^{13}\text{C}$ de aproximadamente -22‰ y una gran cantidad de C_{inorg} con valores de $\delta^{13}\text{C}$ de casi +1‰, da como resultado un valor medio de $\delta^{13}\text{C}$ de 0‰ para C_{inorg} en el océano (Fig. 5).

Otro indicador es la distribución de los estomas en las hojas de plantas del tipo C_{13} (Van de Burgh *et al.*, 1993; McElwain & Chaloner, 1995). La mayoría de las plantas superiores tienen poros que les permiten controlar el

flujo de CO_2 que entra en sus hojas. Así la proporción de estomas con relación a todas las células de la epidermis de la hoja está inversamente relacionado con el pCO_2 y nos da información del contenido de CO_2 en la atmósfera pasada.

Otro indicador es el contenido en Boro ($\delta^{11}\text{B}$) registrado en el caparazón de los foraminíferos planctónicos (Pearson & Palmer, 2000). La proporción de las dos especies dominantes de boro ($\text{B}(\text{OH})$ y el $\text{B}(\text{OH})_4^-$) en el agua del mar es parcialmente dependiente del pH. Puesto que ambas especies difieren en su contenido isotópico, se puede obtener información sobre el pCO_2 de las conchas carbonatadas que contienen como elemento traza al B. El método de usar el isótopo de B ($\delta^{11}\text{B}$) se basa en el hecho de que un aumento en la concentración del CO_2 significa que más CO_2 se ha disuelto en la superficie del océano, causando una reducción del pH, el cual puede ser detectado por la composición del B en el CaCO_3 precipitado.

Con estos datos y otros procedentes del registro geológico, varios autores desarrollaron una serie de modelos (Fig. 6) y han construido unas series de curvas que intentaban reflejar como ha variado la proporción de CO_2 a lo largo del tiempo (Budyko & Ronov, 1979; Berner, 1994; Ehleringer, *et al.* 1997, Francois & Godderis, 1998; Ekart *et al.*, 1999). Estos datos son posteriormente contrastados con el registro paleontológico y geológico, buscando una correlación entre el contenido en dióxido de carbono y la alternancia de periodos fríos y cálidos que pudiera confirmar el efecto de los GEI en la atmósfera (Boicot & Gray, 2001).

CAMBIOS EN LA ÓRBITA TERRESTRE

Los efectos gravitacionales de los cuerpos planetarios causan perturbaciones que periódicamente modifican la distribución geográfica de la radiación solar. De acuerdo con la Teoría Astronómica o la Teoría de Milankovitch, las variaciones paleoclimáticas, como la alternancia de periodos glaciares e interglaciares, se deben a las variaciones a largo término de la geometría de la órbita terrestre y a cambios estacionales y geográficos de la radiación incidente –insolación– que alcanza la Tierra. Tres parámetros se deben considerar.

La excentricidad de la órbita. La órbita terrestre no es un círculo perfecto sino una elipse que varía entre 0,005 y 0,0607 y de esa manera la distancia Tierra-Sol va variando y así la cantidad de radiación recibida va variando también (aproximadamente ~30, con un 6,4% de cambio de insolación entre julio y enero). Los cambios en la excentricidad se concentran en dos periodos (Berger, 2001),

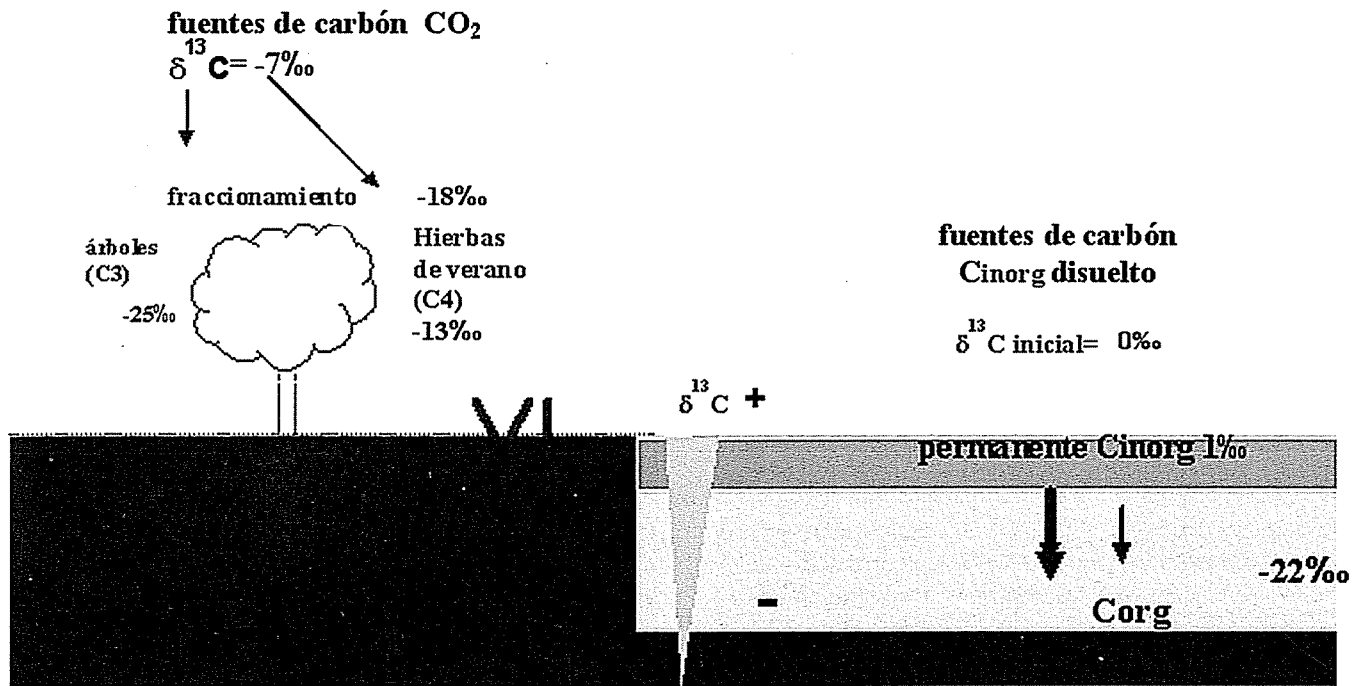


Figura 5
Ciclo del Carbono mostrando las variaciones del $\delta^{13}\text{C}$ entre los diferentes componentes del sistema estudiado (Cinorg = carbon inorgánico; Corg = carbon orgánico).

Figure 5
Tracing the carbon cycle with $\delta^{13}\text{C}$. Changes in carbon (C) flux between studied components. (Cinorg = inorganic carbon; Corg = organic carbon).

cada 100.000 (entre 95.000 y 131.000 años) y un periodo dominante de 413.000 años (Berger, 1988). El máximo efecto sobre la temperatura superficial se ha calculado en aproximadamente $\sim 0,5^\circ\text{C}$.

La oblicuidad o inclinación del eje rotacional es de $23,5^\circ$ en relación con la perpendicular al plano de órbita. Este ángulo ha fluctuado entre 22° y $24,5^\circ$ y determina la posición de las áreas polares y los trópicos, porque en las latitudes altas en el verano, la radiación incidente aumenta, y a mayor inclinación supone estaciones más marcadas. Un aumento de 1°C supone que la energía recibida aumenta en 1% (Berger, 2001). Los cambios en la oblicuidad es de aproximadamente de 41.000 años (Berger & Loutre, 1991).

Por último, tenemos la precesión de los equinoccios. Este movimiento incluye dos movimientos, la precesión axial, que es el movimiento en forma de peonza del eje rotacional terrestre, que actualmente apunta a la estrella polar cada 26.000 años y la precesión de la elipse, cuando la ór-

bita elíptica es la que rota sobre si misma. La combinación causa que los solsticios y los equinoccios cambien cada 23.000 años.

Para contrastar esta teoría denominada Teoría Orbital se ha recurrido continuamente a los estudios paleontológicos, fundamentalmente se ha estudiado el registro de las asociaciones de corales y diversos microfósiles (Schott, 1935; Arrhenius, 1952; Wollin, 1968; Broecker & van Donk, 1970; Shackleton & Opdyke, 1973, 1976; Hays *et al.*, 1976; Pisias & Shackleton, 1984; Pisias & Imbrie, 1986/7). Muchas de estas investigaciones se realizaron dentro de los programas CLIMAP y SPECMAP. Los estudios nos hablan de un claro predominio de la frecuencia de 100.000 años y por tanto del componente de la excentricidad.

En su estudio sobre el contenido isotópico de los foraminíferos para conocer la paleotemperatura del océano profundo, Emiliani (1955) mostró que la variabilidad oscilaba a varias de las frecuencias orbitales (Berger, 1979; Mix, 1992).

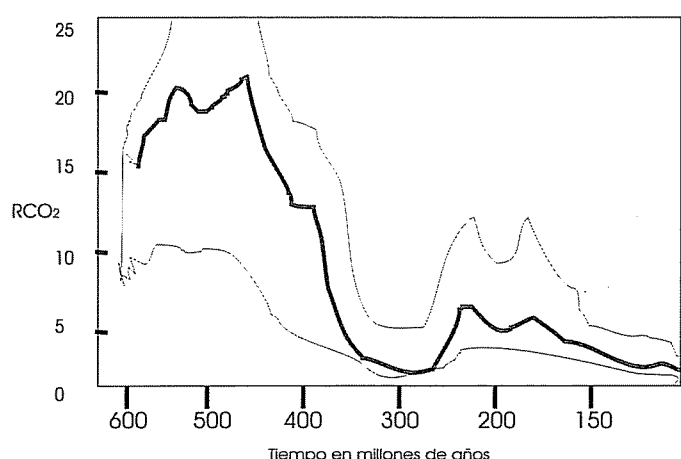


Figura 6
Curva del CO₂ basado en el modelo de Berner (1997).

Figure 6
Berner (1997) GEOCARB revised model of Phanerozoic atmospheric CO₂.

Los estudios sobre la localización de las terrazas de arrecifes coralinos nos hablan del control orbital de las fluctuaciones del nivel del mar, que a su vez dependerían del volumen de hielo almacenado en las áreas polares. El incremento de la radiación solar supone una disminución del volumen de hielo y descenso del nivel del mar y por tanto de la localización de los arrecifes. La datación mediante las series de U o método TIMS (²³⁴U, ²³¹Th, ²³¹Pa) ha permitido (Edwards, 1988; Bard *et al.*, 1990) conocer la periodicidad de sus oscilaciones. Como estudio representativo tenemos el análisis de los arrecifes coralinos de la Península de Hurón en Nueva Guinea (Gallup *et al.*, 1994) y en las islas de Barbados en el Caribe (Broecker *et al.*, 1968; Fairbanks & Matthews, 1978). Las series de Nueva Guinea nos hablan de periodicidades de 20.000 años, mostrando una periodicidad procesional.

Recientemente una nueva línea de investigación se ha centrado en los cambios en la circulación oceánica profunda, en la circulación termohalina (Jokat *et al.*, 1996). Así los datos paleoceanográficos que explican la formación de NADW (*North Atlantic Deep Water*) y de la AABW (*Antarctic Atlantic Bottom Water*) a través del estudio la relación isotópica de los diferentes isótopos del carbono y la relación entre los ratios Ma:Ca o Cd:Ca (Curry *et al.*, 1988; Boyle & Keigwin, 1987; Boyle, 1988, 1992). Por el estudio de las asociaciones de foraminíferos podemos conocer que las masas oceánicas de NADW tienen un alto contenido en $\delta^{13}\text{C}$ pues se originan cerca del origen del carbono, con un bajo contenido en nutrientes, alta temperatura y baja salinidad, mientras que AABW del océano del sur tiene bajos valores en $\delta^{13}\text{C}$, es rico en nutrientes y es menos salino que en el caso de NADW (Cronin & Raymo, 1997). Así podemos dibujar su desa-

rollo y diferenciar ambas masas oceánicas. En las fluctuaciones cíclicas observadas en el desarrollo de NADW destaca la presencia de frecuencias de 41.000 y 23.000 años (Ruddiman *et al.*, 1996; Raymo *et al.*, 1990, 2004). Otras medidas se refieren a los cambios en la diversidad de las especies bentónicas en el Atlántico Norte (Jokat *et al.*, 1996, Cronin & Raymo, 1997) donde se observan perturbaciones periódicas de 41.000 años como las originadas por cambio en la oblicuidad.

CONCLUSIONES

Los estudios actuales recogidos en el Panel Internacional de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático-IPCC parecen confirmar que realmente se está produciendo un aumento en la temperatura de nuestro planeta muy superior al aumento general resultado de la variabilidad natural del sistema climático. El mismo panel desarrolla todo su estudio considerando como hipótesis de partida la Teoría del efecto invernadero, que considera que se está produciendo un aumento de la temperatura a nivel mundial como consecuencia de un incremento antropogénico de los gases del efecto invernadero principalmente del CO₂. La mayor parte de este estudio se centra en los proporcionados por diversos modelos matemáticos, que muestran cual puede ser el cambio en el futuro del valor de las temperaturas en función de los datos que actualmente conocemos y apoyándose en modelos paleoclimáticos. Pero para la confección de ambos tipos de modelos es necesario conocer como ha variado el clima en el pasado y el valor de determinados parámetros paleoclimáticos. Fue de este modo, como la Paleoclimatología, que inicialmente sólo eran estudios sobre el clima durante el Cuaternario, comenzó su rápida expansión, con numerosos estudios que empleaban un conjunto de nuevos indicadores paleoclimáticos. Los fósiles empezaron a tener una mayor influencia en los estudios climáticos, pues en muchos casos eran las únicas herramientas para tener datos sobre determinados parámetros climáticos, como la temperatura, salinidad, etc., en el pasado. Esta nueva concepción de la importancia de las asociaciones fosilíferas, sin embargo, no suele reflejarse en los estudios generales sobre Paleoclimatología, donde sólo se trata este tema como un listado de distintos tipos de fósiles, con su utilidad a nivel de grupo, pero sin conexión con los mecanismos de control climático. En este trabajo hemos intentado reflejar la importancia que los estudios paleontológicos tienen en los modernos análisis paleoclimáticos, y como pueden servirnos, incluso, para validar las modernas teorías sobre el cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado parcialmente por el Proyecto BTE 2001-1924 y el CGL 205-/01765 BTE del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). Quisiera agradecer a la Dra. María José Comas Rengifo sus comentarios y sugerencias sobre los distintos aspectos de este trabajo.

Referencias

- ARHENIUS, G. 1952. Sediment Cores from the East Pacific. *Reports Swedish Deep Sea Expedition 1947-1948*, 5, 1, 160 pp.
- BARD, E.; HAMELIN, B.; FAIRBANKS R.G. & ZINDLER A. 1990. Calibration of the 14C timescale over the past 30,000 years using mass spectrometric U-Th ages from Barbados corals, *Nature*, 345, 405-410.
- BARNOLA, J.M.; RAYNAUD, D.; KOROTKEVITCH, Y.S & LORIUS, C. 1987. Vostok Ice Cores Provides a 160,000 year record of atmospheric CO₂. *Nature*, 329, 408-14.
- BERNER, R.A. 1994. GEOCARB II: A revised model of atmospheric CO₂ over Phanerozoic time. *American Journal of Science*, 294, 56-91.
- BERNER, R.A. 1997. The rise of plants and their effect on weathering and atmospheric and atmospheric CO₂. *Science*, 276, 544-546.
- BERGER, A.L. 1976. Obliquity and precession for the last 5,000,000 years. *Astronomy & Astrophysics Journal*, 51, 127-135.
- BERGER, A.L. 1988. Milankovitch Theory of Climate. *Review of Geophysics*, 26, 4, 624-657.
- BERGER, A.L. 2001. The role of CO₂, sea-level and vegetation during the Milankovitch-forced glacial-inter glacial cycles. En: *Proceedings Geosphere-Biosphere Interactions and Climate*, Lennart O. Bengtsson and Claus U. Hammer (eds), New York. Cambridge University Press 119-147 pp.
- BERGER, A. & LOUTRE, M.F. 1991. Insolation values for the climate of the last 10 million years, *Quaternary Science Reviews*, 10, 297-317.
- BOUCOT, A.J. & GRAY, J. 2001. A critique of Phanerozoic climate models involving changes in the content of CO₂ the atmosphere. *Earth Science Reviews*, 56, 1-159.
- BOYLE, E.A. 1988. The role of vertical chemical fractionation in controlling late Quaternary atmospheric carbon dioxide, *Journal of Geophysical Research*, 93, 15701-15714.
- BOYLE, E.A. 1992. Cadmium and d13C paleochemical ocean distributions during the stage 2 glacial maximum, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 20, 245-287.
- BOYLE, E.A. & KEIGWIN, L. 1987. North Atlantic Thermohaline Circulation during the past 20000 Years linked to high-latitude surface temperature, *Nature*, 330, 35-40.
- BRADLEY, R.S. 1985. *Quaternary Palaeoclimatology: Methods of Palaeoclimatic Reconstruction*. Unwin Hyman, London, 472 pp.
- BRADLEY, R.S. 1999. *Paleoclimatology: Reconstructing climates of the Quaternary* (2nd Ed.) Academic Press, 1-472, pp.
- BROECKER, W.S. & VAN DONK, J. 1970. Insolation changes, ice volumes, and the O18 record in deep sea cores, *Journal of Geophysical Research-Space Physics*, 8, 69 pp.
- BROECKER, W.S.; THURBER, D.L.; GODDANR, J.; KU, T.; MATTHEWS, R.K. & MESOLELLA, K.J. 1968. Milankovitch hypothesis supported by precise dating of coral reefs and deep sea sediment. *Science*, 159, 297-300.
- BROECKER, W.S. & PENG, T.H. 1989. The cause of the glacial to Inter glacial Atmospheric CO₂ Change: A polar alkalinity hypothesis. *Global Biogeochemical Cycles*, 3, 215-39.
- BUDYKO, M.I. & RONO, A.B. 1979. Chemical evolution of the atmosphere in the Phanerozoic, *Geochemistry International*, 16, 3, 1-9.
- CHAPPELLAZ, J.; BARNOLA, J.M.; RAYNAUD, D.; KOROTKEVITCH, Y.S & LORIUS, C. 1990. Ice Core Record of Atmospheric Methane over the last 160,000 years. *Nature*, 345, 127-131.
- COOPE, G.R. 1977. Fossil coleopteran assemblages as sensitive indicators of climatic changes during the Devensian (last) cold stage. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, series B, Biological Sciences, 280, 313-340.
- CRONIN, T.M. 1999. *Principles of Paleoclimatology*. Columbia University Press, 560pp.
- CRONIN, T.M. & RAYMO, M.E. 1997. Orbital forcing of deep-sea benthic species diversity. *Nature*, 385, 624-627.
- CURRY, J.A.; EBERT, E.E. & HERMAN, G.H. 1988. Mean and turbulence structure of the summertime Arctic cloudy boundary layer. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 114, 715-746.
- DWYER, G.S.; CRONIN, T.M.; BAKER, P.A.; RAYMO, M.E.; BUZAS, J.S. & CORREGE, T. 1995. North Atlantic deepwater temperature change during late Pliocene and Late Quaternary climatic cycles. *Science*, 270, 1347-1351.
- EHLERINGER, J.R.; CERLING, T.E.; & HELLIKER, B.R. 1997. C4 photosynthesis, atmospheric CO₂, and climate. *Oecologia*, 11, 285-299.
- EKART, D.E.; CERLING, T.E.; MONTAÑEZ, I.P. & TABOR, N.J. 1999. A 400 million year carbon isotope record of pedogenic carbonate: implications for paleoatmospheric carbon dioxide. *American Journal of Science*, 299, 805-827.
- EDWARDS, R.L. 1988. *High precision thorium-230 ages of corals and the timing of sea level fluctuations in the late Quaternary* [Ph.D. thesis]: Pasadena, California Institute of Technology, 352 pp.
- EMILIANI, C. 1955. Pleistocene temperatures, *Journal of Geology*, 63, 538-578.
- ERICSON, D.B. & WOLLIN, G. 1968. Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. *Science*, 162, 1227-1234.
- FAIRBANKS, R. & MATTHEWS, R.K. 1978. The marine oxygen isotope record in Pleistocene coral, Barbados, West Indies, *Quaternary Research*, 10, 181-196.
- FRANCOIS, L. M., & GODDERIS, Y. 1998. Isotopic constraints on the Cenozoic evolution of the carbon cycle, *Chemical Geology*, 145, (3-4), 177-212.
- FRANKS, L.A. 1979. *Climates throughout Geologic Time*. Elsevier, Amsterdam, 310 pp.
- FRANKS, L.A. & FRANCIS, J.E. 1988. A guide to Phanerozoic cold polar climates from high latitude ice rafting in the Cretaceous. *Nature*, 333, 547-549.
- FREEMAN K.H. & HAYES J.M. 1992. Fractionation of carbon isotopes by phyto-plancton and estimates of ancient CO₂ levels, *Global Biogeochemical Cycles*, 6, 185-198.
- GALLUP, C.D.; EDWARDS, R.L.; & JOHNSON, R.G. 1994. The timing of high sea levels over the past 200,000 years. *Science*, 263, 796-800.
- GRAEDEL, T.E. & CRUTZEN, P.J. 1999. *Atmosphere, Climate and Change*. New York Scientific American Library.
- HALLAM, A. 1973. *Atlas of Paleobiogeography*. Elsevier, Amsterdam, 531 pp.

- HARVEY, L.D.D. 1996. Development of a risk-hedging CO₂ emissions policy. Part 1: Risk of unrestrained emissions. *Climatic Change*, 34, 1-40.
- HAYS, J.; IMBRIE, D.J. & SHACKLETON, N.J. 1976. Variations in the Earth's orbit: Pacemakers of the ice ages, *Science*, 194, 1121-1132.
- HOUGHTON, J. 1994. *Global Warming: the complete briefing*. Lion Oxford, 192 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996. *Climate Change 1995*, Cambridge University Press. IPCC, 584 pp. (www.grida.no/climate/ipcc/ o www.ipc.ch).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. IPCC 2001 Report, "Climate Change 2001" *The Scientific Basis, Impacts, Adaptation and Vulnerability* and *Mitigation*. Cambridge University Press, 572 pp. (www.grida.no/climate/ipcc/ y o www.ipc.ch).
- IMBRIE, J. & IMBRIE, K.P. 1979. *Ice Ages: solving the mystery*. Enslow Publ., Hillside, New Jersey, 224 pp.
- JOKAT, W.; HÜBSCHER, C.; MEYER, U.; OSZKO, L.; SCHÖNE, T.; VERSTEEG, W. & MILLER, H. (1996). The continental margin Jokat, W., Hübscher, C., Meyer, U., Oszko, L., Schöne, T., Versteeg, W. und Miller, H. 1996. *The continental margin off East Antarctica between 10°W and 30°W*. En Storey, B., King, E. und Livermore, R., Editoren, *Weddell Sea Tectonics and Gondwana Break-up*, The Geological Society, London, 108, 129-141
- KEELING, C.D.; GUENTHER, P.R.; EMANUELE III, G.; BOLLENBACHER, A. & MOSS, D.J. 2002. Scripps Reference Gas Calibration System for Carbon Dioxide-in-Nitrogen and Carbon Dioxide-in-Air Standards: Revision of 1999 (with Addendum). SIO Reference Series No. 01-11. <http://www.cdrg.ucsd.edu/maunaloa.html>
- LAMB, H.H. 1982. *Climate, History and the Modern World*. Methuen & Co., Ltd., London, 387pp
- MARTIN, J.H. 1990. Glacial-Interglacial CO₂ change: the iron hypothesis, *Paleoceanography*, 5, 1-13.
- McELWAIN, J.C. & CHALONER, W.G. 1995. Stomatal density and index of fossil plants track atmospheric carbon dioxide in the Palaeozoic. *Annals of Botany*, 76, 389-395.
- McKERRROW, W.S. & SCOTSE, C.R. 1990. *Palaeozoic Biogeography and Paleogeography*, Geological Society of London, Memoir, 12, 435 pp.
- MILANKOVITCH, M.M. 1941. *Canon of insolation and the ice age problem*. Koniglich Serbische Akademie, Beograd. Translation, Israel Progress in Science Transaction, Washington D. C.
- MIX, A.C. 1992. The marine oxygen-isotope record: Constraints on timing and extent of ice growth events (120-65 ka). In: P.U. Clark and P.D. Lea (eds.) *The Last Inter glacial- glacial Transition in North America*. Boulder, CO. *Geological Society of America Special Paper*, 270, 19-30.
- NDC/NOAA, EUROPEAN COMMISSION - JRC, March Bulletin 20, MeteoSwiss, Meteorological Bulletins, June, July, August, September 2003.
- OPPO, D.W.; RAYMO, M.E.; LOHMANN, G.P.; MIX, A.C.; WRIGHT, J.D. & PRELL, W.B. 1995. A₂13C record of Upper North Atlantic Deep Water During the Past 2.6 myrs. *Paleoceanography*, 10, 373-394.
- PAGANI, M.; ARTHUR, M.A. & FREEMAN, K.H. 1999. Miocene evolution of atmospheric carbon dioxide. *Paleoceanography*, 14, 273-292.
- PARRISH, J.M. 1989. Vertebrate paleoecology and taphonomy of the Chinle Formation (Late Triassic) of the Southwestern United States. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72, 227-247.
- PEARSON, P.N. & PALMER, M.R. 2000. Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature*, 406, 695-699.
- PETIT, J.R.; JOUZEL, J.; RAYNAUD, D.; BARKOV, N.I.; BARNOLA, J.M.; BASILE, V.Y.; LORIUS, C.; PEPIN, L.; RITZ, C.; SALTZMAN, E. & STIEVENARD, M. 1999. Climate and Atmospheric History of the Past 420,000. *Nature*, 399, 429-437.
- PISIAS, N.G. & IMBRIE, J. 1986/87. Orbital geometry, CO₂ and Pleistocene climate, *Oceanus*, 29, 43-49.
- PISIAS, N.D. & SHACKLETON, N.J. 1984. Modeling the Global climate response to orbital forcing and atmospheric carbon dioxide changes. *Nature*, 310, 757-59.
- RAYMO, M.E.; RUDDIMAN, W.F. & RIND, D. 1990. Climatic effects of reduced Arctic sea ice limits in the GISS-II GCM. *Paleoceanography*, 5, 367-382.
- RAYMO, M.E.; OPPO, D.W.; FLOWER, B.P.; HODELL, D.A.; McMANUS, J.; VENZ, K.A.; KLEIVEN, K.F. & MCINTYRE, K. 2004. Stability of North Atlantic water masses in face of pronounced climate variability during the Pleistocene, *Paleoceanography*, 19, PA 2008.
- RAYNAUD, D.; JOUZEL, L.; BARNOLA, J.M.; CHAPPELLAZ, J.; DELMAS, R.J. & LORIUS, C. 1993. The Ice Record of Greenhouse Gases. *Science*, 259, 928-34.
- RIND, D. & CHANDLER, M. 1991. Increased ocean heat transports and warmer climate. *Journal of Geophysical Research* 96, 7437-7461.
- ROBINSON, P.J. & HENDERSON-SELLERS, A. 1999. *Contemporary Climatology*. Longman, 317 pp.
- ROYER, D.L.; BERNER, R.A.; & BEERLING, D.J. 2001. Phanerozoic atmospheric CO₂ change: Evaluating geochemical and paleobiological approaches. *Earth-Science Reviews*, 54, 349-392.
- ROYER, D.L.; BERNER, R.A.; MONTAÑEZ, I.P.; TABOR, N.J. & BEERLING, D.J. 2004. CO₂ as a primary driver of Phanerozoic climate. *GSA Today*, 14, 3, 4-10.
- RUDDIMAN, W.F. 2000. *Earth's Climate. Past and Future*. W.H. Freeman and Co. NY, 465 pp.
- RUDDIMAN, W.F.; MCINTYRE, A. & RAYMO, M. 1996. Paleoenvironmental results from North Atlantic Sites 607 and 609. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 94, 855-878.
- SHACKLETON, N.J. & OPDYKE, N.D. 1973. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 105 and 106 year scale, *Quaternary Research*, 3, 39-55.
- SHACKLETON, N.J. & OPDYKE, N.D. 1976. Oxygen-isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-239 Late Pliocene to Latest Pleistocene, *Geological Society of America Memoir*, 145, 449-464.
- SCHOTT, W. 1935. *Wissensch. Ergebn. Deutschen Atlantischen Expedition Vermess. Forschungsschiff "Meteor" 1925-1927*, 3, 43-134.
- VAN DER BURGH, J.; VISSCHER, H.; DILCHER, D.L. & KÜRSCHNER, W.M. 1993. Paleatmospheric signatures in Neogene Fossil Leaves. *Science*, 260, 1788-1790.
- WEBB, T. J.; CROWLEY, B. & FRENZEL, E. 1993. Group Report: Use of Paleoclimatic data as analogs for understanding future global changes. In: J.A. Edy & H. Oeschger, eds. *Global Climate Changes in the Perspective of the past*, Chichester, Wiley & Sons, 51-70 pp.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency) www.epa.gov/globalwarming/
Hadley Center www.met-office.gov.uk/research/hadleycenter/
Institute for Climate prediction <http://iri.columbia.edu/climate>
National Oceanic and Atmospheric Administration www.ngdc.noaa.gov
www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html
The Pew Center on Global Climate Change www.pewclimate.org
Tyndal Center www.tyndal.ac.uk
United National Framework Convention on Climate change (UNFCCC) www.unfccc.de
US Global Change Research Information Office www.grio.org

Interés del Patrimonio paleontológico de la provincia de Palencia (Castilla y León, España) como recurso educativo

Contributions of fossils to Climate Change

Miguel Ángel Cuesta Ruiz-Colmenares^{1,2}, María Blanca García del Río³
y Carmen Luisa Ortega Valín³

1. Departamento de Geología Universidad de Salamanca, Salamanca.

2. Avenida de Castilla, 49, 3º izda., 34005, Palencia. E-mail: macuesta@agro.uva.es

3. Centro de Formación del Profesorado e Innovación Educativa de Palencia, C/Fernando el Magno s/n, 34003, Palencia. E-mail: sociales@cfiepalencia.com

Cuesta Ruiz-Colmenares, M.A.; García del Río, M.B. y Ortega Valín, C.L. Interés del Patrimonio Paleontológico de la Provincia de Palencia (Castilla y León, España) como recurso educativo. [The Interest of Paleontological Heritage of Palencia Province (Castilla y León, Spain) as an educational resource.]

ABSTRACT

The paleontological heritage of Palencia province (Castilla y León, Spain) is still poorly known and scarcely developed from an educational point of view. This work focuses on three important features belonging to this heritage: the palaeobotanic site of the Verdeña carboniferous forest, the Natural Monument of Las Tuerces and some nearby mesozoic marine invertebrate fossil sites, and the important Miocene mammal site of Cerro del Otero. The purpose is to encourage their use as an educational resource to illustrate a number of concepts and paleontological methods currently developed in Secondary Education studies.

KEY WORDS: PALAEONTOLOGICAL HERITAGE, PALENCIA, EDUCATIONAL RESOURCE, VERDEÑA, LAS TUERCES, CERRO DEL OTERO, SPAIN.

RESUMEN

El patrimonio paleontológico de la provincia de Palencia (Castilla y León, España) es escasamente conocido y prácticamente no desarrollado desde un punto de vista didáctico. En este trabajo se presentan tres elementos sobresalientes de dicho patrimonio: el yacimiento paleobotánico del Bosque Carbonífero de Verdeña, el Monumento Natural de Las Tuerces al que se asocian yacimientos de invertebrados marinos del Mesozoico, y el importante yacimiento de mamíferos del Mioceno del Cerro del Otero. Se pretende estimular su uso como recurso educativo ya que todos ellos pueden servir para ilustrar numerosos conceptos y métodos paleontológicos que se desarrollan en la Enseñanza Secundaria.

PALABRAS CLAVES: PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO, PALENCIA, RECURSOS EDUCATIVOS, VERDEÑA, LAS TUERCES, CERRO DEL OTERO, ESPAÑA.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Palencia (Castilla y León, España) posee un patrimonio paleontológico de gran variedad e interés aunque escasamente conocido y apenas desarrollado desde un punto de vista didáctico; son escasas las publicaciones didácticas sobre este tema así como otros instrumentos de uso educativo como los centros o aulas de interpretación o los itinerarios paleontológicos. El objetivo primordial de este trabajo es contribuir a valorar es-

te patrimonio como recurso educativo para la enseñanza no universitaria, sin descartar su uso en el ámbito universitario. Se pretende con todo ello destacar e ilustrar numerosos conceptos y métodos que se estudian en los programas de Enseñanza Secundaria, tanto de índole paleontológica como de otros campos de la Geología. Como objetivo secundario se busca contribuir a su difusión en un marco más amplio cultural-turístico. Un panel sobre este tema fue presentado en las XX Jornadas de Paleontología (Cuesta, 2004).



Figura 1

Mapa geológico simplificado de la provincia de Palencia (basado en Heredia y Rodríguez, 2001) mostrando la localización de los yacimientos paleontológicos (cruces) y áreas extensas con formaciones fosilíferas (cuadrados) mencionados en el texto.

A: Región del Pisuerga-Carrión; B: Región de Pliegues y Mantos. 1: Cerro del Otero. 2: Saldaña y Relea. 3: Tariego de Cerrato. 4: Cueva de Tremaya. 5: Formación Carazo. 6: Devónico de la Región de Pliegues y Mantos. 7: Devónico de la Región del Pisuerga-Carrión. 8: Área carbonífera de Barruelo. 9: Tarilonte. 10: Villanueva de Arriba. 11: Área carbonífera de La Pernía. 12: Verdeña. 13: Estación de Aguilar. 14: Becerril del Carpio. 15: Quintanilla de las Torres. 16: Las Tuerces. 17: Olleros de Pisuerga.

Figure 1

Simplified geological map of Palencia province (after Heredia and Rodríguez, 2001) showing the location of paleontological sites (crosses) and extent areas (squares) with fossiliferous formations discussed in the text. A: Pisuerga-Carrión Region; B: Pliegues and Mantos Region. 1: Cerro del Otero. 2: Saldaña and Relea. 3: Tariego de Cerrato. 4: Tremaya Cave. 5: Carazo Formation. 6: Devonian from the Pliegues and Mantos Region. 7: Devonian from the Pisuerga-Carrión Region. 8: Barruelo Carboniferous area. 9: Tarilonte. 10: Villanueva de Arriba. 11: La Pernía Carboniferous area. 12: Verdeña. 13: Aguilar Railway Station. 14: Becerril del Carpio. 15: Quintanilla de las Torres. 16: Las Tuerces. 17: Olleros de Pisuerga.

EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO PALENTINO: BREVE DESCRIPCIÓN Y ESTADO ACTUAL

Desde un punto de vista geológico la provincia de Palencia presenta una considerable variedad. La mayor parte de dicha provincia (Fig. 1) está formada por los materiales terciarios y cuaternarios continentales de la cuenca del Duero, correspondiendo a las comarcas de Tierra de Campos, el Cerrato, y otras del centro-norte como la Valdavia o Boedo, entre otras. El Paleógeno continental está presente en el norte de la provincia, al sur de la Cordillera Cantábrica y por el momento no ha liberado restos fósiles. Los terrenos neógenos son los que ocupan mayor extensión en la provincia de Palencia, especialmente los del Mioceno. El Plioceno,

no fosilífero por el momento, está formado fundamentalmente por las rañas de los denominados páramos detríticos que están situados desde el centro de la provincia hasta los pies de la Cordillera Cantábrica. El Mioceno destaca por su significación paisajística e importancia paleontológica conociéndose, además de gasterópodos continentales (Royo, 1922), varios yacimientos de macrovertebrados como los del Cerro del Otero, Saldaña, Relea y Tariego y numerosas localidades con microvertebrados, localizadas en su mayoría en el sur y el sureste de la provincia, en la zona de los páramos calcáreos. Se han determinado varias formas de anfibios y reptiles (López & Sanchíz, 1982), entre ellos testudínidos gigantes (Jiménez, 1992), aunque los mamíferos son los vertebrados predominantes en todos estos yacimientos estando representados por los siguientes órdenes: perisodáctilos, artiodáctilos, carnívoros, proboscídeos, roedores, y lagomorfos (ver, entre otros, Cuesta & Morales, 1999; López & Sanchíz, 1982; López *et al.*, 1986; Santisteban *et al.*, 1997). Existen algunos yacimientos kársticos del Cuaternario enclavados en la zona montañosa del norte de la provincia, como el de la cueva de Tremaya (Fig. 1), en los que se ha constatado la presencia úrsidos y otros restos de mamíferos (Alcalde, 1981).

La parte más septentrional de la provincia pertenece a la Cordillera Cantábrica y es conocida como la "Montaña Palentina" (Fig. 1). En ella se diferencian dos áreas bien delimitadas, la Zona Cantábrica y la Región Vasco-Cantábrica (IGME, 1980 y 1981; Heredia & Rodríguez, 2001; Díez *et al.*, 2002). La Zona Cantábrica es mayoritariamente paleozoica y ocupa la mitad occidental de la Montaña Palentina mientras que en la Región Vasco-Cantábrica, situada en la esquina noreste de la provincia, dominan los terrenos del Mesozoico.

El Paleozoico palentino, con sus más de 13.000 metros de potencia, es una de las áreas más complejas de la Cordillera Cantábrica desde los puntos de vista estratigráfico y estructural, abarcando desde el Silúrico al Pérmico. En la Zona Cantábrica de la provincia de Palencia encontramos dos de las subdivisiones que se reconocen en la Cordillera Cantábrica a una escala más general (IGME, 1981; Fig. 1): la Región de Pliegues y Mantos o de facies astur-leonesa en su extremo más oriental y la Región del Pisuerga-Carrión o de facies palentina, que ocupa el resto de los terrenos paleozoicos.

El Silúrico tiene poca extensión en la provincia de Palencia, reduciéndose prácticamente al Silúrico Superior de la Formación Carazo (Fig. 1) y es poco fosilífero. En él se han citado algunos braquiópodos y graptolites (IGME, 1980) y en formaciones equivalentes de la provincia de León varias formas de microplancton (véase por ejemplo Cramer, 1964).

El Devónico palentino, exclusivamente marino, es bastante fosilífero estando presentes diferentes especies de braquió-

podós, corales, cefalópodos, crinoideos, trilobites y lamelibranquios, (Kullmann, 1963; Comte, 1959; Binnekamp, 1965; Sitter & Boschma, 1966; Van Veen, 1965; García-Alcalde *et al.*, 1988). Además, se ha determinado microflora, quitinozoos, conodontos y ostrácodos. En la Región de Pliegues y Mantos o de facies astur-leonesa existen dos afloramientos devónicos, el Domo de Valsurbio y la Región de San Martín-Ventanilla (Fig. 1), ambos con varias formaciones fosilíferas (IGME, 1980). En el Devónico de la Región del Pisuerga-Carrión o de facies palentina (Fig. 1) existen varias formaciones definidas en esta área, todas ellas fosilíferas (IGME, 1980).

En el conjunto del Paleozoico palentino destaca el Carbonífero, tanto por su extensión como por su importancia socioeconómica e interés paleontológico. El Carbonífero palentino acrecienta su interés por el hecho de que en él se han definido dos estratotipos, el Cantabriense y el Barruelense (ver Díez *et al.*, 2002, entre otros). El Tournaisiense y el Viseiense son exclusivamente marinos y están representados por la Formación Vegamián, muy poco fosilífera y la Formación Alba; en esta última, presente por ejemplo en el área de Barruelo, se han citado Conodontos y Goniatites (IGME, 1981; Kullmann, 1961). El Namuriense es fundamentalmente marino y a él pertenece la Caliza de Montaña que está presente tanto en la Región de Pliegues y Mantos como en la del Pisuerga-Carrión y que sólo ha liberado microfósiles. A partir del Westfaliense aparecen tanto tramos marinos como continentales. En varios afloramientos marinos (Fig. 1), entre los que podemos citar los de Tarilonte y Villanueva en la Región de Pliegues y Mantos, el área de Barruelo y la comarca de la Pernía (Casavegas, Santa María de Redondo, San Felices de Castillería, etc.) en la Región del Pisuerga-Carrión, se han encontrado numerosos invertebrados: braquiópodos, briozoos, equinodermos (crinoideos, equinoideos, holoturoideos), trilobites, xifosúridos, lamelibranquios, gasterópodos, goniatites, corales y esponjas, junto con abundantes microfósiles especialmente ostrácodos y foraminíferos (IGME, 1980, 1981, 1982 b; Díez *et al.*, 2002). Los tramos continentales del Westfaliense y sobre todo del Estefaniense ocupan gran extensión en el Carbonífero palentino. Se conocen numerosos yacimientos con flora carbonífera en los que se han identificado varias decenas de especies de plantas no vasculares y algunas gimnospermas (Wagner *et al.*, 1970, 1984; Díez *et al.*, 2002); estas localidades pertenecen a varias Formaciones destacando las de la comarca de la Pernía (Formaciones Verdeña, San Salvador y Brañosera), la Formación Barruelo y la Formación Villanueva perteneciente a la cuenca minera de Guardo-Cervera (Fig. 1). Entre todos ellos destaca el bosque fósil de Verdeña (Fig. 2), declarado Punto de Interés Paleontológico por la Junta de Castilla y León.



Figura 2
Vista parcial del afloramiento de Verdeña (Carbonífero Superior).

Figure 2
Partial view of the Verdeña fossil-site (Upper Carboniferous).

El Pérmico está poco extendido en Palencia, destacando en los límites con Cantabria la formación Labra no fosilífera y formada por rocas volcánicas y volcanosedimentarias.

El Mesozoico de la provincia de Palencia es de gran interés existiendo un registro casi completo de sus tres períodos. Desde un punto de vista paleontológico destacan el Jurásico y sobre todo el Cretácico, ambos bastante fosilíferos. Entre los afloramientos jurásicos de interés paleontológico pueden citarse el cercano a la estación de Aguilar de Campoo y el de Becerril del Carpio (Fig. 1). Se han encontrado ammonites, nautiloideos, belemnites, crinoideos, equínidos, ostreidos y otros lamelibranquios, gasterópodos, braquiópodos, corales, esponjas, foraminíferos y radiolarios (Braga *et al.*, 1988; Pujalte *et al.*, 1988; Robles *et al.*, 1988; IGME, 1997). El Cretácico ocupa la mayor parte del Mesozoico palentino existiendo de él un registro prácticamente completo. Entre las numerosas localidades de interés paleontológico destacan el Monumento Natural de Las Tuerces (Fig. 4), Quintanilla de las Torres y Olleros

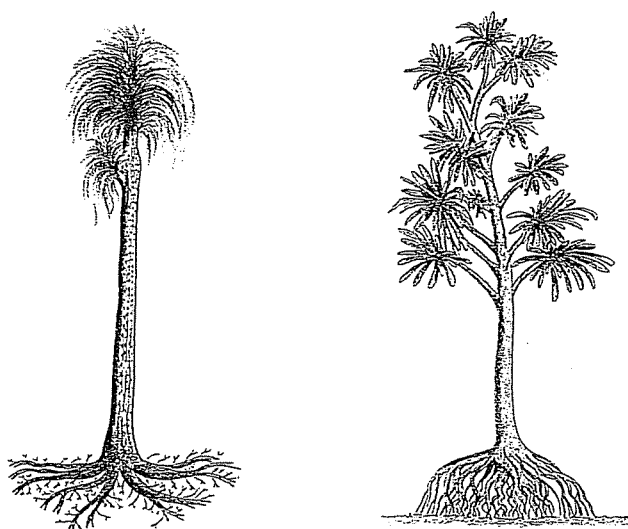


Figura 3
Reconstrucción de ejemplares de *Sigillaria* (izquierda) y *Calamites* (derecha) del yacimiento de Verdeña (Carbonífero Superior), según Cuesta (2003) basado en Wagner (2001).

Figure 3
Reconstruction of specimens of *Sigillaria* (left) and *Calamites* (right) from Verdeña fossil-site (Upper Carboniferous), according to Cuesta (2003) after Wagner (2001).

de Pisuergra (Fig. 1). Los fósiles presentes incluyen ostreidos, rudistas y otros lamelibranquios, ammonites, belemnites, gasterópodos, equínidos, crinoideos, briozoos, ostrácodos y foraminíferos (IGME, 1980 y 1997).

En conclusión, la provincia del Palencia posee un registro paleontológico bastante completo que abarca, con algunas interrupciones, desde el Silúrico hasta el Cuaternario. Además es notable por la variedad y riqueza de sus yacimientos, con numerosas localidades y formaciones fosilíferas marinas tanto paleozoicas como mesozoicas e importantes yacimientos paleobotánicos carboníferos y de vertebrados cenozoicos. Sin embargo su uso didáctico y cultural se encuentra en un estado totalmente incipiente.

El uso educativo del patrimonio paleontológico de la provincia de Palencia presenta dos problemas fundamentales que son la considerable dispersión del material fósil y la escasez de publicaciones didácticas ya mencionada anteriormente. Los trabajos que tratan de los distintos yacimientos paleontológicos y formaciones fosilíferas presentes en Palencia son de carácter científico y se encuentran dispersos en diferentes revistas especializadas. Entre las escasas publicaciones que tratan de forma divulgativa la geología y la paleontología de la Montaña Palentina pueden citarse Alcalde (1979, 1980, 1981, 1982), Delgado *et al.* (1996), Heredia & Rodríguez (2001), Wagner *et al.* (2001), y Cuesta (2003 a); en el caso de la cuenca del Duero la escasez de bibliografía didáctica es aún más patente (Fernández *et al.*, 1984).

En el ámbito provincial existen algunos centros que exponen ejemplares fósiles, destacando el Centro de Interpretación de la Minería (Barruelo de Santullán, Fig. 1), que está especializado en la geología del carbón y en el que se muestran in-

terentes ejemplares paleobotánicos del Carbonífero palentino y otros puntos de la Cordillera Cantábrica. La Casa de Cultura de Guardo en la que se exponen representantes del Paleozoico y Mesozoico palentinos. Los materiales de macrovertebrados están depositados mayoritariamente en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (yacimientos clásicos del Otero, Saldaña y Relea, yacimiento recientemente estudiado de Tariego) y en la Universidad Complutense de Madrid (material de microvertebrados); también hay colecciones con algunas piezas de interés zooarqueológico como en el Museo Provincial o en el Museo de la Villa Romana de la Olmeda. El material de invertebrados y de paleobotánica está disperso en varios museos nacionales (Museo Nacional de Ciencias Naturales, Museo Geominero), instituciones internacionales como por ejemplo la Universidad de Leiden, que estudió el Paleozoico palentino hace algunas décadas, el citado centro de interpretación de la minería, y en parte de colecciones privadas, como la del Colegio Marista de Palencia y las de varios particulares. Se pone de manifiesto, una vez más, la necesidad de instituciones autonómicas y/o provinciales que garanticen una conservación y desarrollo adecuados del patrimonio paleontológico (Cuesta & Morales, 1999).

PROPUESTAS DE USO DIDÁCTICO DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO PALENTINO

En este trabajo nos centramos en tres elementos sobresalientes del Patrimonio Paleontológico palentino (Fig. 1) que son representativos del Paleozoico (Bosque Carbonífero de Verdeña), Mesozoico (Monumento Natural de Las Tuerces) y Cenozoico (El Cerro del Otero). Dichos puntos muestran además tres tipos muy diferentes de yacimientos paleontológicos: paleobotánico, de invertebrados marinos y de vertebrados continentales. Se pretende realizar una breve presentación de cada uno de ellos como posibles recursos didácticos en paleontología y geología en general; por ello, se destacan aquellos aspectos teóricos y metodológicos de dichas ciencias que cada uno de estos puntos puede ayudar a explicar o ilustrar, proponiéndose algunas actividades para desarrollarlo.

El planteamiento de uso educativo de los tres puntos que se presentan en este trabajo ya ha sido en buena parte experimentado con alumnos de 1º y 2º de bachillerato y 4º de ESO y encaja en los currículos de las asignaturas de Ciencias Naturales de los mencionados niveles en Castilla y León. Consta de tres fases:

1. Trabajo previo, con los siguientes apartados:
Estudio del marco geológico de cada yacimiento: situación en mapas topográficos y geológicos, visualización de

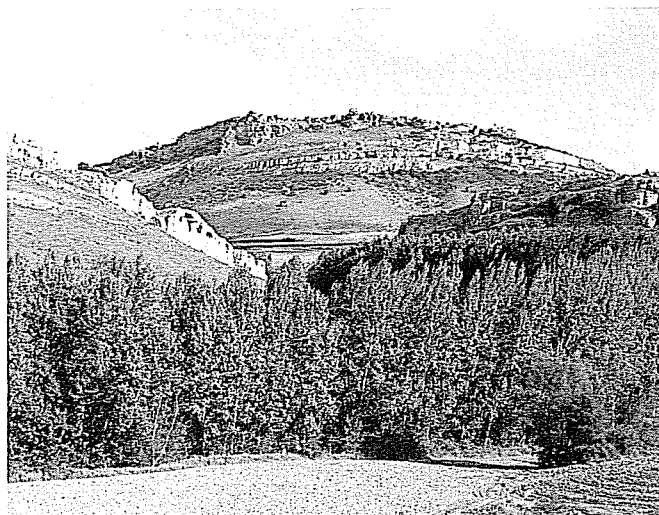


Figura 4
Vista de Las Tuerces (Cretácico Superior).

Figure 4
View of Las Tuerces (Upper Cretaceous).

diapositivas y gráficos, breve descripción de los caracteres geomorfológicos (IGME, 1982 a, 1997; Wagner *et al.*, 2001).

Ubicación del yacimiento o afloramiento en su correspondiente corte geológico; breve descripción de la columna estratigráfica e identificación de los materiales geológicos (IGME, 1982 a, 1997; Wagner *et al.*, 2001).

Situación del yacimiento en la escala del tiempo geológico. Es interesante trabajar en este apartado la importancia del factor tiempo en Geología, de difícil captación para los alumnos de Secundaria; Lillo *et al.* (1982), Amorós *et al.* (1988) y López-Vera *et al.* (1999) entre otros, tratan esta cuestión de manera adecuada.

Descripción de la historia geológica regional y local a partir del corte geológico. Se analizarían los acontecimientos sedimentarios, paleogeográficos, paleoclimáticos, tectónicos, evolutivos y especialmente tafonómicos que han tenido lugar hasta la observación del yacimiento y su entorno tal y como lo vemos actualmente. Este apartado es útil para ilustrar los cambios geográficos ligados a la deriva continental y sus consecuencias climáticas y ecológicas.

Observación de los fósiles de cada yacimiento mediante ejemplares, moldes e imágenes. Reconocimiento de ejemplares a distintos niveles taxonómicos según los casos, a partir de la bibliografía existente como por ejemplo Meléndez (1971, 1977 y 1981), López (1987) y Gómez-Alba (1988); puede completarse con búsqueda de información en la red.

2. Visitas guiadas a los puntos fosilíferos dentro de excursiones más amplias sobre la geología de cada zona, dedicadas especialmente a la observación de los niveles

fosilíferos y del resto de la columna estratigráfica, completándose con el reconocimiento de las estructuras geomorfológicas y tectónicas presentes.

3. Trabajo posterior. Puede incluir apartados como los siguientes:

Datación relativa a partir del contenido paleontológico de cada yacimiento, usando el concepto de fósil guía o característico. Debe trabajarse la situación en el tiempo de los distintos grupos fósiles.

Reconstrucción paleoambiental del ecosistema. En este apartado puede ser interesante comparar el yacimiento y su entorno hoy con el de la época en que vivieron los fósiles. Puede ser útil mostrar otras faunas fósiles y reconstrucciones paleoambientales de otros yacimientos españoles o de otros lugares del mundo.

Análisis de la fosilización con observación de distintos tipos de fósiles y comprensión del proceso de fosilización.

Investigación de la formación del yacimiento, basándose en unas breves nociones de Tafonomía y mostrando la existencia de distintos tipos de yacimientos paleontológicos.

Análisis de la normativa vigente sobre el Patrimonio Paleontológico tanto a nivel autonómico como nacional; se pretende con ello desarrollar actitudes de valoración hacia el patrimonio natural y el histórico. También debe resaltarse la necesidad de profesionales e instituciones adecuadas para su conservación y estudio, frente al expolio de los yacimientos y al coleccionismo particular.

Punto 1: El bosque fósil de Verdeña (Carbonífero superior)

Es un punto representativo del Carbonífero continental de la Montaña Palentina (Zona Cantábrica). Está situado muy cerca de la localidad de Verdeña (Fig. 1) y está formado por una pared casi vertical de arenisca de 5 a 12 m de altura por 180 m de largo (Fig. 2) en la que se han conservado en posición de producción gran número de impresiones de las bases del tronco y sistema radicular de *Sigillaria* junto con señales de algunos troncos caídos; también hay algunos ejemplares de *Calamites* (Fig. 3) Catalogado por la Junta de Castilla y León como Punto de Interés Paleontológico, posee una importancia científica excepcional (véanse principales referencias en Wagner *et al.*, 2001) unido a unas grandes posibilidades desde el punto de vista educativo y cultural (Cuesta, 2003 a; Díez *et al.*, 2002); su interés se acrecienta teniendo en cuenta la importancia que tienen los terrenos del Carbonífero en Palencia, como ya se ha resaltado anteriormente. En este sentido, la visita a Verdeña, facilitada por una serie de paneles explicativos, se puede encuadrar en una excursión más amplia sobre el Carbonífero y los temas relacionados con la tecnología minera implicada en su explotación que incluiría la visita al Centro de Interpretación de la Minería de Barruelo, localizado así mismo en la Montaña Palentina.

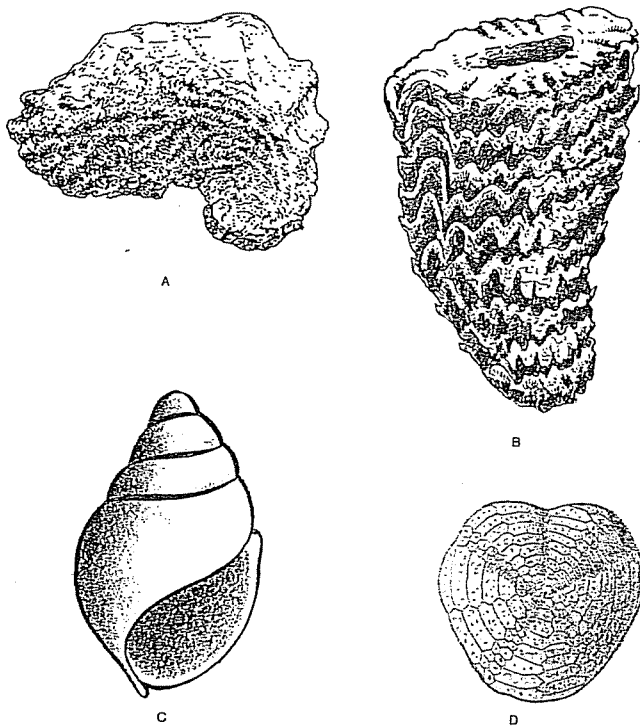


Figura 5
Algunos fósiles comunes de la fauna de Las Tuerces (Cretácico Superior). A: *Exogyra* sp. (Gryphaeidae, Bivalvia). B: *Radiolites* sp. (Radiolitidae, Bivalvia). C: *Tylostoma* sp. (Ampullospiridae, Gasteropoda). D: *Micraster* sp. (Micrasteridae, Echinoidea); basados en Alcalde (1979) y Meléndez (1977). Tamaño natural.

Figure 5
Some common fossils from Las Tuerces fauna (Upper Cretaceous). A: *Exogyra* sp. (Gryphaeidae, Bivalvia). B: *Radiolites* sp. (Radiolitidae, Bivalvia). C: *Tylostoma* sp. (Ampullospiridae, Gasteropoda). D: *Micraster* sp. (Micrasteridae, Echinoidea); after Alcalde (1979) and Meléndez (1977). Natural size.

Actividades didácticas:

Estudio del Carbonífero en la provincia de Palencia, analizando la distribución de las distintas formaciones marinas y continentales, las divisiones estratigráficas, paleogeografía de la Península Ibérica, evolución continental, paleoclimatología y tectónica en dicho período (Wagner *et al.*, 2002; Cuesta, 2003 a).

Estudio de las floras fósiles, incluyendo nociones de paleobotánica tales como procesos de fosilización, tipos de fósiles vegetales, principales representantes de las floras carboníferas, paleoecología y reconstrucciones paleoambientales (Wagner, 2001, entre otros); en este apartado es interesante mostrar imágenes fotográficas y dibujos de los fósiles presentes en el yacimiento para facilitar su observación y comprensión en el campo.

Análisis del yacimiento en su estado actual y reconstrucción del bosque vivo (Fig. 3) a partir de los datos del yacimiento, del conocimiento general del Carbonífero y del estudio de las floras fósiles. Puede incluir la visualización de diferentes pteridófitos actuales, entre ellos algunos licópsidos y gimnospermas (Wagner *et al.*, 2001; Cuesta, 2003 a).

Estudio comparativo de la vegetación carbonífera con la de los bosques actuales dominados por Angiospermas. Puede analizarse la importancia de los pteridófitos en los ecosistemas del Paleozoico y en la actualidad.

Análisis de los pasos que se han seguido hasta la formación del yacimiento paleontológico de Verdeña (Wagner *et al.*, 2001; Cuesta, 2003 a).

Visita al Centro de interpretación de la minería de Barruelo. Es un excelente complemento a la visita al bosque petrificado de Verdeña, especialmente el museo que está especializado en la Geología y la Minería del carbón. En él se realiza un recorrido interactivo y temático con diferentes salas que interpretan distintos temas relacionados con la minería: geología, litosfera, historia de los minerales, etc. Posee además una interesante colección paleobotánica de fósiles vegetales del carbonífero de la cordillera cantábrica. También se proyecta un audiovisual que muestra el origen del carbón y la influencia de la Tectónica de Placas en la ubicación final de los yacimientos de carbón. Otra sala se dedica a explicar el trabajo en las minas de carbón, dentro de la que destaca una maqueta de las galerías y trabajos en las minas de Barruelo.

Recorrido por la mina visitable de Barruelo. Puede ser el colofón final para una posible excursión de un día centrada en el Carbonífero palentino. En esta visita se muestran las distintas técnicas de arranque, extracción, transporte interior y ventilación.

Punto 2: Las Tuerces (Cretácico)

Es un buen ejemplo del Mesozoico marino de la Montaña Palentina (Zona Vasco-Cantábrica). Este punto está situado en las cercanías de Villaescusa de las Torres (Fig. 1) y forma parte de la denominada comarca de Las Loras que ocupa el extremo noreste de la provincia de Palencia y el noroeste de la provincia de Burgos. Sus valores geomorfológicos, centrados en su peculiar relieve de páramos o "Loras" y en el modelado kárstico, le han valido la declaración de Monumento Natural (Fig. 4). Además, el área tiene indudable interés paleontológico ya que está constituida por terrenos mesozoicos marinos, fundamentalmente del Cretácico y en menor medida del Jurásico, con grandes espesores de calizas, calizas margosas, margas y otras rocas, muchas de las cuales han conservado abundantes fósiles de animales marinos propios de un ambiente nerítico costero (Fig. 5). El material didáctico, excepto algunos folletos turísticos comarcales o provinciales, es prácticamente inexistente (Alcalde, 1979). La visita está acondicionada con caminos y algún panel explicativo.

Actividades didácticas:

Visita a los alrededores de las Tuerces: se pueden observar sobre el terreno fósiles de invertebrados marinos (Fig. 5B) en varios afloramientos cercanos. Abundan especialmente los mo-



Figura 6
Vista del Cerro del Otero (Mioceno Medio).

Figure 6
View of the Cerro del Otero (Middle Miocene).

lucos cuyas conchas o moldes internos se encuentran frecuentemente en estos niveles (gasterópodos, bivalvos, entre ellos ostreidos y rudistas; cefalópodos: belemnites y ammonites). También son frecuentes los equinodermos, especialmente equínidos y los foraminíferos (IGME, 1980 y 1997).

Estudio de los eventos paleogeográficos y tectónicos implicados en la formación de Las Loras (Heredia & Rodríguez, 2001).

Observación y determinación de ejemplares fósiles procedentes del área como los de la figura 5.

Análisis de conjunto de la fauna fósil para hacerse una idea de una comunidad nerítica del Mesozoico. Comparación con faunas mesozoicas a partir de la bibliografía (Meléndez 1977 entre otros). Comparación con faunas neríticas actuales.

Punto 3: Cerro del Otero (Mioceno medio).

Se encuentra en las cercanías de la capital provincial (Figs. 1 y 6) y forma parte de un conjunto más amplio de páramos calizos y cerros testigo del Mioceno. Presenta especial interés didáctico para mostrar sobre el terreno la estratigrafía del Mioceno castellano y sus formas geomorfológicas (Hernández-Pacheco & Dantín, 1915; Fernández *et al.*, 1984). Su interés paleontológico radica en la presencia de gasterópodos continentales en las calizas del páramo y sobre todo en la localización en el pasado del yacimiento de vertebrados del Cerro del Otero (Mioceno Medio), clásico en la Paleontología española de mamíferos (Hernández-Pacheco & Dantín, 1915); el yacimiento fue encontrado en una cantera de arcillas y sus niveles han desaparecido en la actualidad bajo toneladas de escombros y posterior remodelación de las laderas donde se encontraba. La asociación de mamíferos del Cerro

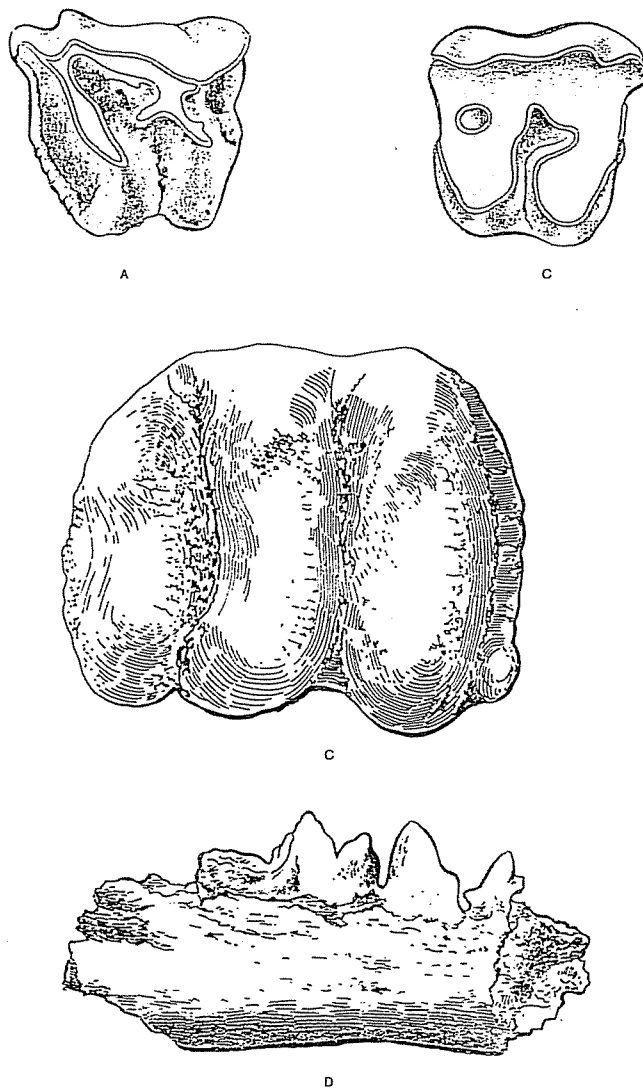


Figura 7
Algunos representantes de la fauna de mamíferos del yacimiento del Cerro del Otero (Mioceno medio). A: Dos molares superiores de *Lartetotherium sansaniense* (Rhinocerotidae, Perissodactyla) en vista oclusal. B: Molar superior de *Deinotherium giganteum* (Deinotheriidae, Proboscidea) en vista oclusal. C: Mandíbula inferior con P/3, P/4 y M/1 de *Trochytis toxodon* (Mustelidae, Carnivora) en vista labial. Basados en Hernández-Pacheco y Dantín (1915). A y B: tamaño natural; C: x 3.

Figure 7
Some members of the mammal fauna of the Cerro del Otero site (middle Miocene). A: Two upper molars of *Lartetotherium sansaniense* (Rhinocerotidae, Perissodactyla) in occlusal view. B: Upper molar of *Deinotherium giganteum* (Deinotheriidae, Proboscidea) in occlusal view. C: Lower mandible with P/3, P/4 and M/1 of *Trochytis toxodon* (Mustelidae, Carnivora) in labial view. After Hernández-Pacheco y Dantín (1915). A y B: natural size; C: x 3.

del Otero es interesante para dar a conocer la fauna de mamíferos miocénicos ibéricos y está formada por restos de rinocerontes (2 especies), équidos (*Anchitherium*), proboscídeos (3 especies), varias formas de artiodáctilos (suidos, tragúlidos, cérvidos) y algunos carnívoros (un mustélido) y lagomorfos (*Prolagus*); algunos de ellos están representados en las figuras 7 y 8; también se han encontrado restos de quelonios gigantes (Hernández-Pacheco & Dantín, 1915; Alberdi, 1981;

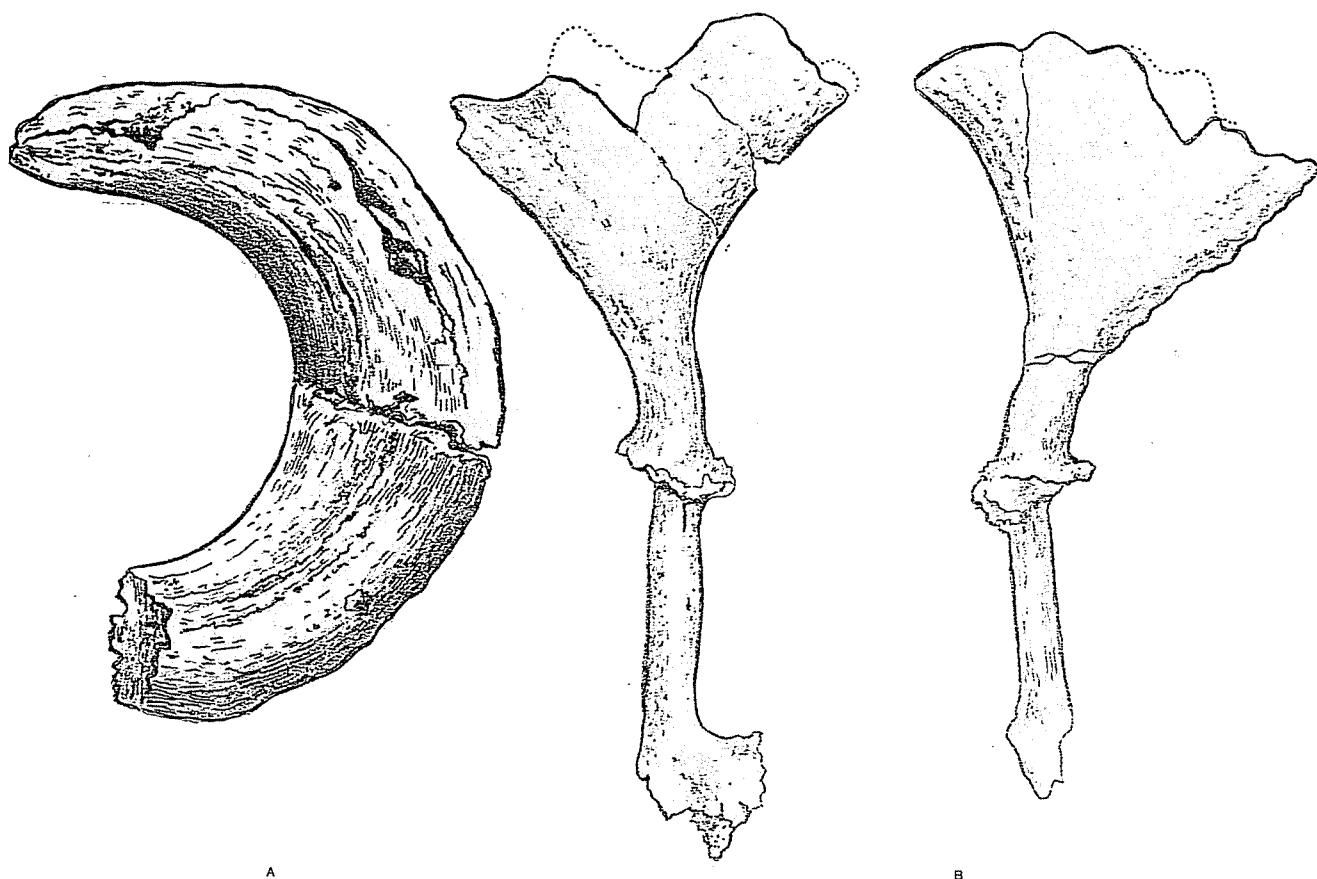


Figura 8

Algunos artiodáctilos de la fauna de mamíferos del yacimiento del Cerro del Otero (Mioceno medio). A: Canino superior de *Listriodon splendens* (Suidae). B: Astas de *Palaeoplatyceros hispanicus* (Cervidae). Basados en Hernández-Pacheco y Dantín (1915). A: tamaño natural; B: x 1/2.

Figure 8

Some Artiodactyla of the mammal fauna of the Cerro del Otero site (middle Miocene). a.-Upper canine of *Listriodon splendens* (Suidae). b.-Antlers of *Palaeoplatyceros hispanicus* (Cervidae). After Hernández-Pacheco y Dantín (1915). a: natural size; b: x 1/2.

Cerdeño, 1989; Azanza & Menéndez, 1989; Jiménez, 1992; Sánchez *et al.*, 1998). El material original se encuentra depositado en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid.

Actividades didácticas:

Análisis sobre el terreno de la estratigrafía del Mioceno castellano y sus formas geomorfológicas (IGME, 1982 a; Fernández *et al.*, 1984).

Estudio de la metodología de trabajo de los paleontólogos de vertebrados (Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1993).

Observación de distintos tipos de restos óseos y dentarios de mamíferos (Figs. 7 y 8; Hernández-Pacheco & Dantín, 1915).

Reconstrucción paleoambiental: en primer lugar de las distintas especies y posteriormente de la comunidad. Pueden usarse reconstrucciones de otros yacimientos ibéricos más desarrollados en estos aspectos (Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1993; Morales, 2000; Casanovas & Moyá, 1992). Puede incluirse un apartado de comparación del ecosistema del Mioceno medio con el actual en la meseta norte.

Estudio de la historia geológica de la cuenca del Duero y toda la Península Ibérica en el Terciario y su relación con las faunas de mamíferos (Cuesta, 2003b; Morales, 2003).

Sería muy interesante la existencia en las cercanías del Cerro del Otero o en la propia ciudad de Palencia de un aula de interpretación del Mioceno palentino que dispusiera de reproducciones del material fósil del yacimiento así como de una reconstrucción paleoambiental del mismo yacimiento junto con modelos explicativos de la geología de toda la zona. Todo ello contribuiría a su difusión, especialmente en la propia capital en la que prácticamente se desconoce su existencia.

CONCLUSIONES

El uso didáctico de tres elementos sobresalientes del patrimonio paleontológico de Palencia, el yacimiento paleobotánico del Bosque Carbonífero de Verdeña, el Monumento

Natural de Las Tuerces y la fauna de vertebrados del yacimiento del Mioceno del Cerro del Otero, puede ser de utilidad para el estudio de numerosos conceptos y métodos paleontológicos y geológicos presentes en el currículum de Enseñanza Secundaria. Son de utilidad para mostrar distintos tipos de yacimientos paleontológicos (paleobotánico, invertebrados marinos, vertebrados continentales) con su diferente problemática y metodología de estudio. Suponen un medio para conocer el registro fósil de diferentes épocas geológicas y los métodos de estudio y determinación de diferentes tipos de fósiles, además de la reconstrucción de faunas y ambientes antiguos, la datación paleontológica y otros conceptos de Paleontología aparecen en los currícula de ESO y bachillerato. Además puede contribuir a la valoración del patrimonio paleontológico como una parte de los patrimonios histórico y natural de la provincia de Palencia, que apenas es conocido y valorado. En otros campos de la Geología cabe destacar su utilidad para la Geología Histórica en general y en particular para reconstruir la cadena temporal de acontecimientos de distinta índole implicados en cada uno de ellos: sedimentarios, paleogeográficos, paleoclimáticos, tectónicos, evolutivos y especialmente tafonómicos. También pueden suponer una oportunidad para destacar conceptos como tiempo geológico, principio del actualismo, naturaleza del registro geológico y del paleontológico, etc. Asimismo permiten ilustrar los cambios geográficos ligados a la deriva continental y sus consecuencias climáticas y ecológicas.

AGRADECIMIENTOS

A Angel Cuesta autor de los dibujos; a M^a Eugenia Matía por su revisión de las partes en inglés. Las sugerencias de dos revisores, Luis Alcalá y Guillermo Meléndez, han contribuido a mejorar el trabajo.

Bibliografía

- ALBERDI, M.T. (Coord.) 1981. Geología y Paleontología del yacimiento neógeno continental de Los Valles de Fuentidueña, Segovia (España). *Estudios Geológicos*, 37 (5-6), 337-516.
- ALCALDE, G. 1979. La Montaña Palentina. Tomo I, La Lora. *Estudios del Equipo de Investigaciones Espeleo-Etnográficas*, Palencia, 1-273.
- ALCALDE, G. 1980. La Montaña Palentina. Tomo II, La Braña. *Estudios del Equipo de Investigaciones Espeleo-Etnográficas*, Palencia, 1-300.
- ALCALDE, G. 1981. La Montaña Palentina. Tomo III, La Pernía. *Estudios del Equipo de Investigaciones Espeleo-Etnográficas*, Palencia, 1-360.
- ALCALDE, G. 1982. La Montaña Palentina. Tomo IV, Fuentes Carrionas y La Peña. *Estudios del Equipo de Investigaciones Espeleo-Etnográficas*, Palencia, 1-296.
- AMORÓS, J.L.; GARCÍA, F.J.; RAMÍREZ, E. & SIMANCAS, R. 1988. *Geología, Manuales de orientación universitaria*. Ed. Anaya, Madrid, 1-623.
- AZANZA, B. & MENÉNDEZ, E. 1989. Los ciervos del neógeno español. *Paleontología i Evolució*, 23, 75-82.
- BINNEKAMP, J.G. 1965. Lower Devonian Brachiopods and Stratigraphy of North Palencia (Cantabrian Mountains, Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, 33: 1-63.
- BRAGA, J.C.; COMAS, M.J.; GOYA, R.P. & YEBENES, A. 1988. El Lias inferior y medio en la zona central de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Camino, Santander). *III Coloquio de Estratigrafía y Paleontología del Jurásico de España*. Instituto de Estudios Riojanos, 13.
- CASANOVAS & MOYÁ. 1992. La sucesión de faunas de mamíferos durante el Paleógeno europeo. In: *Paleontología de Vertebrados. Faunas y filogenia, aplicación y sociedad* (Ed. H. Astibia). Servicio editorial, Universidad del País Vasco, Bilbao, 187-234.
- CERDEÑO, E. 1989. *Revisión de la sistemática de los rinocerontes del Neógeno de España*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid, 1-429.
- COMTE, P. 1959. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillère Cantabrique. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*, 60: 1-440.
- CRAMER, F.H. 1964. Microplankton from three Palaeozoic formations in the province of Leon, NO. Spain. *Leidse Geologische Mededelingen*, 30: 253-361.
- CUESTA, M.A. 2003a. El bosque petrificado de Verdeña: Una ventana al carbonífero palentino. *Apuntes de CFIE*, 12: 8-15.
- CUESTA, M.A. 2003b. Mamíferos del Paleógeno de la cuenca del Duero. In: *Los vertebrados fósiles en la historia de la vida: excavación, estudio y patrimonio*. (Eds. E. Jiménez & J. Cívís), Ediciones Universidad de Salamanca, Salamanca, 197-236.
- CUESTA, M.A. 2004. Aplicaciones del patrimonio paleontológico de la provincia de Palencia como recurso educativo. Libro de resúmenes de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, 44-45 Alcalá de Henares.
- CUESTA, M.A. & MORALES, J. 1999. Paleontología de mamíferos terciarios en Castilla y León: desarrollo histórico y estado actual. *Temas Geológico-Mineros*, 26: 78-82.
- DELGADO, E.; ALARIO, M.T.; AYARZA, J.; CASTRILLO, A.; GARCÍA, J.C.; GONZÁLEZ, C.; IBÁÑEZ, J.E.; MARTÍNEZ, M.; MOLINA, I.; MORALES, C.; ORTEGA, M.T.; PÉREZ, F.J.; RODRÍGUEZ, P. & VILLEGAS, B. 1996. *Aulas Activa de la Naturaleza Arbejal (Cervera de Pisuerga)*. Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura, 1-272.
- DÍEZ, J.B.; WAGNER, R.H. & BÁRCENA, M.A. 2002. El Carbonífero (Pensilvánico) de La Montaña Palentina y Paleobosque de Verdeña. Guía de campo. XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. 1-16.
- FERNÁNDEZ, M.V.; CELADA, B.; GARCÍA, V.; DELGADO, E. & GARCÍA, J.C. 1984. *Itinerarios de la naturaleza. Palencia. Cerro del Otero. Cerro San Juanillo*. Temas de Educación. Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Valladolid, 1-68.
- GARCÍA-ALCALDE, J.L.; MONTESINOS, J.R.; TRUYOLS-MASSONI, M.; GARCÍA-LÓPEZ, S.; ARBIZU, M.A. & SOTO, F. 1988. El Silúrico y el Devónico del Dominio Palentino (NO de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 1 (1-2): 7-13.
- GÓMEZ-ALBA, J.A.S. 1988. *Guía de campo de los fósiles de España y de Europa*. Ed. Omega, Barcelona, 1-925.

- HEREDIA, N. & RODRÍGUEZ, R. 2001. Paisaje geológico de la provincia de Palencia. In: *Patrimonio Geológico de Castilla y León* (Ed. Nuche del Rivero). ENRESA, 192-223.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. & DANTÍN, J. 1915. *Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas*, Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales, Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, 1-295.
- IGME. 1980. *Mapa Geológico de España E. 1:200.000*. Explicación de la Hoja nº 11, Reinosa, Segunda Edición. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- IGME. 1981. *Mapa Geológico de España E. 1:200.000*. Explicación de la Hoja nº 10, Mieres, Segunda Edición. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- IGME. 1982a. *Mapa Geológico de España E. 1:50.000*. Explicación de la Hoja nº 132, Guardo, Primera Edición. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- IGME. 1982b. *Mapa Geológico de España E. 1:50.000*. Explicación de la Hoja nº 273, Palencia, Primera Edición. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- IGME. 1997. *Mapa Geológico de España E. 1:50.000*. Explicación de la Hoja nº 133, Prádanos de Ojeda, Primera Edición. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- JIMÉNEZ, E. 1992. Quelonios fósiles de Castilla y León. In: *Vertebrados fósiles de Castilla y León* (Coord. E. Jiménez). Museo de Salamanca, 71-100.
- KULLMANN, J. 1961. Die Goniatiten des Unterkarbons im Kantabrischen Gebirge (Nordspanien). I Stratigraphie, Paläontologie der U. O. Goniatitina Hyatt. *Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 113 (3): 219-326.
- KULLMANN, J. 1963. Las series devónicas y del Carbonífero Inferior con ammonioideos de la Cordillera Cantábrica. *Estudios Geológicos*, 19: 161-191.
- LILLO, J.; LÓPEZ, M.T.; REDONET, L.F.; ROBLES, F. & USERA, J.M. 1982. *Geología, Curso de Orientación Universitaria*. Ed. ECIR, Valencia, 1-639.
- LÓPEZ, N. 1987. *Guía de campo de los fósiles de España*. Eds. Pirámide, Madrid, 1-479.
- LÓPEZ, N. & SANCHÍZ, F.B. 1982. Primeros Microvertebrados de la Cuenca del Duero: listas faunísticas preliminares e implicaciones bioestratigráficas y paleofisiográficas. *Temas Geológicos Mineros, 1ª reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero*, Salamanca 1979. IGME, 1ª parte, 341-353.
- LÓPEZ, N.; GARCÍA, E. & ALVAREZ, M.A. 1986. Paleontología y Bioestratigrafía (Micromamíferos) del Mioceno medio y superior del sector central de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmanicensis*, 22: 191-212.
- LÓPEZ-VERA, F.; YÉBENES, A.; LUNAR, R. & HIGUERAS, P. 1999. *Geología 2º Bachillerato*. Ed. Mc Graw Hill, Madrid, 1-344.
- MELÉNDEZ, B. 1971. *Prácticas de Paleontología. Fichero de Paleontología Estratigráfica*. Ed. Paraninfo, Madrid, 1-176.
- MELÉNDEZ, B. 1977. *Geología*. Ed. Paraninfo, Madrid, 1-911.
- MELÉNDEZ, B. 1981. *Paleontología*, Tomo 1. Ed. Paraninfo, Madrid, 1-716.
- MORALES, J. 2003. Mamíferos neógenos de Europa. En: *Los vertebrados fósiles en la historia de la vida: excavación, estudio y patrimonio*. (Eds. E. Jiménez & J. Civis), Ediciones Universidad de Salamanca, Salamanca, 281-308.
- MORALES, J. 2000. Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid. *Arqueología, Paleontología y Etnografía*, 6 (monográfico). Consejería de Educación, Comunidad de Madrid, Madrid, 1-371.
- MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES. 1993. *Madrid antes del Hombre*. Consejería de Educación, Comunidad de Madrid, Madrid, 1-48.
- PUJALTE, V.; ROBLES, S. & VALLES, J.C. 1988. El Jurásico marino de las zonas de alto sedimentario relativo del borde SW de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Rebolledo de la Torre, Palencia). III Coloquio de Estratigrafía y Paleontología del Jurásico de España. *Instituto de Estudios Riojanos*, 85-93.
- ROBLES, S.; PUJALTE, V. & VALLES, J.C. 1988. Sistemas sedimentarios del Jurásico de la parte occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica. III Coloquio de Estratigrafía y Paleontología del Jurásico de España. *Instituto de Estudios Riojanos*, 185-198.
- ROYO, J. 1922. El Mioceno continental Ibérico y su fauna malacológica. *Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas; Junta de ampliación de estudios e investigaciones científicas*, 30: 1-230.
- SANCHEZ, I.M., SALESA, M.J. & MORALES, J. 1998. Revisión sistemática del género *Anchitherium* Meyer 1834 (Equidae; Perissodactyla) en España. *Estudios Geológicos*, 54 (1-2): 39-63.
- SANTISTEBAN, J.I.; ALCALÁ, L.; MEDIAYILLA, R.M.; ALBERDI, M.T.; LUQUE, L.; MAZO, A.; MIGUEL, I.; MORALES, J. & PÉREZ, B. 1997. El yacimiento de Tariego de Cerrato: El inicio de la red fluvial actual en el sector central de la Cuenca del Duero. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 22, 431-446.
- SITTER, L.U.D. & BOSCHMA, D. 1966. Explanation geological map of the Paleozoic of the southern Cantabrian Mountains: 1:50.000 sheet, 1 Pisuerga. *Leidse Geol. Meded.*, 31: 191-238.
- VAN VEEN, J. 1965. The Tectonic and Stratigraphic history of the Cardaño area, Cantabrian Mountains, Northwest Spain. *Leidse Geologische Mededelingen*, 35: 45-104.
- WAGNER, R.H. 2001. *Fósiles vegetales. Recursos naturales de Córdoba*, 6, Diputación de Córdoba, 1-105.
- WAGNER, R.H.; JONES, D.G.; SPINNER, E. & WAGNER-GENTIS, C.H.T. 1970. The stratigraphic succession, flora and fauna of Cantabrian and Stephanian A rocks of Barruelo (prov. Palencia), NW Spain. *Congresses et Colloques de l'Université de Liège*, 55: 151-165.
- WAGNER, R.H., DIEZ, J.B. & CALVO, R. 2001. El bosque Carbonífero de Verdeña: vida y muerte de una comunidad florística. En: *Patrimonio Geológico de Castilla y León* (Ed. Nuche del Rivero). ENRESA, 380-393.

Actividad práctica con bivalvos actuales y fósiles aplicable a la educación secundaria

Graciela Delvene¹ y Silvia Laguarta²

1. Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España), C/. Ríos Rosas, 23, 28003, Madrid. E-mail: gdelvene@igme.es.

2. C/ San Jorge, 43, 6º C, 22003, Huesca. E-mail: slaguarta@able.es

Delvene, G. y Laguarta, S. 2005. Actividad práctica con bivalvos actuales y fósiles aplicable a la Educación Secundaria. [Experience with actual and fossil bivalves on Secondary Education.]

ABSTRACT

The present paper is based on an experience carried out during a year in the University of Zaragoza (on Palaeontology, Geological Sciences Degree), and we propose to apply it for Secondary Education (High School Degree). A general view of the role of the Palaeontology on Secondary Education is showed, and the subjects where the experience could be carried out. The experience is the assembly of a marine aquarium with, mainly, bivalves, and other groups of invertebrates. Our objectives are explaining the assembly of the aquarium: tools, parameters and animals. The way of handling with the animals and the main direct observations about them are showed. A simple comparison between the best adapted lived bivalves in the aquarium and some common Jurassic bivalves is carried out, showing their morphology and main habits life. The aquarium is an easy way of introducing to scientific method and motivating to the attractive world of the fossils.

KEY WORDS: PALAEOECOLOGY, SECONDARY EDUCATION, BIVALVES, FUNCTIONAL MORPHOLOGY.

RESUMEN

El presente trabajo se basa en una experiencia que realizamos durante un año en la Enseñanza Universitaria (Paleontología, Licenciatura de Ciencias Geológicas de la Universidad Zaragoza) y que ahora proponemos para la Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato (Currículo de Biología y Geología). Se da una visión general de las posibilidades de utilización de esta experiencia en asignaturas del área de Ciencias de la Naturaleza. La experiencia es el montaje de un acuario marino de bivalvos junto con otros grupos de invertebrados. Nuestros objetivos son explicar el montaje del acuario, detallando el material necesario, los parámetros que hay que controlar y los animales que podemos introducir. Se describe la manera de actuar con los animales y cuáles son las observaciones directas más relevantes. Se ha realizado una comparación somera entre los bivalvos vivos que mejor se han adaptado al acuario y algunos bivalvos fósiles comunes en el Jurásico mostrando su morfología y sus principales modos de vida. Es una sencilla manera de iniciar a los alumnos en la aplicación del método científico y acercarlos de una manera atractiva al mundo de los fósiles.

PALABRAS CLAVES: PALEOECOLOGÍA, ENSEÑANZA SECUNDARIA, BIVALVOS, MORFOLOGÍA FUNCIONAL.

INTRODUCCIÓN

El trabajo que presentamos se basa en una experiencia que realizamos durante un año en el área de Paleontología del Departamento Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza. Formó parte de la docencia de las prácticas de invertebrados (moluscos) de la asignatura "Paleontología General" de segundo curso de la Licenciatura de Ciencias Geológicas del plan antiguo (B.O.E. 30/7/1975) de dicha universidad. Se realizó el montaje de un acuario marino de bivalvos con el objeto de mostrar los principales modos de vida de estos moluscos y así poder explicar la rela-

ción entre la morfología de la concha y la función que desarrolla. Nuestro objetivo en este trabajo es explicar esta sencilla experiencia y proponer su realización en la Enseñanza Secundaria.

LA PALEONTOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

El Sistema Educativo Español se encuentra actualmente en pleno periodo de cambio con la implantación de la *Ley Orgánica de Calidad de la Educación*, LOCE, existiendo un importante debate en lo que se refiere a la normativa

legal. La experiencia que planteamos queremos desarrollarla en la Educación Secundaria, que comprende las etapas de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

El calendario de aplicación de la LOCE ha sido retrasado durante el año 2004 por lo que los reales decretos que establecen las enseñanzas mínimas quedan condicionados a los nuevos plazos. Sin embargo, tanto si tenemos en cuenta esos textos, como si lo hacemos de los que establecían el currículo dentro del marco de la *Ley de Ordenación General del Sistema Educativo*, LOGSE, podemos observar que los contenidos en las asignaturas de ciencias no han cambiado sustancialmente respecto al tema que nos ocupa, por lo que podemos tomar como referencia tanto los textos que actualmente están en vigor, como los que entrarán en vigor los próximos cursos.

Si estudiamos estos documentos, podemos ver que en la materias del área de *Ciencias de la Naturaleza* sigue teniendo un mayor peso la Biología, siendo la Geología minoritaria y, dentro de ésta, la Paleontología sólo se trata someramente, casi siempre asociada al proceso de formación de las rocas sedimentarias o para interpretar los fósiles como un elemento característico de los procesos sedimentarios, sin entrar en otros contenidos de esta materia.

APLICACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROPUESTA EN LOS DIFERENTES CURSOS Y ASIGNATURAS

Si estudiamos el currículo de mínimos que establecen los reales decretos, vemos que hay diferentes tratamientos de la Paleontología y con diferente profundidad, dependiendo del nivel y asignatura que se trate (Tabla 1).

No vamos a realizar un repaso intensivo a la situación de la Paleontología en la Educación Secundaria que, como parte de la Geología (asignatura en verdadero declive dentro de estas enseñanzas) presenta cada vez menos importancia en el currículo, y que otros autores han relatado anteriormente (Pedrinaci, 2002 a y b)

Teniendo el conocimiento de la Paleontología como base y, aprovechando el desarrollo de la Ecología en alguno de los cursos, creemos que la experiencia puede ser útil para tratar de manera interdisciplinar tanto el proceso de formación de un fósil, como la morfología de los bivalvos (fósiles y actuales), la relación de ésta con su modo de vida y el estudio de su ecología y paleoecología.

Así creemos que esta experiencia podríamos utilizarla en los siguientes cursos:

- En la asignatura de *Ciencias de la Naturaleza* de 2º ESO, se estudia someramente qué es un fósil y su proceso de formación como parte característica de las rocas sedimentarias, junto con contenidos básicos de ecología y eco-

sistemas. En este curso los objetivos que deseamos alcanzar al utilizar la experiencia propuesta son que los alumnos observen la morfología y el modo de vida de estos organismos y compararlos con organismos fósiles. Otro de los objetivos es que los alumnos vean organismos marinos vivos, y que se sensibilicen ante la fragilidad de los ecosistemas marinos y la necesidad de conservarlos.

- En la materia obligatoria de 3º ESO, *Biología y Geología*, podemos utilizar la experiencia para afianzar los objetivos marcados para 2º curso y, principalmente, para desarrollar el concepto de fósil y su valor paleoecológico.
- Otra posibilidad de aplicación se ofrece en la asignatura de *Biología y Geología* de 4º ESO, donde se estudian los fósiles como indicadores paleoecológicos y bioestratigráficos, los conceptos de fósil guía y fósil característico, en el marco de la historia de la Tierra y de la vida. Lo interesante de este curso es que en el último trimestre se tratan los seres vivos y el medio ambiente, el concepto de ecosistema (y entre ellos los ecosistemas acuáticos) y las adaptaciones a los diferentes medios junto con la dinámica de ecosistemas, pudiendo aplicar la experiencia también para ejemplificar algunos de estos conceptos. Con esta experiencia proponemos profundizar en los objetivos que planteamos para 2º y 3º curso. Además podemos observar los movimientos de los invertebrados en el acuario y de las pistas que dejan en él, para compararlas con restos fósiles y sacar las conclusiones paleoecológicas consiguientes. Podemos conocer y medir algunos de los parámetros que controlan el acuario y reflexionar sobre el origen de los cambios que pueden suceder en el mismo valorando la fragilidad de los ecosistemas ante la contaminación. Podemos observar las relaciones de los organismos con su medio, anotar las variaciones y cambios significativos en la experiencia, valorando sus causas y consecuencias.
- En el primer curso de Bachillerato, la asignatura de *Biología y Geología* es específica de la modalidad del Bachillerato de Ciencias y Tecnología, según la LOCE (Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y la Salud, según la LOGSE) y desarrolla la Paleontología con mayor detalle y de manera más extensa, así como los conceptos de la estratificación y su valor geológico y las rocas sedimentarias. De nuevo se utiliza este marco para explicar el concepto de fósil y su proceso de formación, así como ver una pequeña clasificación de las especies más representativas. En la parte de Biología se estudia la clasificación de los organismos y posteriormente la morfología y fisiología de los invertebrados.

Por todo ello la experiencia del acuario sería de gran utilidad en este curso. La forma de organizar la experiencia se mantiene como el planteamiento inicial, lo que ampliamos ahora son los objetivos que buscamos alcanzar, tanto conceptuales como procedimentales, que son:

- Observación de los organismos en el acuario (modo de vida y morfología) y comparación con fósiles, para realizar deducciones sobre su paleoecología.
- Observación del modo de vida actual de los bivalvos como organismos filtradores.
- Observación de los movimientos de los bivalvos en el acuario con aparición de pistas en la arena y su comparación con las pistas fósiles.
- Realización cuidadosa de medidas de los parámetros y su anotación, por parte de los alumnos, responsabilizándose parcialmente del acuario.
- Interpretación de las medidas realizadas, sensibilización de los alumnos ante las alteraciones del medio ambiente y las consecuencias para los organismos.
- Desarrollo de conductas y valores respetuosos con el medio ambiente y con los seres vivos.

Un planteamiento similar, con mayores pretensiones respecto al conocimiento de los fósiles, es el que podemos hacer con la experiencia del acuario para la asignatura de *Geología*, donde la Paleontología adquiere una mayor importancia y desarrollo. Se trata de una asignatura optativa que principalmente se cursa en segundo de Bachillerato pero que es posible ofertarla también en el primer curso. En este caso se trata de reforzar los objetivos planteados para la asignatura de *Biología y Geología* de primero de Bachillerato, profundizando en la morfología funcional de bivalvos actuales y fósiles.

MONTAJE DE UN ACUARIO MARINO

Material necesario

Todo el material necesario para montar el acuario marino se puede conseguir en una tienda especializada, allí nos darán unas nociones mínimas para comenzar si es que no se tienen conocimientos previos al respecto. No obstante, podemos seguir las indicaciones de Parodi y Senès (1997) pero simplificando la experiencia, tal y como detallamos a continuación. Necesitamos un acuario de base rectangular (sus dimensiones dependerán de la cantidad de individuos que queramos introducir y del presupuesto económico, en nuestro caso hemos utilizado un acuario de 60 litros), arena fina y gruesa, rocas, filtro químico (interno), filtro mecánico (externo), medidor de salinidad, sal marina, termómetro de agua, tubo fluorescente, alimento para invertebrados, alimento para algas, test de pH, test de Kh y agua destilada.

La arena gruesa y fina se dispone en el fondo del acuario, al igual que las rocas obtenidas de la costa, o un sustituto comprado si no se dispone de ellas. De este modo tendremos preparado un sustrato duro (rocas) adecuado para

organismos epifaunales bisados y cementantes, y un sustrato blando (arena fina) para los individuos infaunales.

El agua marina resultará de la mezcla de agua destilada y sal marina, se medirá la cantidad de sal concentrada con el medidor de salinidad, y se irá añadiendo sal o agua hasta obtener el valor deseado.

En el comienzo del montaje del acuario utilizamos el sistema de filtrado biológico (filtro bajo arena) junto con un filtro mecánico (externo, que lleva asociado una bomba centrífuga que reproduce corrientes de agua en el interior del acuario). Sin embargo, la filtración biológica no nos dio buenos resultados y optamos por combinar el filtro mecánico (externo) con un filtro químico (interno) de carbón activo. Además periódicamente tuvieron que realizarse operaciones de "sifoneado" para eliminar el exceso de detritos mediante un tubo de goma, así como vaciar parte del acuario y volver a rellenar con agua renovada volviendo a estabilizar todos los parámetros. El tubo fluorescente de 15 vatios situado en la tapa del acuario es demasiado potente, de modo que durante el día lo cubrimos con un papel blanco, y durante la noche lo apagamos. El resto de utensilios se colocan como en cualquier acuario siguiendo las indicaciones del producto.

Parámetros que hay que controlar

Salinidad

La salinidad se mide con un densímetro. Este aparato sirve para determinar el contenido de sal en el agua marina. Para medir la salinidad del medio tan sólo hace falta introducir el aparato, dejarlo flotar (el instrumento flota proporcionalmente a la densidad) y leer la escala. Según las instrucciones del densímetro la densidad adecuada oscila entre 1.022 y 1.024 para una temperatura de 25°. Nuestra experiencia nos demuestra que la condición óptima de densidad oscila entre 1.022 y 1.024 con una temperatura máxima de 21°. En general, el aparato lleva en la escala una "N" y una "A". Cuando la densidad marca la "N" es que está normal y cuando marca la "A" significa que la salinidad es más elevada de lo adecuado y hay que añadir agua destilada. Si por el contrario la salinidad es demasiado baja, hay que añadir sal marina al medio. Cuando se añade agua al acuario hay que esperar a que se homogeneice durante unas horas y después volver a medir los parámetros. También es necesario añadir agua destilada cuando hay una fuerte pérdida de agua por evaporación y controlar los parámetros nuevamente.

Temperatura

La experiencia se realizó entre los meses de enero y noviembre, de modo que pudimos observar cuáles son los periodos de tiempo más favorables para la supervivencia de los bivalvos y otros grupos de invertebrados marinos en condicio-

EDUCACIÓN SECUNDARIA: CURRÍCULO DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA Y BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

CURSO	ASIGNATURA	INTERÉS
2º curso de ESO	Ciencias de la Naturaleza	Qué es un fósil y su proceso de formación
3º curso de ESO	Biología y Geología	Los fósiles en las rocas sedimentarias
4º curso de ESO	Biología y Geología	Qué es un fósil, cómo se origina y su valor paleoecológico y bioestratigráfico; conceptos de fósil guía y fósil característico; seres vivos y medioambiente, dinámica de ecosistemas
1º de Bachillerato	Biología y Geología	Estratificación y rocas sedimentarias; concepto de fósil y sus utilidades; principales grupos de invertebrados.
2º Bachillerato	Geología	La Paleontología ocupa un papel relevante en esta asignatura

Tabla 1

Resumen de los cursos y asignaturas en los que se puede realizar el montaje de un acuario de bivalvos en el currículo de Ciencias de la Naturaleza y Biología y Geología de Educación Secundaria.

Table 1

Summary of the courses and subjects on Nature Sciences and Biology and Geology of Secondary Education where the assembly of a bivalve aquarium is feasible.

nes de cautividad. La temperatura máxima media tolerada es de 21°, pero hemos tenido condiciones más favorables con 15° de temperatura, y condiciones más extremas de 24° que han sido bien toleradas; casi siempre se ha mantenido una temperatura media entre 19 y 20°. Los meses más apropiados para montar este acuario en estas condiciones son de enero a mayo, siempre y cuando podamos prescindir de la calefacción donde lo situemos. Otra posibilidad sería mantener el acuario en una habitación con aire acondicionado manteniendo la temperatura aproximada de 21°, pero esta posibilidad no siempre es factible, especialmente si estamos hablando de montar un acuario en un aula de un instituto que no es frecuente que dispongan de aire acondicionado.

pH

Debe medirse con regularidad por medio de un test de pH, siguiendo las instrucciones del producto químico, y para nuestro acuario, su medida óptima es entre 8,2 y 8,4. Normalmente el mismo producto nos servirá, mediante un ensayo similar, para determinar el nivel de nitratos en el agua. El exceso de nitratos es perjudicial para los invertebrados, y su nivel aumenta con la presencia de un animal muerto. Es muy importante eliminar los restos de individuos muertos del acuario inmediatamente. Las partes blandas de los mismos se descomponen a gran velocidad y contaminan el medio provocando la muerte masiva si no se actúa con rapidez. También el nivel de nitratos en el agua aumenta si introducimos muchos individuos a la vez, ya que entonces la producción de sustancias de deshecho son elevadas.

Kh

Debe realizarse un ensayo con regularidad por medio de un test de Kh, siguiendo las instrucciones del producto químico, y para nuestro acuario, su medida óptima es 10°. Si la medida obtenida es inferior se puede contrarrestar con otro producto químico complementario.

Bivalvos en el acuario

Antes de introducir los animales en el agua, es conveniente dejar unos días el acuario vacío y controlar los parámetros mencionados hasta que se encuentren estables. Cuando hayamos conseguido los valores adecuados debemos ir introduciendo los organismos poco a poco, no más de cuatro individuos a la vez. Cada vez que se introducen animales en el acuario las condiciones varían, y debemos esperar a su nueva estabilización. Desde un punto de vista económico, la compra de los bivalvos supone la menor inversión de todo nuestro proyecto siempre y cuando tengamos la idea de montar un acuario mediterráneo o atlántico. El montaje de un acuario tropical tiene la ventaja de que el control de la temperatura es mucho más sencillo porque siempre es cuestión de calentar el agua. Esto es mucho más simple (con un calentador de agua que es un aparato muy común y asequible) que enfriar agua. Para bajar la temperatura del agua necesitaremos un refrigerador cuyo coste es muy elevado o bien introducir cubitos de agua en el acuario. Durante el invierno suele ser suficiente mantener la ventana abierta en el caso de que la habitación en la que se encuentra el acuario disponga de una calefacción muy fuerte. Durante el verano, es casi imposible la supervivencia de los animales sin disponer de un refrigerador. El acuario tropical, sin embargo, tiene un coste mucho más elevado respecto a la adquisición de los bivalvos (estamos hablando de una media de 18 euros por una *Lima* (peine), por ejemplo). Pese a que elevar la temperatura de un acuario es simple, también es cierto que frecuentemente al comienzo de su montaje cuesta mantener estables los parámetros del mismo. Puede ocurrir que las condiciones del acuario se desequilibren por exceso o por defecto de algún parámetro y es frecuente que al principio mueran bastantes animales, lo cual supone un gasto económico importante. Por el contrario, el coste de los bivalvos de un acuario mediterráneo o atlántico es muy bajo y la manera de conseguirlo es muy sencilla. Podemos obtenerlos directamente en la costa o, más fácilmente si vivimos en el interior, en la pescadería por muy

bajo coste. Deben elegirse conchas muy cerradas, sin dejar ninguna parte blanda al exterior. Debemos evitar aquellas conchas que dejan asomar los sifones y sobre todo aquellas unidas por gomas de plástico (caso frecuente en las ostras y navajas). Casi podemos predecir qué bivalvos van a sobrevivir fijándonos en las condiciones en que los metemos en el agua. Si hay dudas respecto a su estado es mejor no introducirlos porque pueden generar una muerte masiva. Cuanto más tiempo tardan en reaccionar al introducirlos en el agua (nos referimos a que abran sus valvas o realicen ciertos movimientos), mayor probabilidad de supervivencia van a tener. Cuando al introducirlos en el acuario se abren enseguida es porque ya no soportan más el estado de estrés al que han estado sometidos y necesitan oxigenación rápidamente, están en peor estado y su supervivencia es más improbable.

Debemos resaltar que con esta experiencia, nuestra intención no ha sido reproducir fielmente un “trozo” de mar, de hecho, hemos mezclado sustratos rocosos y sustratos arenosos disponiendo muy cerca unos de otros. Nuestro objetivo principal ha sido aprovechar al máximo el montaje para conocer los diferentes modos de vida de los bivalvos y someramente observar de cerca el comportamiento de algunos otros invertebrados. La mayor parte de los bivalvos con los que hemos realizado la experiencia han sido suspensívoros. Es bastante útil detener el sistema de filtrado (bombas) durante un corto periodo de tiempo cuando se ha introducido el alimento y éste queda en suspensión en el agua, para que los animales puedan tomarlo y no se vaya todo directamente a los filtros. Aquellos bivalvos que han sobrevivido más tiempo a nuestras condiciones son *Mytilus*, *Ostrea*, *Cerastoderma* y *Venerupis*.

Con los bivalvos *Donax* y *Chlamys* no se han conseguido resultados exitosos. El primero de ellos, *Donax* (coquina), es móvil y nuestra intención era observar sus desplazamientos por el acuario, pero no conseguimos su adaptación, y murió a los pocos días de introducirlo sin reaccionar a nuestros estímulos. El segundo, *Chlamys* (zamburiña), es un bivalvo bisado, con cierta capacidad natatoria, pero como ya suponíamos el medio no fue favorable y sucedió lo mismo que con *Donax*.

A continuación vamos a indicar cómo hemos actuado con los bivalvos, todos ellos suspensívoros y bentónicos, que más tiempo han sobrevivido en nuestro acuario y cuáles han sido las observaciones más relevantes que hemos hecho sobre ellos.

Mytilus

Mytilus (mejillón) representa el modo de vida epifaunal bisado. Se debe colocar cerca de un sustrato duro para que cuando vuelva a fabricar su biso pueda adherirse a un fondo duro y estable. Se observa cómo reclina la valva iz-

quierda hacia el fondo, tras varios cambios de posición, logra unirse al sustrato al cabo de 2 a 3 días y una vez que alcanza su equilibrio no suele desplazarse más. Realiza movimientos de abertura y cierre de valvas y se observa el movimiento de las branquias atrayendo alimento hacia su interior.

Ostrea

Ostrea (ostra) debe disponerse con la valva más convexa debajo y la más plana arriba. Es el bivalvo que mejor se adaptó a nuestro acuario, llegando a vivir un año en el mismo pero, sin lograr volver a cementarse. Se puede observar cómo abre y cierra la valva superior atrayendo las sustancias alimenticias hacia su interior.

Cerastoderma y *Venerupis*

A los bivalvos infaunales hay que “ayudarlos” a enterrarse, es decir, no es suficiente con colocarlos sobre la arena. La razón es que perderían mucho tiempo a la vez que energía para realizar ellos todo el proceso. Tenemos que tener en cuenta que, especialmente si son comprados, llevan mucho tiempo fuera de su medio. Sin embargo, si nosotros los introducimos en la arena ligeramente les simplificamos el proceso de enterramiento y tienen más posibilidades de habituarse al medio más rápidamente. Por tanto, deberemos semienterrar a *Cerastoderma* (berberecho) y *Venerupis* (almeja) en la región de acuario que contenga arena fina, y colocarlas con la región anterior hacia el sedimento. En este caso hay que tener algo más de paciencia, pero en cuestión de horas se irán abriendo y poco a poco se irán enterrando, podremos observar los movimientos del pie y los giros de la concha que utilizarán para finalmente enterrarse totalmente y dejar asomados los sifones al exterior. Se podrá observar perfectamente el movimiento del sifón inhalante para atraer la comida (especialmente cuando se introduce alimento en el acuario) y cómo salen las sustancias de deshecho a través del sifón exhalante.

Se ha intentado que otras “almejas” de la familia Lucinidae, que excavan más profundamente, puedan sobrevivir, pero no se ha logrado ya que para ello necesitarían un fondo de arena más profundo y nuestro acuario no cumplía este requisito.

Otros invertebrados en el acuario

En nuestra experiencia hemos introducido otros moluscos como gasterópodos: *Patella* (lapa), *Monodonta* (peonza), *Gibbula* (peonza plana) y *Littorina* (bígaro común), todos ellos sobreviviendo con éxito. Los tres primeros se adquieren directamente en la costa, pero el último, *Littorina*, también podemos comprarlo en la pescadería. Todos ellos son móviles y herbívoros, no tenemos el temor de que puedan atacar a los bivalvos. Al contrario, hemos podido observar cómo

mo se alimentaron de las algas que proliferaron en las valvas superiores de *Ostrea*. Al alimentarse de estas algas verdes, podemos decir que los gasterópodos “limpian” de alguna manera el acuario. Ocurre lo mismo con las algas que se acumulan en las paredes del acuario y que “afean” el mismo, no dejando observar su interior con claridad. Hemos observado cómo ejemplares de *Patella* (lapa) se han dado la vuelta, es decir, han perdido fuerza en su ventosa, estando unidos a un cristal, y se han quedado hacia arriba. En nuestro acuario, las corrientes producidas por la bomba de agua del filtro externo son muy pequeñas y por tanto, no son suficientes como para que estos gasterópodos por sí mismos vuelvan a recolocarse en su posición de máxima estabilidad y de vida, de manera que tenemos que hacerlo nosotros mismos. Los gasterópodos, en general, se sitúan cerca de la bomba del acuario, que es donde hay más movimiento.

Adheridos a los ejemplares de *Mytilus* hemos contado con organismos bentónicos pertenecientes a dos grupos: serpúlidos y crustáceos cirrípedos del tipo *Balanus* (bellota de mar). En los serpúlidos hemos podido observar cómo movían la corona tentacular para atraer el alimento hacia sí mismos. En los balanomorfo, hemos visto como movían los cirros para capturar la materia orgánica en suspensión. Ambos eran más activos cuando se introducía alimento en el acuario y lograron permanecer bastante tiempo

en el mismo. También introdujimos algunos ejemplares de *Actinia* (tomate de mar) que lograron sobrevivir cuando las condiciones del acuario fueron óptimas. Por el contrario, cuando los parámetros se desestabilizaron, los individuos fueron reduciendo su tamaño hasta desaparecer.

Además introdujimos dos erizos de mar, del género *Paracentrotus*, que tan apenas pudieron sobrevivir dos o tres días, pero lo suficiente para que muchos alumnos que no los habían visto nunca en directo pudieran observar sus desplazamientos por medio de los pies ambulacrales a lo largo del acuario y su caparazón cubierto de espinas (radio-las). Por último, metimos en el acuario dos tipos de artrópodos crustáceos, bien conocidos en la gastronomía española y desde luego, bien conocidos por los alumnos desde ese punto de vista, por lo cual llamó bastante su atención. Nos referimos a dos ejemplares del género *Carcinus* (cangrejos de roca, macho y hembra) y un ejemplar de *Scyllarus* (santiaguina). Esta última no sobrevivió más de una semana y apenas se desplazaba por el fondo. Pero, respecto a los cangrejos, fue muy interesante ver cómo se enterraron en la arena dejando sólo sus ojos al descubierto, cómo se atacaron entre ellos arrancándose algún que otro apéndice y cómo se comían los trozos de merluza que les dimos como alimento. Los cangrejos lograron sobrevivir unos pocos días y no atacaron a los moluscos.

Página derecha:

Figura 1

La escala representa 0,5 cm en todos los casos.

Las siglas significan MGM: Museo Geominero y MPZ: Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza.

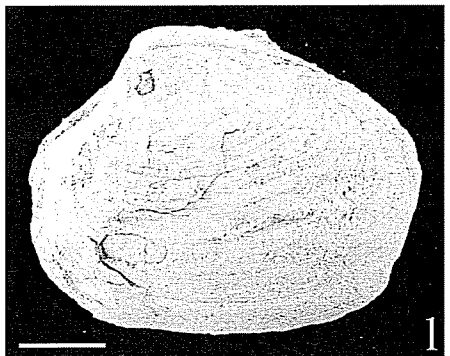
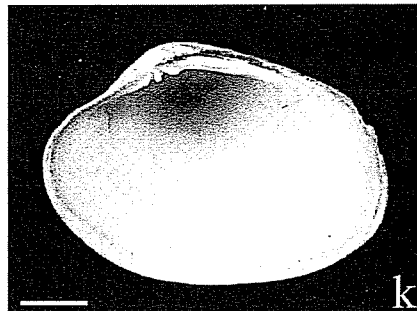
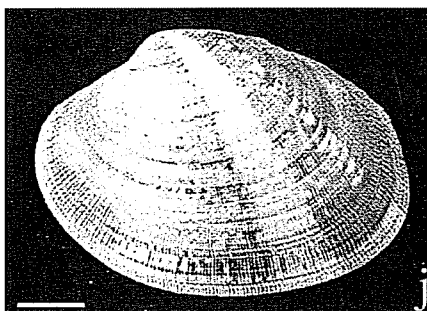
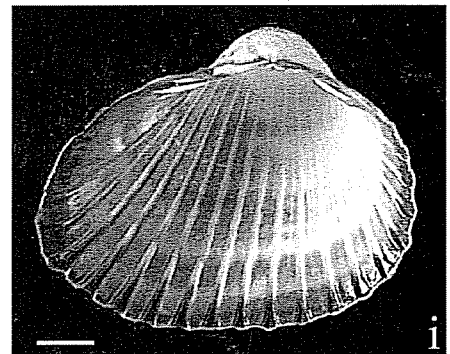
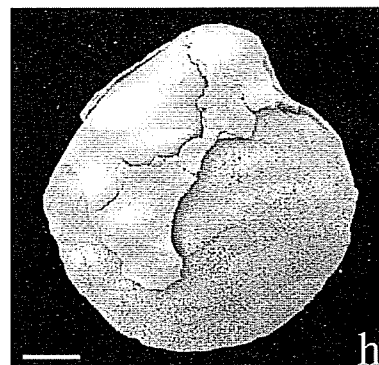
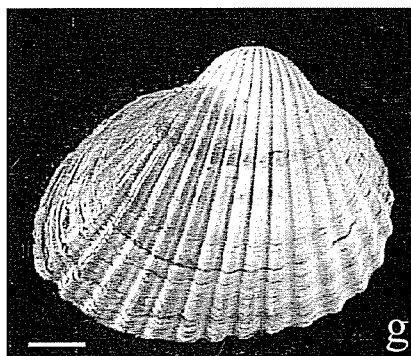
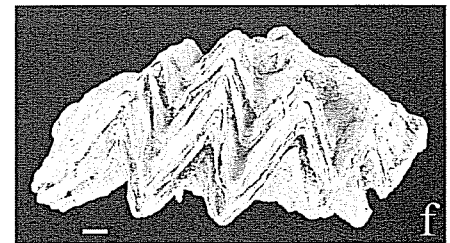
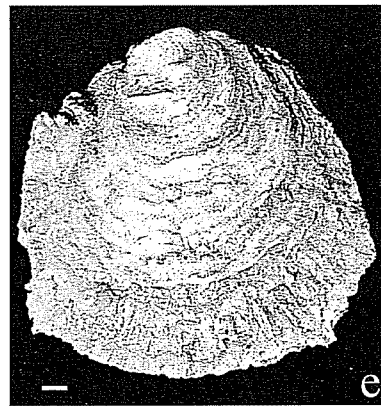
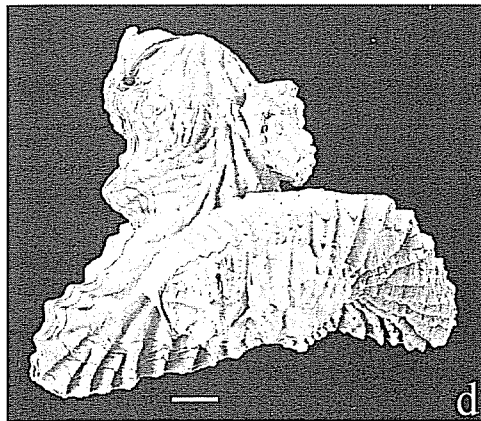
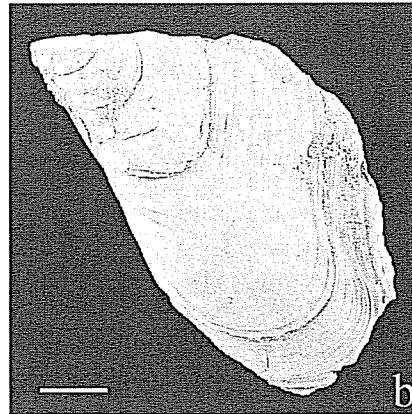
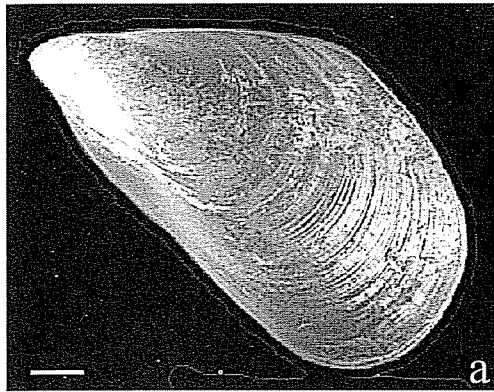
- a. Vista externa de una valva izquierda de ejemplar actual de *Mytilus*. La imagen ha sido modificada de <http://www.ne.jp/asahi/dexter/sinister/Bentos/frame/MytGal.html>.
- b. *Isognomon (I) promytiloides* Arkell. Vista izquierda de ejemplar articulado procedente del Jurásico Medio de Teruel, alojado en el Museo Geominero (IGME), MGM 465J.
- c. *Isognomon (I) promytiloides* Arkell. Vista izquierda de ejemplar articulado procedente del Jurásico Superior de Bourgogne (Francia), alojado en el Museo Geominero (IGME), MGM 1433X.
- d. *Actinostreon gregareum* (J. Sowerby). Vista de dos ejemplares articulados y cementados entre sí. El material procede del Jurásico Superior de Basse Normandie (Francia), alojado en el Museo Geominero (IGME), MGM 682X.
- e. Valva derecha de ejemplar actual de *Ostrea*. La imagen ha sido modificada de Fechter & Falkner (1993).
- f. *Actinostreon marshi* (J. Sowerby) Vista ventral de ejemplar articulado. El material procede del Jurásico Superior de Francia, alojado en el Museo Geominero (IGME), MGM 676X.
- g. Vista externa de una valva derecha de un ejemplar actual de *Cerastoderma*. La imagen ha sido modificada de <http://www.thais.it/conchiglie/default.htm>.
- h. *Rollierella laubei* (Rollier). Vista derecha de un ejemplar articulado procedente del Jurásico Superior de Zaragoza, alojado en la Universidad de Zaragoza, MPZ 00/2401.
- i. Vista interna de una valva izquierda de un ejemplar actual de *Cerastoderma*. La imagen ha sido modificada de <http://www.thais.it/conchiglie/default.htm>.
- j. Vista externa de una valva izquierda de un ejemplar actual de *Venerupis*. La imagen ha sido modificada de Fechter & Falkner (1993).
- k. Vista interna de una valva derecha de un ejemplar actual de *Venerupis*. La imagen ha sido modificada de Fechter & Falkner (1993).
- l. *Gresslya* sp. Vista izquierda de ejemplar articulado procedente del Jurásico Medio de Midi-Pyrénées (Francia), alojado en el Museo Geominero (IGME), MGM 479X.

Figure 1

Scale bar represents 0,5 cm.

The abbreviations means MGM: Geominero Musum and MPZ: Palaeontological Museum of the University of Zaragoza.

- a. External view of a left valve of the actual *Mytilus*. The figure has been modified from <http://www.ne.jp/asahi/dexter/sinister/Bentos/frame/MytGal.html>.
- b. *Isognomon (I) promytiloides* Arkell. Left view of an articulated specimen, from Middle Jurassic from Teruel, housed in the Geominero Museum (IGME), MGM 465J.
- c. *Isognomon (I) promytiloides* Arkell. Left view of an articulated specimen, from Upper Jurassic from Bourgogne (France), housed in the Geominero Museum (IGME), MGM 1433X.
- d. *Actinostreon gregareum* (J. Sowerby). View of two articulated and cemented specimens. They come from the Upper Jurassic from Normandie (France), housed in the Geominero Museum (IGME), MGM 682X.
- e. Right valve of the actual *Ostrea*. The figure has been modified from Fechter & Falkner (1993).
- f. *Actinostreon marshi* (J. Sowerby) Ventral view of an articulated specimen. It comes from Middle Jurassic from France, housed in the Geominero Museum (IGME), MGM 676X.
- g. External view of a right valve of the actual *Cerastoderma*. The figure has been modified from <http://www.thais.it/conchiglie/default.htm>.
- h. *Rollierella laubei* (Rollier). Right valve of an articulated specimen from Upper Jurassic from Zaragoza, housed in the University of Zaragoza, MPZ 00/2401.
- i. Internal view of a left valve of the actual *Cerastoderma*. The figure has been modified from <http://www.thais.it/conchiglie/default.htm>.
- j. External view of a left valve of the actual *Venerupis*. The figure has been modified from Fechter & Falkner (1993).
- k. Internal view of a right valve of the actual *Venerupis*. The figure has been modified from Fechter & Falkner (1993).
- l. *Gresslya* sp. Left view of an articulated specimen from Middle Jurassic from Midi-Pyrénées (France), housed in the Geominero Museum (IGME), MGM 479X.



BIVALVOS ACTUALES Y FÓSILES: MORFOLOGÍAS Y FUNCIONES SIMILARES

Hemos visto qué tipos de bivalvos podemos tener en cautividad en unas condiciones relativamente fáciles de mantener en un acuario "casero" y también cómo actuar con ellos y qué podemos observar al respecto. Ahora vamos a realizar una sencilla comparación entre los bivalvos que hemos visto vivos en el acuario y algunos ejemplos de bivalvos fósiles, en concreto del Jurásico de varias colecciones del Museo Geominero (IGME) y de la Universidad de Zaragoza. A través de las especies que hemos seleccionado para el acuario podemos observar varios de los modos de vida de los bivalvos.

El modo de vida *epifaunal bisado* está representado por el actual *Mytilus* (Fig. 1 a). Nuestro representante fósil de comparación es *Isognomon* (Figs. 1 b, c). Su región anterior es plana y es por medio de la abertura bisal por donde saca su biso y se adhiere al sustrato rocoso o duro. El bivalvo *epifaunal cementador* actual está representado por *Ostrea* (Fig. 1 e). En este caso se podrán observar las huellas de fijación en la región umbonal de la valva izquierda (la valva inferior). Nuestro material fósil de comparación es *Actinostreon* (Figs. 1 d, f). Podremos observar también las huellas de fijación en la valva izquierda y su frecuente estado de conservación como agregados o grupos, típico de los cementantes. Una característica peculiar de *Actinostreon* es la comisura en zig-zag (Fig. 1 f), interpretada de modo similar (Stanley, 1970) a la de los braquiópodos (Rudwick, 1964) como protección contra la entrada de partículas grandes o indeseables a la cavidad del manto. Dicho carácter no podemos observarlo en *Ostrea*, pero sí en otro "ostreido" actual como *Lopha*. El modo de vida infaunal somero en un sustrato blando está ejemplificado por los actuales *Cerastoderma* y *Venerupis*. *Cerastoderma* (Figs. 1 g, i) posee unos sífonos cortos que casi no dejan huella en el interior de su concha. Su modo de vida es infaunal somero. Podemos comparar su morfología globosa con el jurásico *Rollierella* (Fig. 1 h), a pesar de que esta última no presenta ornamentación radial externa y por tanto su eficiencia excavando es menor que en *Cerastoderma*. El interior de *Venerupis* (Figs. 1 j, k) posee un seno paleal profundo, esto significa que sus sífonos son de mayor longitud, es decir, se entierran más profundamente. Nuestro material de comparación se corresponde con un ejemplar de *Gresslya* (Fig. 1 l) cuyo hábito de vida es similar, aunque de otro grupo taxonómico completamente distinto (*Anomalodesmata*).

CONCLUSIONES

El montaje de un acuario de bivalvos ha sido la experiencia escogida para ejemplificar en la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato cómo vive este grupo de moluscos y compararlo después con sus representantes fósiles. Se trata de un estudio interdisciplinar interesante para los alumnos ya que les permite ver la ciencia como un conocimiento integrado de distintas materias (Paleontología, Biología, Ecología). Los alumnos pueden observar los fósiles de los bivalvos y, a la vez, ver cómo estos organismos viven en el acuario, comprendiendo la forma y las estructuras que vemos tanto en los fósiles como en los organismos vivos. La posibilidad de observar a los bivalvos en el acuario es muy gráfica, ya que muchos alumnos no tienen conocimientos previos de cómo viven estos organismos. Es una manera de iniciar a los alumnos en la aplicación del método científico. Van a ser parte responsable a la hora de montar y mantener el acuario (pueden participar en el montaje del acuario, van a tener que medir y controlar los parámetros necesarios, deben implicarse en la búsqueda de especies y su instalación en el mismo, etc.). De este modo tomarán y anotarán los datos de manera rigurosa, observarán *in situ* el modo de vida de los bivalvos, podrán plantear hipótesis para explicar los procesos que vean en el acuario y comparar el modo de vida de los organismos vivos con sus restos fósiles. Por otro lado, el acuario va a permitir aplicar los conocimientos adquiridos, tanto en la asignatura que se desarrolle la experiencia como de otras materias cursadas, utilizando para ello una metodología totalmente práctica, lo que suele aumentar la motivación para los alumnos y acercarlos de una manera atractiva al mundo de los fósiles.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se enmarca en los proyectos 06/0092/2003 y GR/AMB/0036/2004 (Dir. Gral. de Invest. Com. Madrid) y BOS2002-3220/ (Subdir. Gral. de Proyectos de Invest., Dir. Gral de Invest. del M.E.C.). Agradecemos la colaboración del Dr. Enrique Villas que nos proporcionó organismos que habitaron en el acuario, y de Raúl Fernández que cuidó muy bien del mismo durante algunos periodos de tiempo. Las fotografías de los fósiles de la figura 1 han sido realizadas por el Servicio de Paleontología de la Universidad de Zaragoza. Por último, agradecemos las sugerencias de las revisoras I. Cólera y E. Fernández.

Bibliografía

- FECHTER, R. & FALKNER, G. 1993. *Moluscos. Moluscos europeos marinos y de interior*. Ed. Blume Naturaleza, Barcelona, 287 pp.
- PARODI, R y SENÈS, L. 1997. *Acuario marino. Guía para elegir y cuidar los moluscos, crustáceos y otros invertebrados*. Ed. de Vecchi, 157 pp.
- RUDWICK, M.J.S. 1964. The function of zigzag deflections in the commissures of fossil brachiopods. *Palaeontology*, 7: 135-171.
- STANLEY, S.M. 1970. Relation of Shell Form to Life Habits in the Bivalvia (Mollusca). *The Geological Society of America, Memoir*, 125, 296 pp.
- Ley Orgánica 10/2002 de Calidad de la Educación, de 23 de diciembre (B.O.E. nº 307 de 24 de diciembre de 2002)
- Ley Orgánica 1/1990 de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (B.O.E. nº 238 de 4 de octubre de 1990)
- PEDRINACI, E. 2002a. Los conocimientos geológicos en la ESO: un análisis del nuevo currículo. *Alambique*, 33: 49-58.
- PEDRINACI, E. 2002b. La geología en el Bachillerato: un análisis del nuevo currículo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10 (2): 125-133.
- <http://www.ne.jp/asahi/dexter/sinister/Bentos/frame/MytGal.html>
- <http://www.thais.it/conchiglie/default.htm>

Registro paleoambiental de los estadios isotópicos 8 y 9 (Pleistoceno Medio) en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real)

Miriam Dorado Valiño¹, Ana Valdeolmillos Rodríguez¹, Ana M. Alonso Zarza²
y M. Blanca Ruiz Zapata¹.

1. Departamento de Geología. Universidad de Alcalá. Edificio de Ciencias. Campus Universitario. 28871 Alcalá de Henares. Madrid. miriam.dorado@uah.es

2. Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de CC. Geológicas. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. alonsoza@geo.ucm.es

Dorado Valiño, M., Valdeolmillos Rodríguez, A., Alonso Zarza, A. M. y Ruiz Zapata, M. B. 2005. Registro paleoambiental de los estadios isotópicos 8 y 9 (Pleistoceno Medio) en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real). [Palaeoenvironmental record of oxygen isotopic stages 8 and 9 (Middle Pleistocene) in "Las Tablas de Daimiel" National Park (Ciudad Real).]

ABSTRACT

"Las Tablas de Daimiel" National Park contains a very continuous sedimentary record, which was studied in a drill hole that penetrated 38.5 m of shallow-lake and fluvial deposits. In this work we present the results from the palynological analyses as well as the $\delta^{18}\text{O}$ record for the Part I (12,91-21,86 m) of the sedimentary sequence. Chronologically, Part I of the sequence has been assigned to OIS 8 and OIS 9 by means of dates provided by amino acid racemization analysis and also comparing its $\delta^{18}\text{O}$ curve with other $\delta^{18}\text{O}$ curves that are well-established by different authors. The base of Part I corresponds to OIS 10 and the uppermost interval could probably correspond to the two first sub-stages of OIS 7.

KEY WORDS: PALAEOPALYNOLOGY, MIDDLE PLEISTOCENE, $\delta^{18}\text{O}$, "TABLAS DE DAIMIEL", CIUDAD REAL.

RESUMEN

El Parque Nacional de las Tablas de Daimiel contiene un registro sedimentario continuo de 38,5 m de potencia. En este trabajo se presentan los resultados del análisis palinológico así como el registro de $\delta^{18}\text{O}$ para el tramo comprendido entre los 12,91 y los 21,86 m de la secuencia (Tramo I).

Mediante dataciones por racemización de aminoácidos así como por correlación de la curva de $\delta^{18}\text{O}$ con curvas establecidas por diversos autores se puede asignar esta parte de la secuencia a los estadios isotópicos 8 y 9, correspondiendo el nivel basal al final del E.I 10 y la parte más superior, probablemente, a los dos primeros subestadios del E.I. 7.

PALABRAS CLAVE: PALEOPALINOLOGÍA, PLEISTOCENO MEDIO, $\delta^{18}\text{O}$, TABLAS DE DAIMIEL, CIUDAD REAL.

INTRODUCCIÓN

El análisis de series paleoclimáticas como una herramienta para la comprensión de las variaciones climáticas actuales es un hecho ampliamente establecido.

Por otro lado, el estudio de las zonas húmedas ha alcanzado en las últimas décadas un desarrollo considerable, ya sea por su importancia como ecosistema o como registros continuos y muy sensibles a las variaciones climáticas. Estos estudios se han abordado desde muy diversas perspectivas (ecológica, botánica, hidrológica), pero su estudio como registro paleoclimático se ha enfocado principalmente a partir de estudios palinológicos, sedimentológicos y geoquímicos.

Este trabajo se ha desarrollado dentro de ambas perspectivas: el análisis de una serie paleoclimática obtenida en una de las zonas húmedas más importantes de España, el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, provincia de Ciudad Real (Fig. 1).

Las Tablas de Daimiel se ubican en la Llanura Manchega occidental, en el límite meridional de la Submeseta Sur Ibérica.

El comportamiento tectónico subsidente de la región impide la formación de una red de drenaje bien desarrollada. A ello se añaden unas características climáticas semiáridas (las precipitaciones oscilan entre 350 y 450 mm anuales y la Evapotranspiración potencial (ETP) anual es del orden de 850 mm), con marcada estacionalidad, dando

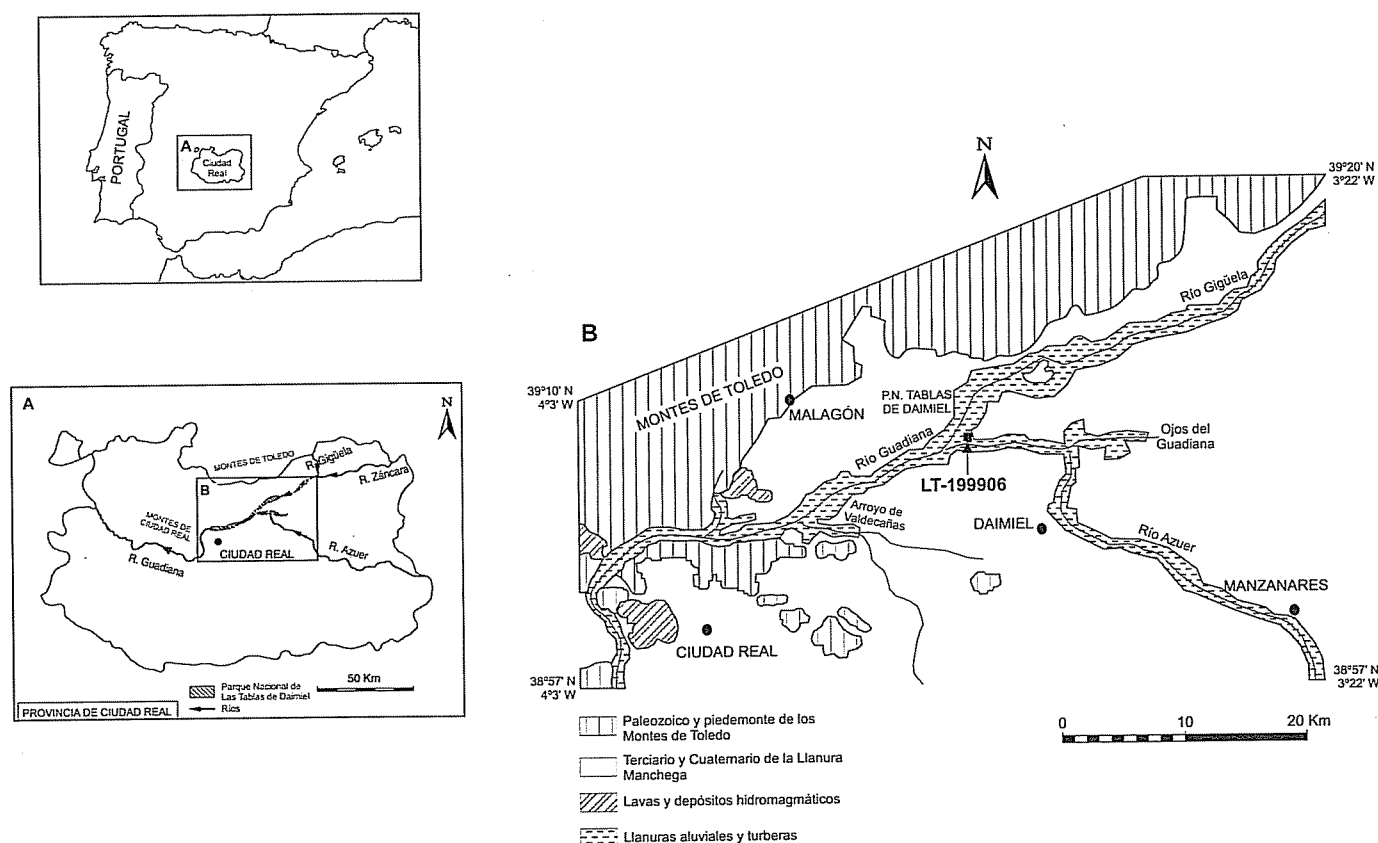


Figura 1
Situación geográfica de la zona de estudio y ubicación del depósito estudiado (LT-199906).

Figure 1
Studied area and core LT-199906 geographical location.

lugar a la formación de llanuras áridas, con un sistema de terrazas fluviales poco desarrolladas, caudales irregulares y aportes de aguas subterráneas. Estos hechos hacen que las características fisiográficas más relevantes del área sean el fenómeno endorreico y el drenaje insuficiente (Rodríguez García & Pérez-González, 1999).

Desde el punto de vista hidrogeológico, pese a ser una de las regiones peninsulares con menos recursos hídricos, representa uno de los mejores ejemplos de interrelación entre aguas superficiales y subterráneas, dando lugar al desarrollo de humedales que constituyen la Mancha Húmeda, declarada Reserva de la Biosfera en 1980 dentro del programa M.A.B de la UNESCO.

Una parte importante de esa Mancha Húmeda la constituye el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (PNTD), que figura en la lista de las Zonas Húmedas de Interés Internacional (Convenio de Ramsar, U.I.C.N.) desde 1982. Las Tablas de Daimiel se constituyen en la llanura de inundación que generan los ríos Guadiana y Gígüela en su confluencia, por el encharcamiento de amplias zonas como consecuencia del desbordamiento de ambos ríos y la

surgencia de aguas subterráneas. Estos tipos de sistemas acuáticos no son sólo poco frecuentes en la Península Ibérica sino en el resto del mundo (Álvarez Cobelas *et al.*, 1996), uniéndose a ello la peculiaridad de desarrollarse con un clima semiárido.

La secuencia sedimentaria analizada (LT-199906) tiene una potencia de 38,5 m, de los que hasta el momento se han estudiado en detalle los 21,86 m superiores. En estos 21,86 m se diferencian dos grandes tramos desde el punto de vista litológico (Fig. 2). La parte superior de la secuencia o Tramo II, de 12,90 metros de potencia, está formada por una sucesión de niveles carbonáticos con texturas variadas. La proporción de niveles endurecidos es relativamente alta en comparación con el tramo inferior. Los carbonatos dominantes son calizas biomicríticas con fragmentos de gasterópodos y caráceas. Intercalados con estos niveles biomicríticos se reconocen canales erosivos, actualmente muy litificados, de intraclastos relativamente gruesos y granos de cuarzo.

La parte inferior de la secuencia o Tramo I, con una potencia de 8,96 m, representa la parte más compleja del

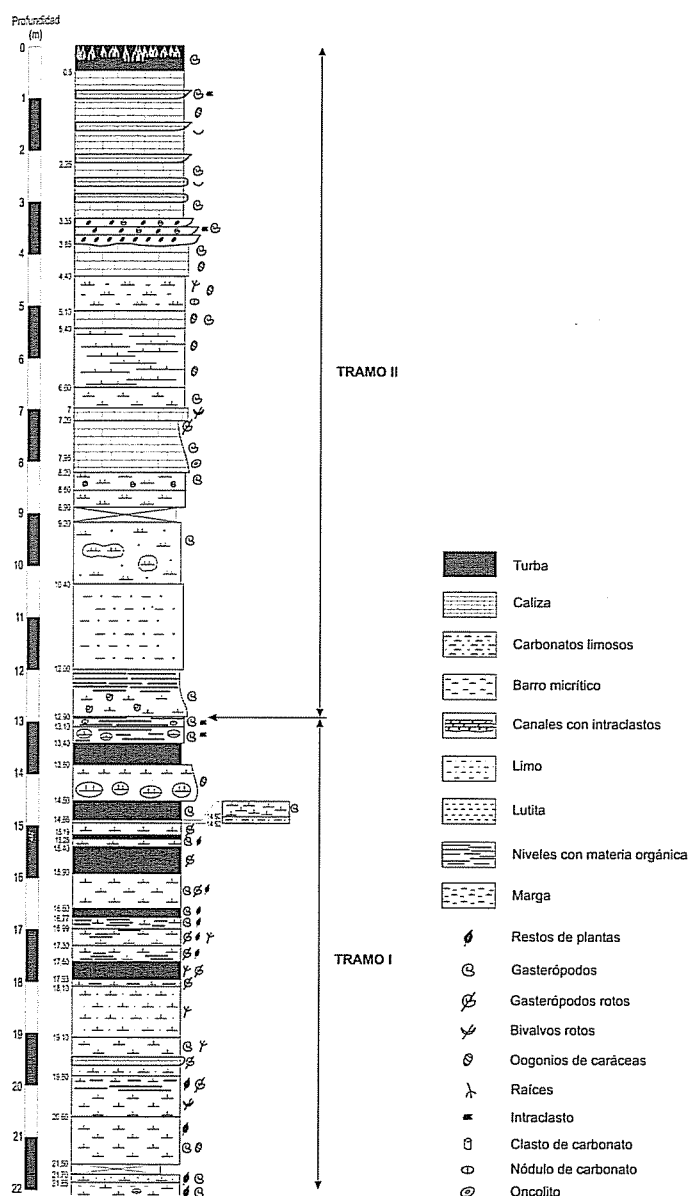


Figura 2
Columna estratigráfica de los Tramos I y II del testigo LT-199906.

Figure 2
Lithology of the sediments from Parts I and II of LT-199906 core.

testigo. Está constituido por niveles decimétricos de carbonatos blancos con gasterópodos, caráceas y en ocasiones restos vegetales, que alternan con niveles muy oscuros ricos en materia orgánica (turbas). Los niveles de turba contienen restos de gasterópodos fragmentados y se presentan como niveles bien diferenciados o como pequeños lentejones dentro de las otras facies. Hay algunos niveles lutíticos y margosos con nódulos de carbonato.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el análisis del Tramo I, comprendido entre los 12,90 y 21,86 m.

METODOLOGÍA

Las muestras han sido tratadas químicamente en el Laboratorio de Palinología de la Universidad de Alcalá, mediante un protocolo obtenido tras sucesivas modificaciones del inicialmente propuesto por Sittler (1955).

Este protocolo se basa en el tratamiento de los sedimentos por medio de ácidos y álcalis para la extracción de los granos de polen; posteriormente, se ha sometido al residuo a técnicas de enriquecimiento. La concentración de los granos de polen se realiza mediante la flotación de éstos en un líquido de alta densidad. El licor denso utilizado ha sido el licor de Thoulet preparado según Girard & Renault-Miskovsky (1969), con una densidad mayor de 2.

Para la representación gráfica de los datos se ha elaborado el diagrama polínico, utilizando los programas informáticos TILIA, TILIA-GRAPH y TGView 1.6.2 (© Eric C. Grimm). El diagrama polínico representa gráficamente los porcentajes relativos de todos los taxones identificados en cada una de las muestras, proporcionando una imagen espectral de la expresión polínica de la vegetación en cada momento. En abscisas se representa el porcentaje relativo de los taxones presentes en cada muestra y el porcentaje relativo de polen arbóreo frente a los de arbustivo y herbáceo. En ordenadas se representa la profundidad de las muestras. Así, pueden observarse tanto los cambios en la representación de cada taxón a lo largo de todo el registro como la composición cuantitativa y cualitativa de cada muestra.

Los taxones polínicos identificados se han diferenciado en arbóreos (PA), arbustivos, herbáceos y acuáticos. También se han identificado esporas monoletas y esporas triletas.

El cálculo de los porcentajes relativos de los taxones arbóreos, arbustivos y herbáceos, se ha realizado a partir de la Suma Base (arbóreos + arbustivos + herbáceos).

El cálculo de los porcentajes relativos de los taxones acuáticos, esporas y otros palinomorfos se ha realizado a partir de la Suma Total (arbóreos + arbustivos + herbáceos + acuáticos + esporas).

Los análisis del $\delta^{18}\text{O}$ en calcita se han realizado en el Servicio de Análisis de Isótopos Estables de la Estación Experimental del Zaidín (CSIC-Granada). Se analizaron 39 muestras pero en 11 no se obtuvieron medidas de $\delta^{18}\text{O}$ debido a la elevada cantidad de materia orgánica.

CRONOLOGÍA

Para establecer la cronología del depósito se realizaron en primer lugar 2 dataciones radiométricas de ^{14}C en el Radiocarbon Dating Service de Beta Analytic Inc. (Florida, U.S.A.).

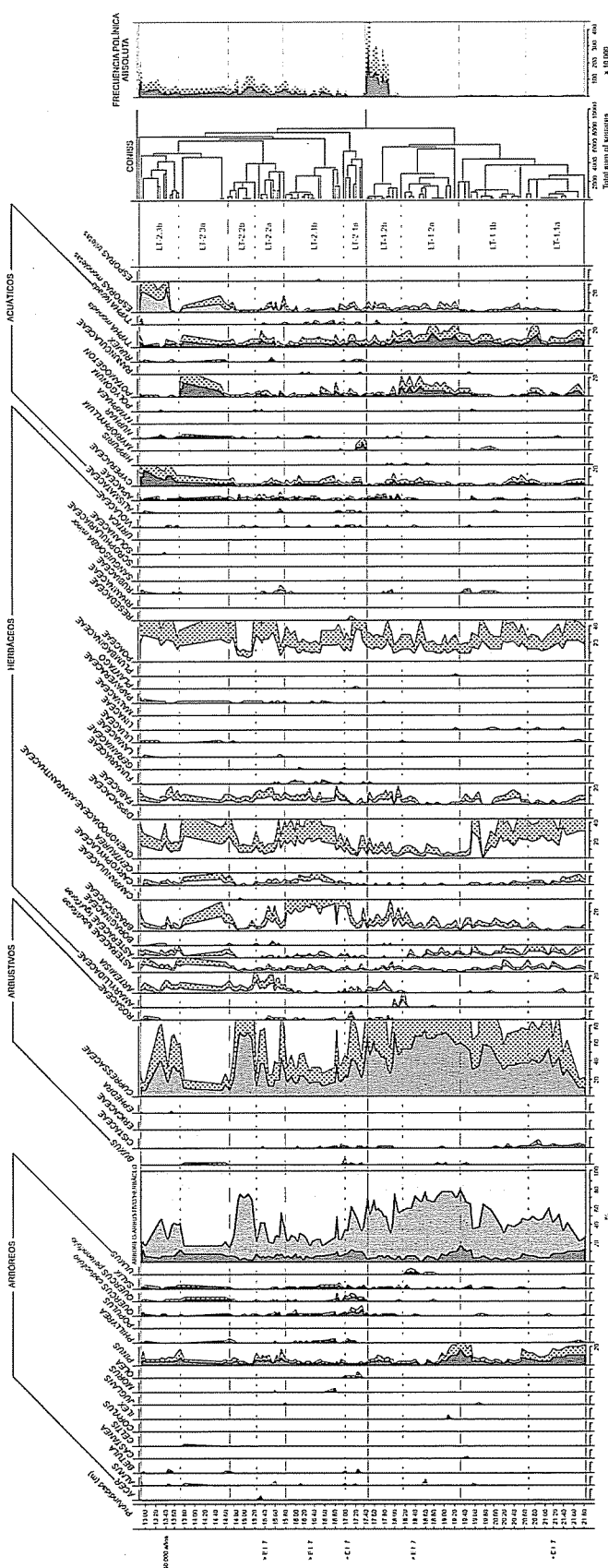


Figura 3
Diagrama Polínico del Tramo-I del testigo LT-199906 (Tablas de Daimiel).

Figure 3
Pollen Diagram from Part I of LT-199906 core (Tablas de Daimiel).

Los resultados indicaron que la edad de las muestras estaba fuera del rango de determinación del ^{14}C (Tabla 1).

NÚMERO DE REFERENCIA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	EDAD (AÑOS B.P.)
B 132973	LT-84	13,28	> 44.940 (radiocarbon dead)
B 132974	LT-124	16,57	> 41.850 (radiocarbon dead)

Tabla 1
Dataciones de ^{14}C .

Table 1
Radiocarbon dates in the LT-199906 core

Dado que a partir del metro 13 del registro la edad de las muestras sobrepasaba el rango de medición del ^{14}C , se realizó una datación radiométrica de U/Th en el laboratorio del Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" (Barcelona) del CSIC.

La muestra que se dató fue la LT-86, a 13,42 m de profundidad, y el resultado radiométrico obtenido fue de 180.000 años (com. pers. Ramón Juliá).

Ante la posibilidad de que la datación por U/Th no fuera muy fiable, debido a que el sistema se hubiera comportado como abierto y por tanto se hubiera perdido uranio por solubilidad, o bien que, por aportes detríticos hubiera habido aporte de torio, se realizaron dataciones por racemización de aminoácidos.

Se seleccionaron gasterópodos en cinco niveles (Tabla 2) que fueron determinados por el Dr. D. Fernando Robles de la Universidad de Valencia.

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	GASTERÓPODOS
LT-105	15,39	<i>Pseudotachea splendida</i> (Draparnaud, 1801)
LT-120	16,30	<i>Planorbis metidjensis</i> (Forbes, 1838)
LT-130	17,05	<i>Planorbis metidjensis</i> (Forbes, 1838)
		<i>Hydrobia</i> sp.
		<i>Stagnicola cf. fuscus</i> (C. Pfeiffer, 1821)
LT-155	18,35	<i>Planorbis metidjensis</i> (Forbes, 1838)
LT-188	21,18	<i>Anisus</i> sp.

Tabla 2.
Relación de gasterópodos utilizados para la racemización.

Table 2
Gastropods of LT-199906 core used for amino acid racemization analyses.

Los análisis de racemización se realizaron en el laboratorio North East Amino Acid Racemization (NEAAR) de la Universidad de York (Reino Unido). Se realizaron 52 análisis y en todos ellos la mayoría de los aminoácidos habían alcanzado el equilibrio, permitiendo calcular sólo una edad mínima. Basándose en las estimaciones de temperatura para el área de estudio, NEAAR estimó que las muestras analizadas son más antiguas que el estadio isotópico 7.

REGISTRO POLÍNICO

El Diagrama Polínico LT-Tramo I (Fig. 3) muestra el registro polínico del sondeo LT desde los 21,86 m hasta los 12,90 m de profundidad. En general, la zonación polínica diferencia 2 grandes zonas: LT-1 (21,86 m - 17,45 m), con dominio del polen de taxones arbustivos (PAB), principalmente Cupressaceae; y LT-2 (17,45 m - 12,90 m), caracterizada tanto por el dominio del polen de taxones herbáceos (PH) como por presentar una mayor diversidad taxonómica respecto a la zona polínica LT-1. Ambas registran unos bajos porcentajes de polen de taxones arbóreos (PA), inferiores al 20%, en los que *Pinus* está representado a lo largo de todo el Tramo I, siendo el elemento arbóreo dominante en la zona polínica LT-1. En la zona polínica LT-2 junto a *Pinus* adquieren mayor desarrollo otros taxones arbóreos, como es el caso de *Quercus* tipo perennifolio, *Quercus* tipo caducifolio, *Salix*, *Phillyrea* y *Alnus*.

Zona Polínica LT-1 (21,86 m - 17,45 m)

Está caracterizada por el dominio de polen de taxones arbustivos (PAB), con valores entre el 10% y el 75% debidos casi exclusivamente a Cupressaceae, acompañado por porcentajes inferiores al 10% de Cistaceae, Ericaceae y Rosaceae. El polen arbóreo (PA) registra valores inferiores al 20%, siendo *Pinus* el taxón arbóreo dominante y estando sólo acompañado de forma discontinua por valores muy bajos de ambos tipos de *Quercus*, *Salix* y *Ulmus*. El polen de taxones herbáceos (PH) presenta valores superiores al 25% en toda la zona polínica, llegando a alcanzar en ocasiones porcentajes elevados (60%-80%). Los principales taxones herbáceos registrados son Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Fabaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, *Artemisia* y ambos tipos de Asteraceae. Los valores de Poaceae también son altos (siempre superiores al 10%), pero teniendo en cuenta que *Phragmites australis* (carrizo) es una gramínea (Poaceae) con un gran desarrollo en Las Tablas en la actualidad, es difícil discernir si dichos valores representan a la vegetación herbácea regional o a la vegetación higrófila local, propia de estos humedales. En cuanto al componente acuático (PAC), Cyperaceae, *Potamogeton* y *Typha* mónada son los taxones que presentan curvas continuas a lo largo de esta zona polínica.

Esta zona se inicia, en el nivel LT-1.1a, con una vegetación constituida por Cupressaceae y elementos xerófilos y esteparios como Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Asteraceae y *Artemisia*. La vegetación arbórea es relativamente escasa, siendo *Pinus* prácticamente el único componente. En el nivel LT-1.1b se detecta una tendencia al aumento en la representación de Cupressaceae y un progresivo retroceso de los elementos xerófilos y estépicas. También se detecta una presencia relativamente continua de *Quercus* tipo perenni-

folio y una marcada disminución en los valores de *Pinus*. Este cambio en la composición cualitativa de la vegetación se hace más patente en el nivel LT-1.2a en el que se observa el dominio de Cupressaceae en detrimento de la vegetación xerófila y estépica. Asimismo, se observa una mayor presencia en la vegetación regional de elementos termófilos (*Quercus* tipo perennifolio) y mesófilos (*Ulmus* e *Ilex*), mientras que los porcentajes de *Pinus* son aún más bajos que en el nivel anterior.

El nivel LT-1.2b muestra una ligera tendencia a valores más bajos de Cupressaceae y más altos de elementos xerófilos y estépicas, y de *Pinus*. En este nivel hay que destacar la elevada frecuencia polínica absoluta (FPA), con un valor medio de 1.200.000 granos de polen/g de muestra, mientras que los niveles anteriores presentan un valor medio de FPA, respectivamente y de abajo a arriba, de 5.000, 20.000 y 1.000 granos de polen/g de muestra (Fig. 3). Estas elevadas FPA indican un importante aumento en el grado de recubrimiento vegetal, principalmente de Cupressaceae, con respecto a los niveles anteriores.

Zona Polínica LT-2 (17,45 m - 12,90 m)

La zona polínica LT-2 está caracterizada por el dominio de PH con valores superiores al 50%, llegando a alcanzar porcentajes del 80%, excepto entre 14,80 m y 15,20 m donde se produce un retroceso importante debido a un aumento brusco de Cupressaceae. En general, el PAB registra valores inferiores al 30% y el PA se mantiene en torno a valores del 10%. Como ya se dijo anteriormente, otra característica importante de esta zona polínica es que presenta una mayor diversidad taxonómica respecto a la zona polínica LT-1. Así, *Pinus* pasa a ser un elemento secundario en PA, al adquirir mayor desarrollo otros taxones, como ambos tipos de *Quercus*, *Salix* y *Alnus*, y al aparecer nuevos taxones respecto a la zona polínica LT-1, como *Phillyrea*, con representación casi continua en toda la zona polínica, *Olea*, *Celtis* y *Betula*. Respecto al PH también se observa la mayor diversidad taxonómica, con la aparición de taxones como Papaveraceae o Fumariaceae y la mayor representación de otros ya existentes como Liliaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae o Violaceae. Hay que destacar el desarrollo que adquiere *Artemisia* respecto a la zona LT-1. El PAC está representado por curvas continuas de Cyperaceae, *Potamogeton*, *Typha* mónada y Apiaceae y por un desarrollo más continuo de *Typha* tétrada y Alismataceae.

El inicio de esta zona (Nivel LT-2.1a), se caracteriza por los importantes retrocesos de Cupressaceae y *Pinus*, y por un ligero desarrollo de elementos mesófilos y frescos, como *Quercus* tipo caducifolio, *Betula* y Rosaceae, y termófilos-xerófilos como *Quercus* tipo perennifolio, *Olea* y *Phillyrea*. Las FPA son menores que en el nivel anterior pero presentan también valores bastante altos (valor promedio de

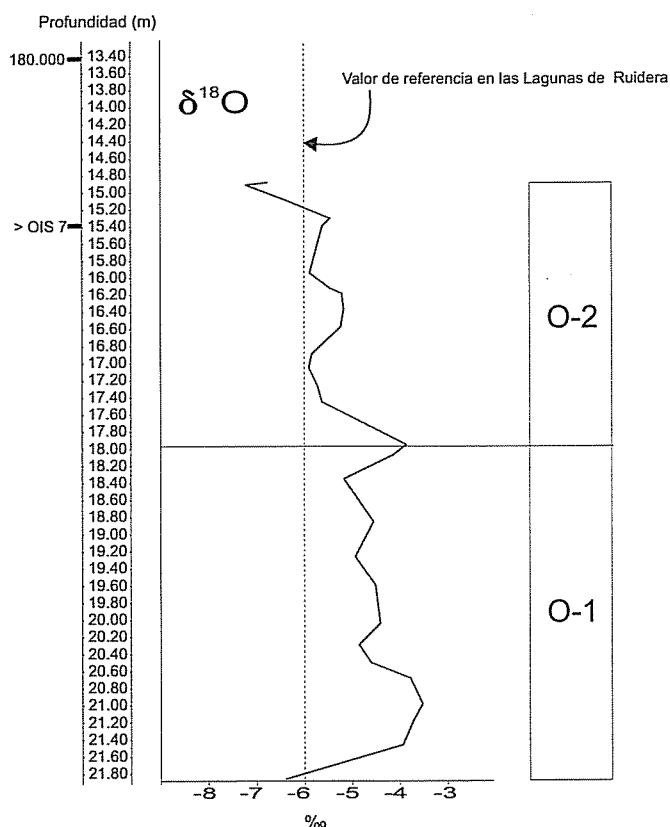


Figura 4
Registro isotópico de $\delta^{18}\text{O}$ del Tramo I de la secuencia LT-199906.

Figure 4
 $\delta^{18}\text{O}$ record from Part I of LT-199906 sequence.

400.000 granos de polen/g de muestra) que se mantendrán prácticamente constantes a lo largo de toda la zona.

El nivel LT-2.1b muestra el dominio de una vegetación xerófila y estépica, con elementos mesófilos, frescos y termófilos presentes en la vegetación regional. Los valores de Cupressaceae han descendido considerablemente y *Pinus* se mantiene como en el nivel anterior, aunque con una ligera tendencia hacia valores algo más altos. Posteriormente, en el nivel LT-2.2a, los elementos xerófilos y estépicos siguen dominando en la vegetación, aunque en este caso se observa un mayor desarrollo de *Artemisia* y valores más bajos de Chenopodiaceae-Amaranthaceae. También se detectan valores más altos de *Pinus* y una tendencia hacia el aumento de los porcentajes de Cupressaceae. Los elementos mesófilos, frescos y termófilos siguen estando presentes en la vegetación regional.

El nivel LT-2.2b muestra un importante cambio en la vegetación: Cupressaceae aumenta hasta valores del 80%, disminuyen considerablemente los elementos xerófilos y esteparios, y también se observa una menor representación de *Pinus* y de los elementos mesófilos, frescos y termófilos.

En el nivel LT-2.3a nuevamente se produce una expansión de la vegetación estépica, debida fundamentalmente al aumento de Chenopodiaceae-Amaranthaceae y Asteraceae, y un descenso brusco de Cupressaceae. Los elementos mesófilos como *Quercus* tipo caducifolio y termófilos como *Quercus* tipo perennifolio, *Phillyrea* y *Buxus*, tienen una mayor representación en la vegetación regional. Por último, el nivel LT-2.3b muestra una nueva expansión de Cupressaceae en detrimento de los elementos xerófilos y estépicos. En la vegetación regional hay una mayor representación de *Pinus*, con respecto al nivel anterior, y menor representación de *Quercus* tipo caducifolio, *Quercus* tipo perennifolio y *Phillyrea*.

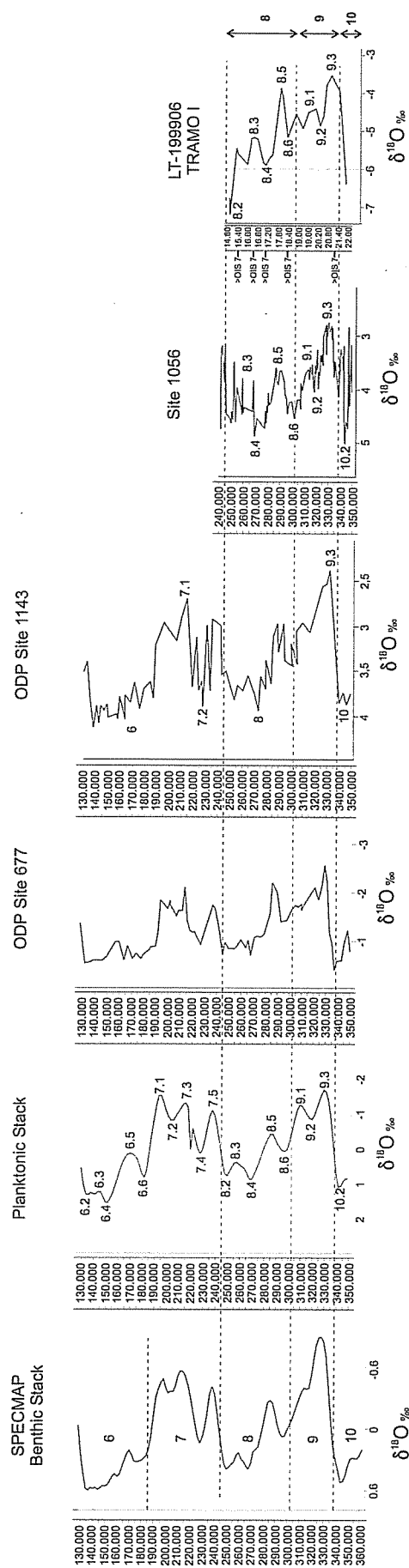
REGISTRO DEL $\delta^{18}\text{O}$ Y CRONOLOGÍA ISOTÓPICA

En el Tramo I del testigo LT-199906 los valores de $\delta^{18}\text{O}$ oscilan entre -7,24‰ y -3,49‰ (Fig. 4). En general se pueden definir dos fases, una inferior (O-1) en la que partiendo de un valor de -6,41‰ hay un aumento hasta -3,91‰, momento a partir del cual la curva se mantiene más o menos constante con valores en torno a -4‰ - -5‰ hasta los 17,95 m (muestra LT-149). A partir de este momento se inicia la segunda fase (O-2) que muestra una tendencia hacia valores cada vez más negativos, alcanzando -7,24‰ a 14,91 m (muestra LT-98).

Los únicos valores $\delta^{18}\text{O}$ de referencia casi actuales de los que se dispone se obtuvieron en sedimentos carbonáticos de las Lagunas de Ruidera (Ruiz Zapata *et al.*, 2001). Los valores obtenidos fueron de -6‰ en una muestra con una edad de 1.500 ± 60 años BP (Beta-110546); y -6,3‰ en una muestra con una edad de 1.460 ± 60 años BP (Beta-110547). Teniendo en cuenta estos valores, podemos observar que en la mayor parte del registro isotópico, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ son menos negativos que los referentes casi actuales, alcanzándose en la parte superior valores más negativos que los de referencia en Ruidera.

Las dataciones mediante racemización de aminoácidos y radiométricas de ^{14}C y U/Th nos permiten asignar el Tramo I al Pleistoceno Medio. Sin embargo, establecer una cronología más precisa de acuerdo con las edades obtenidas resulta problemática, ya que sólo podríamos decir que el Tramo I está fuera del rango de determinación del ^{14}C , que la muestra LT-86 (13,42 m) tiene una edad de aproximadamente 180.000 años y que a partir de los 15,39 m de profundidad hasta la base el registro es anterior al estadio isotópico 7. Por ello, se ha intentado establecer una cronología en base al registro del $\delta^{18}\text{O}$ obtenido en este depósito.

La historia del $\delta^{18}\text{O}$ en foraminíferos, tanto planctónicos como bentónicos, y en los sondeos de hielo árticos y antárticos, se ha convertido en la actualidad en una herramienta



imprescindible, tanto para establecer correlaciones estratigráficas a nivel mundial como para poder evaluar la evolución de la acumulación de hielo en los casquetes polares (Bardaji Azcárate, 1998).

La cronoestratigrafía a partir de isótopos de oxígeno es prácticamente equivalente en todos los océanos así como en el Mediterráneo (Bardaji Azcárate, 1998). Además, los grandes avances experimentados en este campo han permitido obtener sondeos más profundos y de mayor resolución.

La curva de $\delta^{18}\text{O}$ para el Tramo I de la secuencia LT-199906 se ha correlacionado con cinco curvas isotópicas de sondeos oceánicos:

SPECMAP Benthic Stack (Imbrie *et al.*, 1992)

SPECMAP Planktonic Stack (Imbrie *et al.*, 1984)

ODP Site 677 (Shackleton *et al.*, 1990)

ODP Site 1143 (Tian *et al.*, 2002)

Site 1056 (Franz & Tiedemann, 2002)

Al comparar nuestra curva con las anteriormente citadas se observó que se podía correlacionar con los estadios isotópicos (E.I.) 10, 9 y 8 (Fig. 5). Así, el intervalo entre 21,86 y 21,46 m correspondería al final del E.I. 10, el intervalo entre 21,46 y 18,85 m al E.I. 9 y el intervalo entre 18,85 y 14,88 m al E.I. 8.

Además, dentro de cada uno de los dos últimos intervalos se detectan variaciones en la curva que, como se puede observar en la figura 5, se correlacionan con los diferentes subestadios de los E.I. 9 y 8. De esta manera, el máximo detectado a 20,98 m correspondería al subestadio 9.3, el mínimo a 20,29 m al subestadio 9.2 y los siguientes máximos, entre 20,04 y 18,85 m, al subestadio 9.1. En cuanto al E.I. 8, el mínimo a 18,35 m correspondería al subestadio 8.6, el máximo a 17,95 m al 8.5, el mínimo a 17,05 m al 8.4, el intervalo entre 16,89 y 15,30 m al 8.3 y el mínimo a 14,91 m al 8.2.

REGISTRO PALEOAMBIENTAL

Teniendo en cuenta la cronología establecida, la zona polínica LT-1 del Tramo I de la secuencia LT-199906 registra el final del estadio isotópico 10, el estadio isotópico 9 (subestadios isotópicos 9.3, 9.2 y 9.1) y los subestadios 8.6 y 8.5 de E.I. 8 (Fig. 6). Representa una etapa con temperaturas superiores a las actuales salvo la parte basal que pertenece al E.I. 10.

Figura 5
Cronología isotópica para el Tramo I de la secuencia LT-199906.

Figure 5
Isotopic chronology for Part I of LT-199906 sequence.

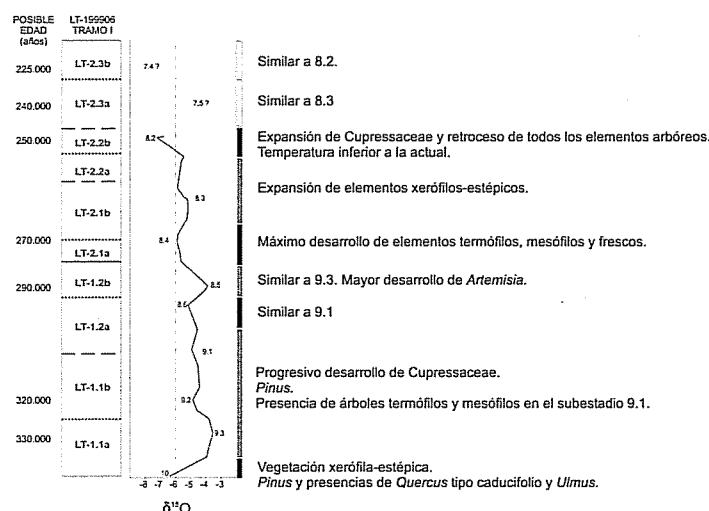


Figura 6.

Cuadro síntesis de la secuencia paleoambiental de los estadios isotópicos 8 y 9 (Pleistoceno Medio) en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

Figure 6

Synthesis chart showing the paleoenvironmental sequence during the isotopic stages 8 and 9 (Middle Pleistocene) in "Las Tablas de Daimiel" National Park.

El final del E.I. 10 estaría caracterizado por una vegetación xerófila-estépica. La vegetación arbórea estaría constituida por *Pinus* y presencias de *Quercus* tipo caducifolio y *Ulmus*.

En el E.I. 9 se produce un progresivo desarrollo de Cupressaceae. *Pinus* sigue siendo prácticamente el único elemento arbóreo, aunque hay que destacar la presencia de árboles termófilos y mesófilos en el subestadio 9.1.

El subestadio 8.6, desde el punto de vista de la vegetación, es similar al 9.1, y el 8.5 es similar al 9.3 aunque con mayor desarrollo de *Artemisia*.

La zona LT2 representaría una etapa con temperaturas similares a las actuales o inferiores y registra los subestadios isotópicos 8.4, 8.3 y 8.2.

Durante el subestadio 8.4 se produce el máximo desarrollo de elementos termófilos, mesófilos y frescos, en el 8.3 se produce una nueva expansión de elementos xerófilos-estépico y en el 8.2 vuelve a haber una expansión de Cupressaceae y retroceso de todos los elementos arbóreos. En este último subestadio la temperatura fue inferior a la actual.

Aunque no se dispone de registro de $\delta^{18}\text{O}$ de la parte superior del Tramo I, por la composición de la vegetación esta zona podría corresponder al estadio isotópico 7. El Nivel LT-2.3a presenta una vegetación similar a la del subestadio 8.3, por lo que podría corresponder al subestadio 7.5. Asimismo, la vegetación del Nivel LT-2.3b es similar a la del subestadio 8.2 por lo que podría representar al subestadio isotópico 7.4.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica (DGICYT), proyecto BTE-2000-0779.

Bibliografía

- ÁLVAREZ COBELAS, M.; VERDUGO, M. & CIRUJANO, S. 1996. Geografía y morfometría. En: *Las Tablas de Daimiel. Ecología acuática y sociedad*. Eds. M. Álvarez Cobelas & S. Cirujano, Publicaciones del Organismo Autónomo Parques Nacionales - Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 23-29.
- BARDAJÍ AZCÁRATE, T. 1998. *Evolución geomorfológica durante el Cuaternario de las cuencas neógenas litorales del sur de Murcia y norte de Almería*. Tesis Doctoral (Inédita). Universidad Complutense, Madrid, 491 pp.
- FRANZ, S.O. & TIEDEMANN, R. 2002. Depositional changes along the Blake-Bahama Outer Ridge deep water transect during marine isotope stage 8 to 10 - links to the Deep Western Boundary Current. *Marine Geology*, 189 (1-2): 107-122.
- GIRARD, M. & RENAULT-MISKOVSKY, J. 1969. Nouvelles techniques de préparation en palynologie appliquées à trois sédiments du Quaternaire final de l'abri Cornille (Istres, Bouches-du-Rhône). *Bulletin de la Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 4: 275-284.
- IMBRIE, J.; HAYS, J.D.; MARTINSON, D.G.; MCINTYRE, A.; MIX, A.C.; MORLEY, J.J.; PISIAS, N.G.; PRELL, W.L.; SHACKLETON, N.J. (1984): The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine ^{18}O record. En: *Milankovitch and Climate*. Eds. A. Berger, J. Imbrie, G. Kukla, B. Salyzman, part I: 269-305. NATO ASI Series. November.
- IMBRIE, J.; BOYLE, E.A.; CLEMENS, S.C.; DUFFY, A.; HOWARD, W.R.; KUKLA, G.; KUTZBACH, J.; MARTINSON, D.G.; MCINTYRE, A.; MIX, A.C.; MOLFINO, B.; MORLEY, J.J.; PETERSON, L.C.; PISIAS, N.G.; PRELL, W.L.; RAYMO, M.E.; SHACKLETON, N.J.; TOGGWEILER, J.R. 1992. On the structure and origin of major glaciation cycles, 1. Linear responses to Milankovitch forcing. *Paleoceanography*, 7 (6): 701-738.
- RODRÍGUEZ GARCÍA, J.A. & PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1999): Clasificación geomorfológica de los humedales y fondos endorreicos de La Mancha centro-occidental. *Geogaceta*, 19:
- RUIZ ZAPATA, M.B.; DORADO VALIÑO, M.; BUSTAMANTE GUTIÉRREZ, I.; VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ, A.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; GIL GARCÍA, M.J.; RODRÍGUEZ GARCÍA, J.A.; BARDAJÍ AZCÁRATE, T.; TÚBAL DE HITA FERNÁNDEZ, H.; MANZANAL CARMONA, M.V. 2001. *Evolución Climática en la Submeseta Sur durante el Cuaternario. Las Tablas de Daimiel y las Lagunas de Ruidera*. Informe Final del Proyecto Fundación Ramón Areces-Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, 128 pp + anexos.
- SHACKLETON, N.J.; BERGER, A.; PELTIER, W.R. 1990. An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 81: 251-261.
- SITTLER 1955. Méthodes et techniques physicochimiques de préparation des sédiments en vue de leur analyse pollinique. *Rev. I.F.P.*, 10, 2.
- TIAN, J.; WANG, P.; CHENG, X.; LI, Q. 2002. Astronomically tuned Plio-Pleistocene benthic ^{18}O record from South China Sea and Atlantic-Pacific comparison. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 203 (3-4): 1015-1029.

El patrimonio paleontológico en la enseñanza secundaria: problemática y sugerencias

M^a Dolores López-Carrillo¹, Amelia Calonge¹ y Guillermo Meléndez²

1. Dpto. de Geología. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares (Madrid) mariadolores.lopez@uah.es; a.calonge@uah.es

2. Dpto. de Geología (Paleontología). Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza. gmelende@unizar.es

M^a Dolores López-Carrillo, Amelia Calonge y Guillermo Meléndez 2005. El Patrimonio Paleontológico en la Enseñanza Secundaria: Problemática y Sugerencias. [The palaeontological heritage in secondary school educational texts: problems and suggestions.]

ABSTRACT

A quantitative analysis on the attention paid to geological and palaeontological heritage in secondary school texts reveals a virtual absence of direct references to heritage. However, geological heritage appears commonly treated and used indirectly, by means of the recurrent use of pictures of sites of geological and palaeontological interest and remarkable fossils, as an efficient educational tool to represent the main geological processes and the History of life on the Earth. This basic way of dealing with heritage (which may be described as level 1 of development) is characterised by the *selection and illustration of heritage-relevant points and sites*. An obvious consequence of the study should be to raise the treatment of heritage in secondary school texts to a higher concern (level of development 2) involving an *explicit mention of relevant and protected sites*, in order to create a deeper concern on their importance, unique character, risks, and need for protection and preservation. A further desirable progress in this sense could be reached by giving the geological and palaeontological heritage a wider treatment (level 3). This would involve showing the *general legal frame*, and the different legal development at international, national and regional, i.e. autonomic level, for the definition and protection of heritage. This information, easy to include and develop by means of a short supplementary chapter and/or tables would, no doubt, contribute to create a wider concern on the real value of heritage and its need for protection in secondary school students.

KEY WORDS: PALAEONTOLOGICAL HERITAGE, EDUCATIONAL TOOLS, SOCIAL CONCERN, SECONDARY SCHOOL TEACHING, SPAIN.

RESUMEN

El análisis cuantitativo realizado sobre los principales textos de Ciencias de la Naturaleza en 4º curso de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) revela una nula mención al patrimonio geológico o paleontológico. No obstante, se evidencia una utilización *de facto* del patrimonio como herramienta didáctica fundamental para ejemplificar los principales procesos geológicos y la historia y evolución de la vida sobre la Tierra, mediante la utilización frecuente de imágenes fotográficas de puntos de interés geológico y piezas paleontológicas museísticas. El tratamiento del patrimonio se sitúa en todos los casos en un nivel básico (nivel 1) que puede describirse como el de la *selección e ilustración de puntos señalados por su relevancia patrimonial*. Se resalta la conveniencia de ascender a un nivel mayor de concienciación (nivel 2) incluyendo una mención explícita del mismo con el objetivo de internalizar su valor, su carácter único e irrepetible, los riesgos y la necesidad de protegerlo. Por último, se apunta como deseable el tratamiento del patrimonio en un nivel superior (nivel 3) *mostrando el tratamiento legal* y el distinto desarrollo a nivel internacional, nacional y autonómico que recibe la sistematización y protección del patrimonio. Esta información, que podría incluirse fácilmente en forma de breves apartados o tablas complementarias, contribuiría sin duda de manera amplia a concienciar a los alumnos de Educación Secundaria sobre el valor del patrimonio y su necesidad de protección.

PALABRAS CLAVES: PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO, HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS, CONCIENCIACIÓN, ENSEÑANZAS NO UNIVERSITARIAS, ESPAÑA.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los trabajos sobre catalogación, conservación y protección del Patrimonio han experimentado un gran auge. Esto es debido por una parte al desarrollo de la legislación nacional y autonómica sobre patrimonio y por otra a la creciente preocupación social y de los colectivos profesionales sobre el impacto ambiental de las obras públicas. Todo ello condiciona el que cada vez sean más frecuentes los trabajos de investigación sobre este tema. En las Enseñanzas no universitarias sin embargo, los conceptos sobre el patrimonio geológico se encuentran prácticamente ausentes o reducidos a una serie de ilustraciones de lugares familiares y de casos o puntos de interés con objeto de ilustrar algunos procesos relevantes analizados en el texto. Similarmente, los aspectos relativos a la definición, legislación y protección del patrimonio paleontológico no aparecen mencionados en los libros de texto aunque es frecuente la utilización por los autores de figuras de ejemplares llamativos, espectaculares o conocidos, o de yacimientos paleontológicos de especial importancia.

El objetivo del presente trabajo es analizar los diversos aspectos del patrimonio geológico en general y paleontológico en particular y el tratamiento que éstos reciben en los libros de texto sobre Ciencias de la Naturaleza de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (E.S.O.) en España. Los libros de texto constituyen uno de los elementos fundamentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las materias científicas. En el caso particular de las Ciencias de la Tierra la relevancia de estos materiales es más significativa, ya que se trata de conocimientos de escasa repercusión social y tradicionalmente deficitarios, tanto en la enseñanza obligatoria como en la formación del profesorado. El análisis se ha centrado sobre el cuarto curso de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (E.S.O.) por ser éste el primer curso en el que se imparte una asignatura (*Biología y Geología*) de carácter optativo, que incluye contenidos específicos de las materias aquí tratadas. Los textos existentes de esta asignatura mantienen una relación aproximada de un 30 a 35 % de contenidos geológicos contra un 65 a 70 % de contenidos biológicos. Los contenidos de carácter más claramente paleontológico son desarrollados preferentemente en la parte geológica (centrados principalmente en el análisis del Registro Fósil o en la aportación de la Paleontología al conocimiento de la Historia de la Tierra) y también en parte en la biológica (centrados en el análisis de los problemas evolutivos). Se han analizado un total de 8 textos de otras tantas editoriales. Asimismo, se ha contado con un texto específico de Geología de Bachillerato, como fuente complementaria, para utilizarlo como material de comparación.

IMPORTANCIA DIDÁCTICA Y SOCIAL DEL PATRIMONIO

Los aspectos relativos al patrimonio constituyen el nexo de unión entre las Ciencias de la Tierra y la Sociedad. Los procesos geológicos internos y externos de la Tierra quedan reflejados en elementos sobresalientes de cierta magnitud en la superficie terrestre como grandes fracturas, volcanes, cadenas montañosas, formaciones rocosas o formas sobresalientes del relieve o de la morfología marina, costera o continental. Este tipo de elementos constituyen invariablemente motivo preferente de las ilustraciones para ejemplificar los grandes procesos geológicos en los libros de texto. Otros elementos geológicos de menor escala dentro del territorio nacional, tales como pliegues, fallas visibles en el terreno, conjuntos de estratos o formaciones litológicas relevantes como pueden ser terrazas fluviales, formaciones conglomeráticas, unidades estratigráficas horizontales o deformadas, discordancias locales, materiales graníticos o rocas volcánicas, y formas características del relieve tales como valles y depósitos glaciares, cañones fluviales y formas erosivas particulares (ej. la Ciudad Encantada de Cuenca) constituyen generalmente puntos especialmente señalados o formalmente definidos como elementos de especial valor patrimonial. Todos ellos, por su capacidad ejemplificadora de procesos geológicos suelen constituir un motivo recurrente en los libros de texto. Por otra parte, su general accesibilidad y proximidad, que suele incrementar su cercanía a la población o al alumnado, les confiere un innegable potencial didáctico.

De un modo semejante, los yacimientos paleontológicos y los ejemplares de fósiles de mayor relevancia patrimonial son también los elementos más recurrentemente utilizados como instrumento para ilustrar la importancia geológica de los fósiles en la reconstrucción de la Historia de la Tierra y la necesidad de contar con la Paleontología en el estudio de la Evolución biológica. Uno de los aspectos más notables de los textos analizados es que del conjunto de las figuras geológicas o paleontológicas, la práctica totalidad de las ilustraciones fotográficas, que rara vez sobrepasa el 30% del total, lo constituyen ilustraciones de puntos geológicos, yacimientos paleontológicos o piezas museísticas que han sido señaladas previamente, o definidas formalmente como figura legal por su valor patrimonial.

Con respecto a las piezas paleontológicas seleccionadas para ilustrar los conceptos paleontológicos tratados en el texto, éstas lo son generalmente por su rareza, su importancia histórica, su conservación excepcional, su importancia estratigráfica o su posición filética clave, como es el caso de las faunas del Cámbrico de *Burgess*, el *Archaeopteryx*, grupos de especial valor bioestratigráfico o los restos de homínidos. Se constata así de esta manera la coincidencia o la correspondencia estrecha entre el valor patrimonial del registro geológico y paleontológico y su mayor utilización como recurso didáctico en los libros de texto.

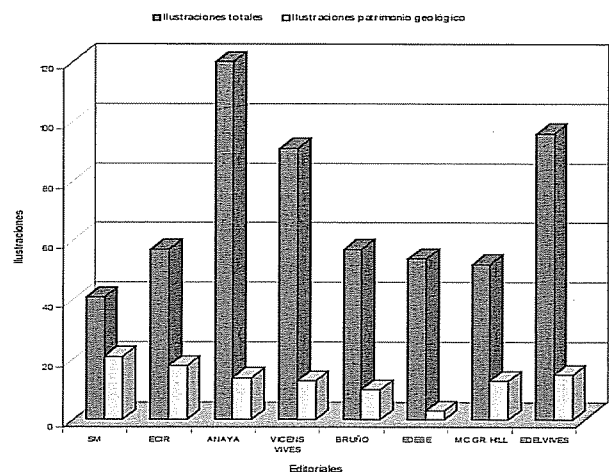


Figura 1
Gráfico demostrativo de los datos obtenidos en el estudio del número total de ilustraciones de carácter geológico frente a las IPG o Ilustraciones catalogadas como contenidos de Patrimonio Geológico (ver leyenda explicativa).

Figure 1
Graph showing total data obtained from the study of the global number of geological illustrations versus illustrations catalogued as Geological Heritage contents (IPG) (see the legend).

PRESENCIA DEL PATRIMONIO EN LOS TEXTOS

Textos docentes

Paradójicamente a todo lo indicado hasta ahora, uno de los aspectos más destacados dentro de los textos de Geología en la Enseñanza Secundaria es la precariedad, o la total ausencia, de la información ofrecida en los libros de texto sobre el patrimonio geológico. Esto puede ser debido al hecho de constituir el patrimonio geológico una disciplina claramente minoritaria en relación con otras ciencias de la naturaleza, a pesar de que estos conocimientos son una parte fundamental de la formación científica de los ciudadanos y por lo tanto, de su cultura básica. En el caso concreto del patrimonio paleontológico se puede decir que su conocimiento, catalogación y conservación, constituyen la base de los estudios mismos de paleontología y son una expresión directa de la repercusión social del mismo, lo que no es siempre el caso en otras disciplinas. Esto es lo que hace especialmente llamativa esta ausencia de información en todos los niveles educativos. Únicamente en los años recientes los conceptos, fundamentos y análisis sobre el patrimonio paleontológico han comenzado a formar una parte de los programas de doctorado en algunos centros universitarios.

La ausencia de referencias o de contenidos informativos explícitos sobre Patrimonio no quiere decir sin embargo que éstos no se encuentren presentes en los textos escolares de una manera implícita. No se puede ignorar que los puntos o elementos señalados como de especial relevancia patrimonial, propuestos como *Puntos de Interés Geológico* (PIG) o definidos formalmente como lugares protegidos, lo son por

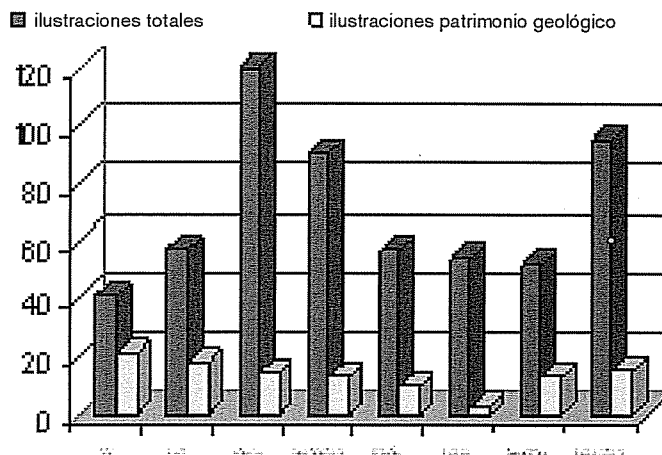


Figura 2
Gráfico demostrativo de los datos obtenidos en el estudio del número total de ilustraciones de carácter paleontológico frente a las IPP o Ilustraciones catalogadas como contenidos de Patrimonio Paleontológico (ver leyenda explicativa).

Figure 2
Graph showing the data obtained when studying the total amount of Paleontological illustrations versus IPP or illustrations catalogued as Paleontological Heritage contents (see the legend).

ser los que mejor ejemplifican un elemento, un proceso geológico o una forma característica. Igualmente, los yacimientos declarados *Punto de Especial Interés Paleontológico* (PEIP) o protegidos bajo una categoría legal han sido señalados y protegidos por su buena exposición, por su especial riqueza fosilífera o por la conservación excepcional de los restos o por el interés especial de las piezas. Y las piezas y documentos paleontológicos de mayor valor museístico y repercusión social, tales como *Archaeopteryx*, restos e icnitas de dinosaurios, excavaciones de restos humanos, son habitualmente seleccionados por su valor como documentos excepcionales de la historia de la vida y como ejemplos de los procesos acaecidos en la evolución de la biosfera.

Medios de comunicación

Generalmente, los estudios y hallazgos paleontológicos reciben habitualmente una considerable atención en los medios de comunicación social, revelando de esta manera su repercusión social y su valoración como instrumento y vector cultural. Igualmente, es destacable la utilización de los métodos de trabajo de esta especialidad científica como modelo dentro del colectivo docente. Así, es frecuente encontrar en la prensa noticias de las campañas paleontológicas, y de los hallazgos más relevantes realizados por los investigadores y/o por colectivos de diferentes centros, acompañadas de valoraciones sobre el interés de las mencionadas campañas. En otras ocasiones se establecen criterios sobre el comportamiento adecuado en las visitas a yacimientos o se llama la atención sobre la posibilidad de realizar intervenciones autorizadas para evitar el expolio de yacimientos que están siendo estudiados. Este

Editorial	Año	Nivel	Autor	UD. CONT. GEOL.		UD. CONT. PAL.		Cont. Patrimonio Geol.			Cont. Patrimonio Pal.			Ind. Patrimonio Geol.				Ind. Patrimonio Pal.				I.C. GEOL. (A+B+C-D)/4)	I.C. PALEO (A+B+C-D)/4)	TERM (1-3)
				Nº UD.	PAG./INT.	Nº UD.	PAG./INT.	NO	IMP	EXP	NO	IMP	EXP	IT	IPG	INPG	INPGE	IT	IPP	INPP	INPPE			
SM	1998	4ESO	Alcalá et al.	4	62/3	1	18 (2)		x			x		41	21	0,51	0,24	32	13	0,41	0,16	1,5	1,48	1
ECR	1997	4ESO	C. C. Gregorio et al.	2	58/3	2	7/1		x			x		57	18	0,31	0,17	20	10	0,5	0,05	1,3	1,23	1
ANAYA	1998	4ESO	Borges et al.	3	62/3 (0,26)	2	12			(0)		x		12	14	0,12	0,1	22	4	0,18	0,09	1,57	1,55	1
VICENS VIVES	1999	4ESO	Fdez et al.	4 (0,26)	62/3 (0,28)	2	41/3 (0,18)		x			x	(0)	91	13	0,14	0,13	62	12	0,19	0,06	1,56	1,43	1
BRUNO	1999	4ESO	Paradiso et al.	2	64/3	2	8/1		x			x		57	10	0,17	0,1	17	6	0,35	0,17	1,6	1,41	1
EDICE	1999	4ESO	R. C. de la Haza et al.	2	44/3	1	6/1		x			x		54	3	0,05	0	10	1	0,1	0	1,6	2,25	1
MC CR. HILL	1998	4ESO	Calvo et al.	3	50/3	2	8/1		x			x		52	13	0,25	0,19	24	6	0,25	0,12	1,61	1,3	1
EDILVIVES	1999	4ESO	España et al.	3	82/3	1	32/2		x			x		96	15	1,15	0,031	45	1	0,02	0	1,65	1,5	1
ECR/Crd	2001	Bach	Carrillo et al.	11 (1,01)	328/3 (1,01)	1 (0,2)	28/2 (0,055)		x			x		55 2	14 0	0,27		51	18	0,35	0,032	1,29	1,32	1

Tabla 1

Proyección de los datos cuantitativos sobre la presencia y tratamiento del patrimonio geológico y paleontológico en los libros de texto analizados. Todos los textos corresponden a la materia: *Biología y Geología* de 4º curso de la ESO, con excepción del texto de Carrillo et al.: *Geología*, de 2º de Bachillerato. UD: unidades didácticas; Pág: número de páginas; INT: Intervalo correspondiente; CONT: Contenidos. PGEOL: Patrimonio Geológico; PPAL: Patrimonio paleontológico; IT: Nº total de ilustraciones (geológicas o paleontológicas, según el apartado correspondiente); IPG: Ilustraciones catalogadas como *contenidos de Patrimonio geológico*. INPG: Índice Patrimonial geológico (IPG/IT); INPGE: Índice patrimonial geológico específico (= relación del nº de ilustraciones patrimoniales geológicas del territorio español respecto del total); IPP: Ilustraciones catalogadas como *contenidos de Patrimonio paleontológico*; INPP: Índice Patrimonial paleontológico (IPP/IT); INPPE: Índice patrimonial paleontológico específico (= relación del nº de ilustraciones patrimoniales paleontológicas del territorio español respecto del total). I.C.: índice de calidad de las ilustraciones; TERM: Nivel terminológico establecido en el texto.

Table 1

"Quantitative data projections regarding the presence and handling of the geological and paleontological heritage in the analyzed text books. All text books belong to the Biology and Geology subject taught in the ESO 4th grade, exception made of the book of: Carrillo et al.: *Geología*, de 2º de Bachillerato. UD: tutorial units; Pag: number of pages; INT: corresponding interval; CONT: contents; PGEOL: Geological heritage; PPAL: Paleontological heritage; IT: number of illustrations (geological or paleontological depending on the appropriate paragraph); IPG: illustrations catalogued as geological heritage contents; INPG: Geological heritage index (IPG/IT); INPGE: Specific Geological heritage index (=the ratio between the number of geological heritage illustrations within the spanish country and the world figure); IPP: illustrations catalogued as paleontological heritage contents; INPP: Paleontological heritage index (IPP/IT); INPPE: specific paleontological heritage index (=ratio between the number of paleontological heritage illustrations within the spanish country and the world figure). IC: quality index of the illustrations; TERM: terminology level set within the text.

tipo de valoraciones y noticias suelen tener repercusión con frecuencia amplia en la prensa pero raramente rebasan este ámbito para proyectarse sobre los textos docentes.

El análisis de estos objetivos y de su desarrollo en los programas de enseñanza con carácter general resulta de una gran complejidad y de una amplitud que claramente rebasaría los límites de este trabajo. Por ello el presente estudio se ha centrado sobre los textos correspondientes al nivel superior de la Enseñanza Superior Obligatoria (4º curso de la ESO) por ser este nivel, en el que se encuentra la asignatura optativa de *Biología y Geología*, el que incluye un mayor contenido paleontológico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Textos utilizados

La base de datos confeccionada para el presente análisis se ha generado seleccionando las ocho editoriales más significativas dentro del mercado, ya que dichas editoriales cubren una representación superior al 85 % de los alumnos de ESO (Tabla 1). Esta selección editorial no pretende excluir ni minusvalorar otros niveles educativos, pero el carácter voluntario de estos estudios en dichos niveles para los alumnos que los cursan hace que sean menos significativos socialmente por implicar a un menor número de personas.

La antigüedad de los textos oscila entre los cuatro y ocho años siendo excepcionales las ediciones posteriores al año 2000. La puesta al día experimentada por los conocimientos de Geología de España tras las obras extensivas de síntesis editadas respectivamente por *Geological Society of London* (Gibbons & Moreno (eds.), 2002: *Geology of Spain*) y por la Sociedad Geológica de España (Vera (ed.), 2004: *Geología de España*) hace aconsejable una actualización de los mismos incluyendo estos avances y en la que pudieran encontrar lugar las interpretaciones recientes sobre la formación y evolución de las distintas unidades que integran la Península Ibérica. Una reedición actualizada de los textos permitiría asimismo centrar la atención sobre los aspectos y la valoración patrimonial de los puntos y yacimientos que mejor ejemplifican dichas unidades.

Parámetros analizados (Tabla 1)

Entre los parámetros seleccionados como significativos, aparte de los datos básicos de cada texto (Editorial, año, nivel y autores), se ha contabilizado el número de unidades didácticas de Geología, y de Paleontología, que incluyen ilustraciones fotográficas de contenido o relevancia patrimonial. El número de páginas se ha tabulado en intervalos considerando: 1 por debajo de 20 páginas; 2 entre 20 y 40; 3 entre 40 y 60; y 4 por encima de 60 páginas. En la columna de contenidos patrimoniales se presentan tres categorías: No (ninguno) cuando los conceptos o aspectos patrimoniales no son mencionados

explícitamente ni reflejados indirectamente mediante ilustraciones; *Implícitos*, cuando los aspectos patrimoniales no son mencionados explícitamente pero se encuentran reflejados implícitamente en forma de ilustraciones de puntos de interés, áreas protegidas o yacimientos o piezas museísticas, y *Explícitos*, cuando en el texto se hace una mención explícita de la importancia o valor patrimonial de los mismos, o de la necesidad de protección del patrimonio.

La valoración cuantitativa de las ilustraciones incluye cuatro parámetros relevantes: IT: el número de ilustraciones totales en el conjunto de unidades didácticas consideradas. IPG/IPP: el número de ilustraciones cuyo contenido es representativo del patrimonio geológico / paleontológico. INPG/INPP: el *índice patrimonial*, o la relación del segundo al primer parámetro, expresa la proporción de ilustraciones *patrimoniales* respecto del total. INPGE/INPPE: es el *índice patrimonial específico*, que muestra la relación de figuras de contenido patrimonial respecto del total, que ilustra casos del patrimonio geológico y paleontológico español. Un valor de este índice igual o muy próximo al INPG/INPP reflejaría que la mayoría de ilustraciones con valor patrimonial son tomadas de ejemplos del territorio español, mientras que valores bajos de este índice indican que la mayoría de elementos seleccionados para ilustrar procesos geológicos o paleontológicos (volcanes, grandes fallas, cadenas montañosas, cuencas sedimentarias, piezas paleontológicas) son tomados de ejemplos extranjeros.

La valoración de la *calidad* de las ilustraciones con contenido patrimonial (geológico y paleontológico) constituye un parámetro de especial relevancia si se tiene en cuenta que la transmisión visual de los valores del patrimonio depende en gran manera de la espectacularidad y de los valores estéticos de las imágenes. Dicha valoración se ha realizado cuantificando cuatro variables que tanto individualmente como en conjunto resultan significativas: (A) el *tamaño* de la figura, cuantificándose como 1: un cuarto de página o menor. (B) la *definición* de la imagen, incluyéndose aquí valores como el ajuste de foco, la profundidad de campo y nitidez de la imagen, y calificándose estimativamente de 1 a 3. (C) la *iluminación*, que puede ser muy variable en una fotografía y que se califica también estimativamente desde muy deficiente (0) hasta excelente (3). (D) El *interés* patrimonial de la imagen, que se cuantifica en función del tipo y el grado de definición y protección del objeto en cuestión: (3) puntos reconocidos universalmente como de mayor importancia patrimonial en cualquiera de las denominaciones promovidas por la UNESCO; (2) Puntos o elementos de interés patrimonial definidos a escala nacional, bien formalmente como figura legal (BIC, Parque Natural, Zona Paleontológica) o bien informalmente, como categoría científica (PIG, PEIP); (1) puntos o piezas de interés patrimonial local, no definidos

como tales, seleccionados por su potencial ejemplificador de un determinado proceso geológico, o una pieza museística relevante. Aparte, otro de los aspectos que suelen incidir negativamente en la valoración de la calidad de las ilustraciones es la frecuente ausencia en las fotografías de escala, mención temática, y referentes posicionales (localización geográfica y otros).

El *Índice de calidad patrimonial* viene expresado por el valor medio de estas cuatro magnitudes $(=A+B+C+D/4)$. Así, imágenes ampliadas de gran calidad y espectacularidad de puntos, yacimientos o piezas paleontológicas definidos internacionalmente obtendrán una calificación más alta.

Por último, el valor o *nivel terminológico* (TERM), cuantificado también de 1 a 3, expresa el tratamiento general que recibe el patrimonio (geológico y paleontológico) en el texto en cuestión o su referencia patrimonial. El nivel 1 corresponde al tratamiento básico, consistente en la *selección e ilustración de puntos señalados por su relevancia patrimonial*. Esta utilización del patrimonio como herramienta didáctica para la ejemplificación de procesos rara vez conlleva la mención explícita de los valores patrimoniales o la discusión sobre sus distintos aspectos. El nivel 2 corresponde a un tratamiento del patrimonio caracterizado por la *mención explícita del mismo* con el objetivo de internalizar su valor, su carácter único e irrepetible, los riesgos y la necesidad de protegerlo. El nivel 3, por último correspondería a un tratamiento más profundo del patrimonio, mostrando el marco legal existente a nivel nacional y/o internacional y las medidas y figuras legales de protección.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Unidades Didácticas

En el análisis de las unidades didácticas que pueden desarrollar conceptos o elementos relativos al patrimonio se contabilizan aquellas unidades en las que la parte gráfica incluye ilustraciones, siempre fotográficas, de elementos, puntos, o aspectos relevantes del patrimonio geológico. En general todas las unidades didácticas de carácter geológico incluyen ilustraciones representativas del patrimonio geológico, si bien en algún caso excepcional, una unidad didáctica de carácter específico (Cristalografía, Mineralogía, descripción de las rocas) puede no incluir ninguna ilustración de claro interés patrimonial. La proporción que esto representa respecto al total, entre el 25 y el 40 por ciento del total, es indicativo del tratamiento preferente otorgado a la Biología (dos tercios) frente a la Geología (un tercio por término medio) en los textos. En el caso de la Paleontología esta relación se reduce a una unidad didáctica, cuando los ejemplos de yacimientos de interés o de piezas de va-

lor museístico se incluyen en una unidad "geológica" sobre Geología histórica e Historia de la vida sobre la Tierra, y a dos unidades, cuando éstos se muestran para ejemplificar procesos o resultados evolutivos en una unidad de Biología Sobre Evolución.

La cuantificación del número de páginas mantiene unas pautas similares al de unidades didácticas, manteniéndose las de Geología generalmente por encima de las 50 y 60 páginas (= valor 3) siendo la excepción el texto de editorial Edelvives con 82 páginas de desarrollo de Geología. En el caso de la Paleontología la proporcionalidad se mantiene, con valores por debajo de 20 y con frecuencia por debajo de 10 páginas (= valor 1). La excepción nuevamente la constituye la editorial Edelvives, con 37 páginas (= valor 2) y sorprendentemente el texto de la editorial Vicens Vives con un valor por encima de 40 páginas (= valor 3), debido al desarrollo de contenidos paleontológicos en unidades biológicas. En conjunto, los valores medios que arrojan ambos apartados viene a ser de un 25 a 30 % del total en Geología. Para la Paleontología, desarrollada como una parte de la Geología, el volumen de páginas suele ser inferior al 5% del total. La excepción la constituyen las dos editoriales citadas en donde el volumen de páginas representa entre el 15 y el 20%, siendo éstos los textos en donde la Paleontología recibe un tratamiento más extenso.

Contenido Patrimonial

Los contenidos patrimoniales, tanto geológicos como paleontológicos son, prácticamente sin excepción, incluidos de forma implícita en los textos, esto es: sin realizar una mención explícita de su valor o *status* patrimonial, si bien su mera selección evidencia su valor como elemento ejemplificador particularmente significativo. La única excepción la pueden constituir, en Geología, el texto de la Editorial Anaya, y en Paleontología el de la Editorial Vicens Vives. En ambos casos alguna ilustración incluye una breve mención a la importancia específica de los puntos o piezas paleontológicas apuntando indirectamente su valor patrimonial.

Índice Patrimonial

El análisis de las ilustraciones en los textos revisados arroja resultados en la mayoría de los casos interesantes. Sorprende en primer lugar el alto número de ilustraciones totales para un bajo número de unidades didácticas, arrojando un valor generalmente por encima de, o próximo a, 25 ilustraciones por unidad, lo que muestra un desarrollo conceptual apoyado en una amplia base gráfica. La excepción la constituye la Editorial SM, que en un total de 4 unidades didácticas con contenidos geológicos (patrimoniales) sólo incluye 41 figuras, muy por debajo de la media. De todas las figuras, las ilustraciones fotográficas de claro significado patrimonial (IPG) constituyen una proporción que oscila entre el 5 (Editorial EDEBE) y el 51% (sorprendentemen-

te, la misma Editorial SM), pero en general por debajo del 20% (Figura 1). Esto revela una clara preferencia por parte de los autores, de los gráficos, bocetos y cortes o esquemas sobre las fotografías, reforzando así su carácter eminentemente didáctico. Es interesante notar que en el caso del texto de *Geología* (2º Bachillerato) de Editorial ECIR, en el que el número de ilustraciones totales supera las 55%, la relación se mantiene también muy cerca de la media, con un valor de 0,27. Con respecto al *Índice patrimonial específico* (INPGE), referente a los casos de ejemplos españoles, éste mantiene unos valores que, de un modo general, oscilan entre el 10 y el 50% del índice patrimonial general (InPG). Esto quiere decir que en casi todos los casos, un mínimo del 50% de los casos y procesos geológicos son ilustrados mediante imágenes fotográficas procedentes de ejemplos extranjeros. Las excepciones las constituyen los textos de las editoriales EDEBE (0%) y Vicens Vives (92%), reflejando los extremos opuestos en la utilización de ejemplos patrimoniales de casos de España.

En el caso de las ilustraciones paleontológicas las proporciones y resultados son a grandes rasgos similares, aunque con variaciones amplias. En todos los textos, el número total de ilustraciones paleontológicas es, obviamente, sensiblemente inferior al de geológicas, debido al menor número de unidades didácticas. No obstante la relación no es en modo alguno constante de unos casos a otros y, aunque suele situarse próxima al 40 o 50 %, la realidad es que los valores oscilan entre el 20 y el 70 %. Es interesante constatar cómo de nuevo en el texto de *Geología* (2º Bachillerato, ECIR) esta relación es inferior al 10%, acorde con la proporción abrumadoramente mayor de unidades didácticas geológicas (11) sobre paleontológicas (1). El número de ilustraciones de carácter patrimonial (Figura 2.) arroja aquí unos porcentajes en la mayoría de los casos igual o por encima del 25%, y en el resto, igual o superior al 10%. La mayor excepción la constituye el texto de la Editorial Edelvives (0,02%). De una manera general los datos reflejan una mayor preferencia de los autores por ejemplificar los datos y procesos paleontológicos (evolutivos, tafonómicos, paleoecológicos, propiedades del registro fósil...) mediante ilustraciones fotográficas que en el caso de la Geología, y por la mayor figuración de lugares, yacimientos y piezas paleontológicas de interés patrimonial (museístico) como claro recurso didáctico. Esta misma tendencia se constata igualmente en el texto de referencia (*Geología*, 2º Bachillerato) ya mencionado, con un valor del 35%.

Por el contrario, el índice patrimonial específico para el caso de la Paleontología (INPPE) arroja valores notablemente bajos, en todos los casos inferior a 0,20 y en la mayoría por debajo de 0,10; esto puede considerarse como una evidencia indirecta del escaso grado de sistematización, definición y difusión del Patrimonio paleontológico en España,

que hace que sean aún muy escasos los valores que hayan calado en la sociedad como para ser seleccionados en los textos didácticos. Un análisis más en profundidad de las ilustraciones seleccionadas muestra que éstas suelen ceñirse, con contadas excepciones (Atapuerca; yacimientos de icnitas de dinosaurios...) a la figuración de piezas y ejemplares de bajo valor patrimonial, con el sentido de ejemplificar el valor histórico o estratigráfico de los grupos fósiles.

Índice de Calidad

Un primer análisis somero del índice medio de calidad de las ilustraciones con contenido patrimonial permite ver los valores notablemente bajos que éstas arrojan: ligeramente por encima de 1,5 en el caso de las geológicas y entre 1,2 y 1,5 en las de contenido paleontológico. La única excepción lo constituye el texto de la Editorial EDEBE, en el que las ilustraciones paleontológicas alcanzan un valor medio de 2,25. La razón general de estos resultados se encuentra, por un lado en el tamaño generalmente reducido de las ilustraciones con objeto de ganar espacio, lo que redundará en detrimento de su calidad, y por otro lado en la generalmente deficiente calidad de impresión de las ilustraciones en los libros de texto, al tratarse de ediciones efímeras y poco costosas. La diferencia constatada entre los valores de las ilustraciones geológicas y biológicas se debe probablemente a la mayor cantidad de ilustraciones geológicas seleccionadas con contenido patrimonial que constituyen puntos de primer interés y declarados formalmente como puntos protegidos (cordilleras, parques nacionales, la dorsal atlántica en Islandia, la Falla de San Andrés, el Cañón del Colorado,...) mientras que los motivos paleontológicos seleccionados suelen ser generalmente piezas de escasa relevancia (v. más arriba) y sólo excepcionalmente piezas museísticas de gran valor o yacimientos de importancia.

Nivel Terminológico

En todos los casos registrados, el nivel terminológico (TERM) empleado en los textos, tanto en el caso del patrimonio geológico como paleontológico, corresponde al nivel 1, es decir: la selección y utilización generalizada de ilustraciones de puntos, yacimientos y piezas paleontológicas como recurso didáctico sin realizar una mención explícita a su interés patrimonial, o al carácter protegido de los mismos (nivel 2). Este aspecto, generalizado en todos los textos, concuerda con la afirmación realizada al principio sobre la ausencia de referencias explícitas al patrimonio geológico o paleontológico en los textos geológicos de la Educación Secundaria Obligatoria. Esta ausencia resulta más sorprendente si se tiene en cuenta que la práctica totalidad de las ilustraciones fotográficas utilizadas para la ejemplificación de procesos geológicos o evolutivos, o del interés del registro fósil, lo forman puntos o piezas de declarado interés patrimonial y museísti-

co, en la mayoría de los casos objeto de definición formal y protección legal. Existe por tanto una desconexión obvia en los textos de la Educación Secundaria Obligatoria entre la *realidad científica* y el potencial didáctico del patrimonio geológico y paleontológico, y la *proyección social* del mismo, que no es contemplada como materia de impartición docente en la Enseñanza no universitaria.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis realizado permite reconocer un desarrollo aceptable de los conceptos básicos y los procesos geológicos en los textos de las principales editoriales de las enseñanzas medias. Se observa también, como lo muestra el análisis detallado de las figuras, un esfuerzo de actualización de muchos conceptos geológicos ofreciendo una visión integrada de los mismos en el marco de la Tectónica global.

En lo referente a la extensión en el desarrollo de los contenidos, medible por el número de unidades didácticas y sobre todo de páginas, ésta oscila generalmente entre el 2 y 25% del total, lo que sin duda se encuentra en concordancia con las disposiciones ministeriales para una materia de la ESO denominada *Biología y Geología*. Sería recomendable en este punto un esfuerzo por parte de autores y editores en estabilizar la extensión del desarrollo en torno a un 25 a 30% de la extensión total (aún lejos de un 50% deseable) admitiendo que una materia con esta denominación mantenga dos terceras partes de contenidos biológicos sobre una tercera parte de contenidos geológicos.

Valor de las Ilustraciones

En lo referente a la selección y tratamiento de las ilustraciones, los datos analizados ponen de manifiesto lo que ya se ha señalado más arriba: la clara validez e idoneidad de los puntos, yacimientos y piezas museísticas de mayor valor e importancia patrimonial para ilustrar tanto los procesos geológicos como los evolutivos relativos a la Historia de la vida. Sería recomendable aquí adquirir la conciencia de incrementar ligeramente, en algunas editoriales, el porcentaje de ilustraciones fotográficas de contenido patrimonial. Este, en el caso de la Geología se encuentra en la actualidad en torno al 22 % pero el valor medio oculta fuertes oscilaciones, habiendo editoriales como EDEBE en la que estas ilustraciones apenas alcanzan un 0,05%. No se debe ignorar la fuerza visual y la capacidad de *comprensión instantánea* de las imágenes fotográficas en las Ciencias Naturales, aparte de la capacidad explicativa de los gráficos. En el caso de la Paleontología, las consideraciones sobre la utilización de imágenes fotográficas con alto contenido patrimonial serían muy similares, teniendo en cuenta la doble implantación de ejemplos paleontológi-

cos con contenido patrimonial en la parte de Geología (yacimientos, piezas, puntos museísticos) como en la de Biología para ilustrar procesos evolutivos, como puede ser la figuración de imágenes de secuencias de fósiles, o ejemplares especialmente relevantes (*Archaeopteryx*; estructuras que muestran adaptaciones particulares, las evidencias fósiles de la evolución humana, etc). En este punto llaman la atención los bajos valores del índice patrimonial paleontológico *específico*, (IPPE) que mide el porcentaje de ilustraciones paleontológicas del registro español. Nuevamente sería recomendable incrementar sustancialmente los ejemplos españoles, pues como ya se afirma en un libro de Geología tan clásico como el de Meléndez y Fúster (1975): *"Actualmente existen numerosas obras de Geología general (...) que para nosotros adolecen del defecto esencial y común de que los ejemplos propuestos, y las mismas descripciones, se refieren a casos locales que (...) no tienen interés para los lectores españoles, corriendo el peligro de llegar con frecuencia a la conclusión de que un fenómeno geológico o una roca es algo que ocurre o que existe en Norteamérica o en África (...) Por todas estas razones nos habíamos propuesto elaborar un libro de Geología que, estando destinado a los estudiantes españoles, tuviese la adecuada documentación gráfica de la Geología española"*...

Estas afirmaciones son suficientemente explicativas y no requieren muchos más comentarios, admitiendo por supuesto el carácter único y la fuerza explicativa de muchos motivos geológicos y paleontológicos del extranjero como ya se ha comentado más arriba. Por otro lado, el desarrollo en muchos casos acelerado que ha experimentado la investigación paleontológica en España en los últimos diez años con la apertura y actualización de numerosos centros museísticos y la realización de descubrimientos paleontológicos notables pueden aportar un material suficientemente significativo para ejemplificar los procesos paleontológicos y el valor patrimonial del registro fósil (Meléndez & Molina, 2001).

Calidad e Información

En lo referente a la cuantificación de la calidad de las ilustraciones, los valores muy similares arrojados por los distintos textos dejan poco margen para las recomendaciones. Las condiciones inherentes a estas publicaciones (bajo costo de la edición, un elevado número de imágenes que no permite la inclusión de grandes ampliaciones...) imponen limitaciones ciertas a este parámetro. Sin duda un pequeño esfuerzo en el tratamiento digital de las imágenes y en la selección adecuada de los ejemplares y de los puntos y yacimientos (algunos ejemplares de fósiles poco representativos o de deficiente conservación parecen impropios de un libro de texto) contribuiría sustancialmente a mejorar este apartado y a incrementar la utilización de los valores patrimoniales como instrumento didáctico.

A este respecto, resulta también poco justificada la ausencia de información básica relativa a muchas de las ilustraciones, tanto la escala, como los datos circunstanciales de localización geográfica, geológica y estratigráfica de detalle. Esta ausencia en muchos casos da la impresión de haber sido voluntariamente pactada o acordada por los autores para no abrumar a un alumno de Educación Secundaria con información demasiado detallada o especializada. Sin embargo no se puede ignorar que en una materia como las Ciencias de la Tierra, los elementos figurados como ilustrativos de un proceso geológico o del registro fósil tienen este valor por formar parte de una determinada estructura o unidad geológica y encontrarse en un lugar geográfico concreto. La ciudad encantada de Cuenca, el yacimiento de Las Hoyas, el Torcal de Antequera o el yacimiento de Atapuerca están en el lugar que están, y algo semejante se puede decir de un determinado resto fósil o huella de interés, en el que su valor paleontológico y sobre todo patrimonial es inseparable del yacimiento, edad, área geográfica, cuenca sedimentaria o unidad estratigráfica en las que se encuentra. El valor patrimonial y didáctico de un elemento geológico o paleontológico se construye a partir de componentes diversas; científicas, geográficas, circunstanciales, sociales, etc. configurando todos ellos los atributos de valoración patrimonial (Morales, 1996), y estos componentes no son separables.

Marco Legal sobre Patrimonio

En los últimos veinte años, desde la aparición de la Ley de Patrimonio Histórico Español en 1985, se ha producido una preocupación creciente por la protección, conservación y gestión social del patrimonio, concretamente en el caso del patrimonio geológico y paleontológico. Esto ha ido impregnando progresivamente a estratos muy diversos de la Sociedad, desde las comunidades científicas y las Administraciones hasta los distintos escalones del poder legislativo, reflejándose en el desarrollo de un denso entramado legal (Meléndez & Soria, 1997).

Como consecuencia, muchas estructuras sociales se ven ya afectadas por las disposiciones sobre el patrimonio. En todas las realizaciones de obras públicas las empresas deben contar con los informes previos de impacto ambiental y sobre el patrimonio, geológico y paleontológico entre otros. No sería por lo tanto descabellado el reflejar aunque fuera someramente esta situación y el entramado legal existente sobre el patrimonio natural e histórico. De esta manera se superaría el nivel 2 de terminología patrimonial (mención explícita del valor, la importancia y la necesidad de protección del patrimonio) pasando a un nivel 3, de explicación de la realidad social y legal sobre la protección del patrimonio (Meléndez & Soria, 1999).

La perspectiva inquietante de sobrecargar unos textos básicamente didácticos con listados, fechas, y títulos de disposiciones y términos legales podría aligerarse de manera considerable mencionando únicamente la preocupación de la Sociedad y de organismos internacionales como la UNESCO a través de *ProGeo*, la institución encargada de trabajar a escala mundial por la conservación, gestión y protección del patrimonio geológico.

RECOMENDACIONES FINALES

De los apartados anteriores se desprenden varias consecuencias referentes a los niveles de tratamiento del patrimonio en los textos analizados. Esto permite proponer algunas sugerencias o recomendaciones de cara a próximas reediciones de los mismos, más allá del mencionado equilibrio deseable entre la parte geológica y biológica en los textos:

Otorgar preferencia a la ejemplificación de procesos geológicos y paleontológicos por medio de ilustraciones fotográficas de ejemplos con claro valor patrimonial (lugares protegidos o definidos formalmente; piezas de valor museístico, etc.)

Tomar conciencia de que el valor didáctico de un elemento geológico y paleontológico y su potencial ejemplificador de procesos sedimentarios, geomorfológicos, tectónicos o evolutivos suelen estar en proporción directa a la importancia patrimonial del mismo. Mencionar explícitamente este valor patrimonial de los elementos geológicos utilizados en las ilustraciones del texto facilitaría el que el alumnado pudiera tomar conciencia de los componentes de la Geología y del registro fósil de la Tierra como un bien común y como un *bien social* merecedor de un esfuerzo por su protección y conservación.

Utilizar con mayor frecuencia en la parte gráfica ejemplos de procesos geológicos y del registro fósil del *territorio español*. Esto contribuiría sin duda a incrementar esta conciencia y esta preocupación por el patrimonio entre el alumnado de Educación Secundaria.

Presentar de manera concisa y resumida (en forma de tablas o cuadros conceptuales) los principios básicos del *entramado legal* sobre patrimonio a los tres niveles: internacional, nacional y autonómico, mostrando la repercusión social de dicha construcción legal emergente.

Insistir en la *Educación para la protección*. En la ejemplificación de los procesos geológicos y del registro fósil, insistir en el carácter histórico, único e irrepetible de este patrimonio, como una parte del patrimonio natural que nos rodea y del que es necesario preocuparse por su protección y conservación, y por su utilización social, alejados de ideas como el comercio, la recolección inadecuada o el expolio de yacimientos. El potencial ejemplificador del patrimonio geológico y paleonto-

lógico y su valor como instrumento didáctico debe ser en este sentido el mejor y más importante argumento para su inclusión en los textos de la Enseñanza Secundaria.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo financiero del Instituto de Estudios Turolenses (CSIC) y de los proyectos: CGL2004-02694: "*Diagnóstico tafonómico y paleobiológico de ciclos paleoambientales del Jurásico Medio en la Cordillera Ibérica*" (IGE-CSIC; MEC) y por el Proyecto PI 2003/027 de la Universidad de Alcalá.

Referencias

- ALCALDE, A.; FERNÁNDEZ, B.; MUÑOZ, J.A.; GÓMEZ DE SALAZAR, J.M. & MÉNDEZ, M.J. 1998. *Biología y Geología*, 4º ESO. Darwin. Ed. SM, Madrid, 285 pp.
- BERGES, T.; CARRIÓN, F. & GIL, C. 1998. *Biología y Geología*, 4º ESO. Serie Nuestro Mundo. Ed. Anaya, Madrid, 239 pp.
- CALAFELL, R.; ÁLVAREZ, A.M.; PERDIGUÉS, J. & EQUIPO EDEBÉ. 1999. *Biología y Geología*, 4º ESO. Ed. Edebe, Barcelona, 127 pp.
- CALVO, D.; PALACIOS, F.J. & ALBARRACÍN, C. 1998. *Biología y Geología*, 4º ESO. Coralina XXI. Ed. Mc Graw Hill, Madrid, 223 pp.
- CARRILLO, L.; GARCÍA AMORENA, L. & GISBERT, J. 2001. *Geología*. Ed. Ecir, Valencia, 327 pp.
- ESPAÑA, J.A.; LÓPEZ FENOY, V.; MORALES, J.V. & ARRIBAS, C. (1999): *Biología y Geología*, 4º ESO. Ed. Edelvives, Madrid, 240 pp.
- FERNÁNDEZ, M.A.; MINGO, B.; BERNABÉ, R.R. & TORRES, M.D. 1999. *Biología y Geología*, Entorno 4, 4º ESO. Ed. Vicens Vives, Madrid, 222 pp.
- GARCÍA GREGORIO, M.; CARRATALÁ, S.; FURIÓ, J.; GREGORI, X. & SENDRA, R. 1997. *Biología y Geología*, 4º ESO. Proyecto Avizor. Ed. Ecir, Madrid, 170 pp.
- GIBBONS, W. & MORENO, T. (Eds.) 2002. *The Geology of Spain*. Geology Society, Londres, 649 pp.
- MELÉNDEZ, B. & FÜSTER, J.M.^a. 1975. *Geología*. Ed. Paraninfo (3ª edición), Madrid, 897 pp.
- MELÉNDEZ, G. & MOLINA, A. 2001. El patrimonio paleontológico en España: una aproximación somera. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9 (2): 160-172.
- MELÉNDEZ, G. & SORIA, M. 1997. Problemática actual de la legislación sobre Patrimonio paleontológico en España. Medidas y soluciones. *Zubía* (Instituto de Estudios Riojanos), 15: 113-120.
- MELÉNDEZ, G. & SORIA, M. 1999. Situación Actual del Patrimonio Paleontológico en España. *Boletín del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico* (IAPH), 29: 128-141.
- MORALES, J. 1996. El Patrimonio Paleontológico. Bases para su definición, estado actual y perspectivas futuras. En: *El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección y utilización*. Ed. MOPMA, Madrid. Serie Monografías, 39-51.
- PANADERO, J.E.; FUENTE, R.; OLAZÁBAL, A.; LOZANO, A. & GONZÁLEZ, R. 1999. *Biología y Geología*, 4º ESO. Ciencias de la Naturaleza. Ed. Bruño, Madrid, 223 pp.
- VERA, J.A. (ed.), 2004. *Geología de España*. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 884 pp.

“Hace tres millones de años”. Una experiencia didáctica del Museo Provincial de Ciudad Real

Pilar Molina Chamizo¹ y Ana Victoria Mazo Pérez²

1. Departamento de Actividades Culturales. Museo Provincial de Ciudad Real. C/ Prado, 4, 13001 Ciudad Real.

2. Departamento de Paleobiología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. C/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid.

Molina Chamizo, P. y Mazo Pérez, A. V. 2005. “Hace tres millones de años”. Una experiencia didáctica del Museo Provincial de Ciudad Real. [“Three million years ago”: A didactic experience in the Provincial Museum, Ciudad Real.]

ABSTRACT

In 1935 Casimiro Plaza came across the presence of some fossils in Las Higuieruelas, an area of private land located in Alcolea de Calatrava in the province of Ciudad Real. Some of these remains excavated during three different periods from 1971-1991 were chosen to form part of the permanent Natural History exhibition displayed on the first floor of the Provincial Museum in Ciudad Real. This exhibition includes the reproduction of a complete mastodont (*Anancus arvernensis*).

In 2003 the Foundation for Culture and Sport in Castilla La Mancha granted the Provincial Museum of Ciudad Real a subsidy for the temporary exhibition entitled “Three Million Years Ago”, based on the plentiful fossil fauna of macro and microvertebrates recovered from this Pliocene site. This exhibition was scientifically directed by A. V. Mazo and J. Van Der Made, both members of the National Natural History Museum in Madrid, and was set up by Anancus S.L. (Ciudad Real). It is composed of four major stages containing life-size reconstructions of some species found (mastodonts, cheetahs, deer, porcupine, racoons, dogs, birds, amphibians and reptiles...) besides fossils, reproductions, scale models, explanatory panels and photographs in order to recreate the vulcanology of the Campo de Calatrava, and to help visitors understand the reality of the landscape and fauna present at that time.

In order to bring this scientific information to the public's attention the museum's Didactic Department has drawn up a complex programme of activities directed at all kinds of visitors, including guided tours, interactive workshops and competitions. This programme has proved highly successful attracting 35000 visitors in just over one year.

KEY WORDS: HIGUERUELAS, ALCOLEA DE CALATRAVA, PLIOCENE SITE, CAMPO DE CALATRAVA, VULCANOLOGY, MASTODONT.

RESUMEN

En el año 1935, se descubrió, casualmente, la existencia de restos fósiles en una finca privada llamada Las Higuieruelas, término municipal de Alcolea de Calatrava (Ciudad Real). Parte de estos restos, excavados en tres campañas distintas, entre los años 1971 y 1991, fueron seleccionados para formar parte de la colección permanente de Ciencias Naturales del Museo Provincial de Ciudad Real, incluyendo la reconstrucción de un mastodonte completo. En el año 2003 la Fundación Cultura y Deporte de Castilla La Mancha subvencionó, para el Museo Provincial de Ciudad Real, una exposición temporal titulada “Hace Tres Millones de Años” basada en la abundante fauna fósil de macro y microvertebrados recuperada en este yacimiento del Plioceno. La exposición, dirigida científicamente por A.V. Mazo y J. Van der Made, ambos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, y materializada por la empresa Anancus S.A. de Ciudad Real combina cuatro grandes dioramas con reconstrucciones a tamaño real de algunas de las especies encontradas (mastodontes, guepardos, rinocerontes, tortugas gigantes, équidos, serpientes, etc.), con fósiles, réplicas, maquetas, paneles explicativos y fotografías, con la intención de recrear las características del volcanismo del Campo de Calatrava y hacer comprender a los visitantes la realidad del paisaje y la fauna existente en la zona en aquel momento. Para fomentar la difusión de estos conocimientos científicos entre el público, el Gabinete Didáctico del dicho Museo elaboró un complejo programa de actividades, dirigidas a todo tipo de público: visitas guiadas, talleres interactivos y concursos. La aceptación de la propuesta ha resultado extraordinaria, alcanzándose los 35.000 visitantes en poco más de un año.

PALABRAS CLAVES: HIGUERUELAS, ALCOLEA DE CALATRAVA, YACIMIENTO PLIOCENO, CAMPO DE CALATRAVA, VULCANISMO, MASTODONTE.

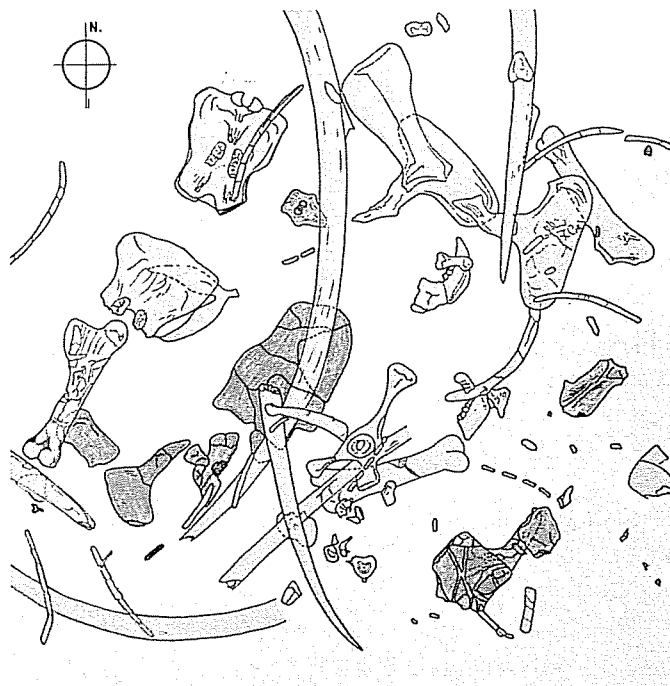


Figura 1
Representación gráfica de los restos fósiles encontrados en una cuadrícula. Yacimiento de las Higuieruelas. Alcolea de Calatrava. Ciudad Real.

Figure 1
Graphic display of some fossils found in a square. Las Higuieruelas site. Alcolea de Calatrava. Ciudad Real.

INTRODUCCIÓN

Las Higuieruelas es una finca privada situada dentro del término municipal de Alcolea de Calatrava, localidad muy próxima a Ciudad Real capital. En este lugar se encuentra un yacimiento paleontológico de finales del Plioceno, conocido desde el año 1935, cuando la familia Plaza encontró los primeros restos fósiles, identificados por Fidel Fuidio, profesor marianista del Colegio de Nuestra Señora del Prado de Ciudad Real. Pero fue necesario esperar hasta el año 1971 para comenzar la primera excavación, y a pesar de la calidad de los restos extraídos, la falta de recursos económicos motivó que éstos no se restauraran hasta 1979.

De 1980 a 1983, tuvo lugar una segunda campaña de excavaciones y, finalmente, de 1984 a 1991 hubo una tercera campaña.

Durante esta última intervención, dirigida por una de nosotras (A.V.M.P.), se excavaron aproximadamente 200 m², divididos en nueve cuadrículas de 4x4 m, en alguna de las cuales se profundizó hasta 4,5 m, dejando entre las cuadrículas testigos de 1m (Fig.1). Los trabajos realizados permiten afirmar que este yacimiento es excepcional tanto por su diversidad faunística como por su riqueza. Se han determinado más de 50 especies de animales entre los que destacan mastodontes, rinocerontes, gacelas, ciervos, caballos, hienas, tortugas terrestres gigantes y muchos tipos de aves, roedores y an-

fibios. Varios taxones son incluso primeras citas en España. Otra característica decisiva es que los sedimentos volcánicos permiten una datación absoluta lo que posibilita utilizar este yacimiento como referencia cronológica muy precisa a nivel internacional. La edad radiométrica de las Higuieruelas establecida por Gallardo *et al.*, (1998) sugiere dos posibilidades: que pertenezca al subcron 2An. 1r de la escala magnetoestratigráfica de Cande & Kent (1992, 1995) entre 3,054 y 3,127 Ma, o que pertenezca al subcron 2An. 2r, de 3,221 a 3,325 Ma. Estos datos corroboran la edad propuesta por Mazo (1995) en base al estudio de la asociación faunística.

Los datos geológicos indican que la zona del yacimiento está situada sobre una caldera volcánica que, al hundirse originó un sistema de charcas y lagunas transformadas posteriormente por nuevas erupciones y hundimientos. Hoy sabemos que hubo aquí, a finales del Terciario, una laguna encuadrada en un paisaje estepario.

LAS HIGUERUELAS EN EL MUSEO PROVINCIAL

La riqueza de materiales antes descrita determinó que en un primer momento, al procederse a la remodelación y reinauguración del Museo Provincial de Ciudad Real en el año 1995, y dado el interés que suscitaba el tema entre el público, se dedicara una gran parte de la sala de exposiciones permanentes de ciencias naturales a mostrar una selección de restos fósiles de Las Higuieruelas, de sus animales mas representativos, acompañados de paneles y dibujos explicativos.

El gran protagonista de aquella primera intervención fue la reconstrucción de un esqueleto de mastodonte (*Anancus arvernensis*) formado con huesos de distintos individuos recuperados en las Higuieruelas que tiene unos colmillos de mas de 3 m de longitud y que fue el primer esqueleto completo de proboscídeo montado en España (Fig.2).

Dado el atractivo que este tipo de restos despertó entre los visitantes castellanomanchegos, y con la intención de promocionar y difundir el valor de dicho yacimiento paleontológico, en el año 2003 la Fundación Cultura y Deporte de Castilla La Mancha subvencionó una exposición temporal titulada "Hace Tres Millones de Años", basada en la abundante fauna fósil de macro y microvertebrados recuperada en dicho yacimiento. La muestra, dirigida científicamente por A. V. Mazo y J. Van der Made ambos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, fue encargada a la empresa Anancus S.L. de Ciudad Real.

La exposición consiste básicamente en cuatro grandes dioramas con esculturas de los animales encontrados en el yacimiento, reconstruidos a tamaño natural, con las peculiaridades morfológicas que pueden inferirse de sus esquele-

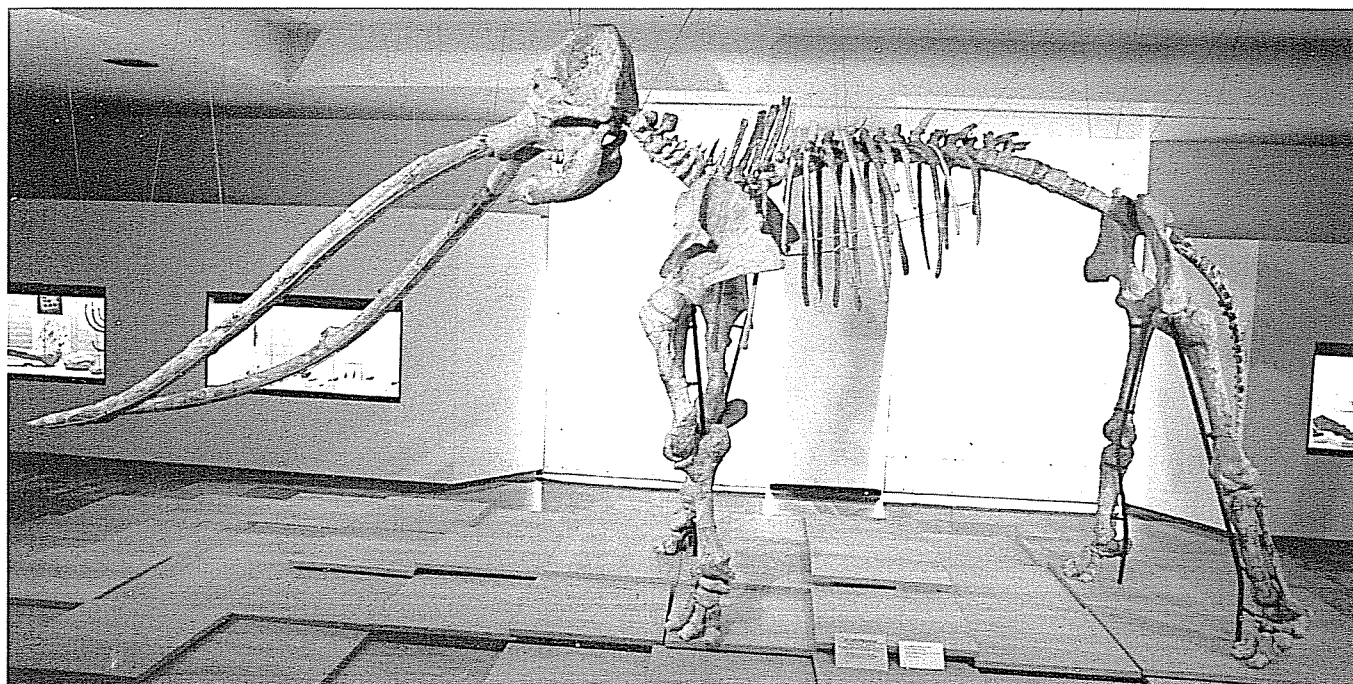


Figura 2
Museo Provincial de Ciudad Real. Reconstrucción del mastodonte *Anancus arvernensis*, dirigida científicamente por A. V. Mazo, 1995.

Figure 2
Provincial Museum (Ciudad Real). *Anancus arvernensis* reconstruction, scientifically directed by A. V. Mazo, 1995.

tos. Tres de los dioramas tienen sonido. Al lado de cada uno de ellos se exponen, en mesas y vitrinas, una selección de los restos fósiles más característicos de los taxones recuperados, para que los visitantes puedan comprobar que las recreaciones faunísticas se basan estrictamente en la realidad. Las paredes de la sala se cubrieron en su totalidad con un paisaje fotográfico natural, concretamente del Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real), en verano, que sirve de fondo a los distintos dioramas.

Maquetas y paneles explican las características del volcanismo del Campo de Calatrava, el entorno volcánico del yacimiento, y el conocimiento actual sobre la formación del mismo, así como las condiciones ambientales existentes en la zona a finales del Terciario hace unos 3 millones de años. Un primer diorama muestra un mastodonte hembra con su cría atrapados en el fango de una laguna. La hembra, a tamaño natural, intenta defender a su hijo del ataque de dos hienas próximas. En el segundo diorama un guepardo gigante corre tras un ciervo, a punto de darle alcance. El tercero muestra distintos mamíferos, aves y anfibios. En las proximidades de una charca pueden contemplarse galápagos, ranas, sapos y culebras. Algo más lejos un puercoespín y un perro mapache. Y entre la vegetación varias aves diferentes (zorzales, pato, avetorillo). El cuarto diorama integra a un rinoceronte, un équido, tres gacelas, una tortuga gigante y varias otras aves (bisbitas, perdiz, codorniz) (Figs. 3 a 5).

La exposición finaliza con un panel explicativo en el que, de forma amena y con abundantes fotografías, se informa al visitante de los distintos pasos seguidos para realizar las figuras que componen la exposición, (Mazo *et al.*, 2003).

Desde un primer momento, el Museo de Ciudad Real se propuso poner en valor el potencial de atracción que suponía una muestra de estas características. Llevando a la práctica una de las funciones básicas del ámbito museístico, el reto consistía en poder transmitir al mayor número posible de visitantes la riqueza patrimonial que encerraba el yacimiento de Las Higueruelas, por otra parte un gran desconocido entre la ciudadanía ciudadrealeña.

A la hora de planificar actividades se partió de la experiencia acumulada en años anteriores con otras disciplinas científicas. Nuestro objetivo: intentar abarcar un amplio sector de público, sin limitaciones previas, ni de edad, ni de ningún otro tipo de condicionamiento social, físico o psíquico.

Los visitantes habituales del Museo son los alumnos de los centros educativos (infantil, primaria, secundaria y educación especial), por lo que quisimos que estos escolares, con edades comprendidas entre los tres y dieciséis años se integraran realmente en las actividades organizadas por el Museo. También contó a nuestro favor el interés mostrado por los medios de comunicación locales, provinciales y regionales, vehículos transmisores de este programa museístico (Fig.6).

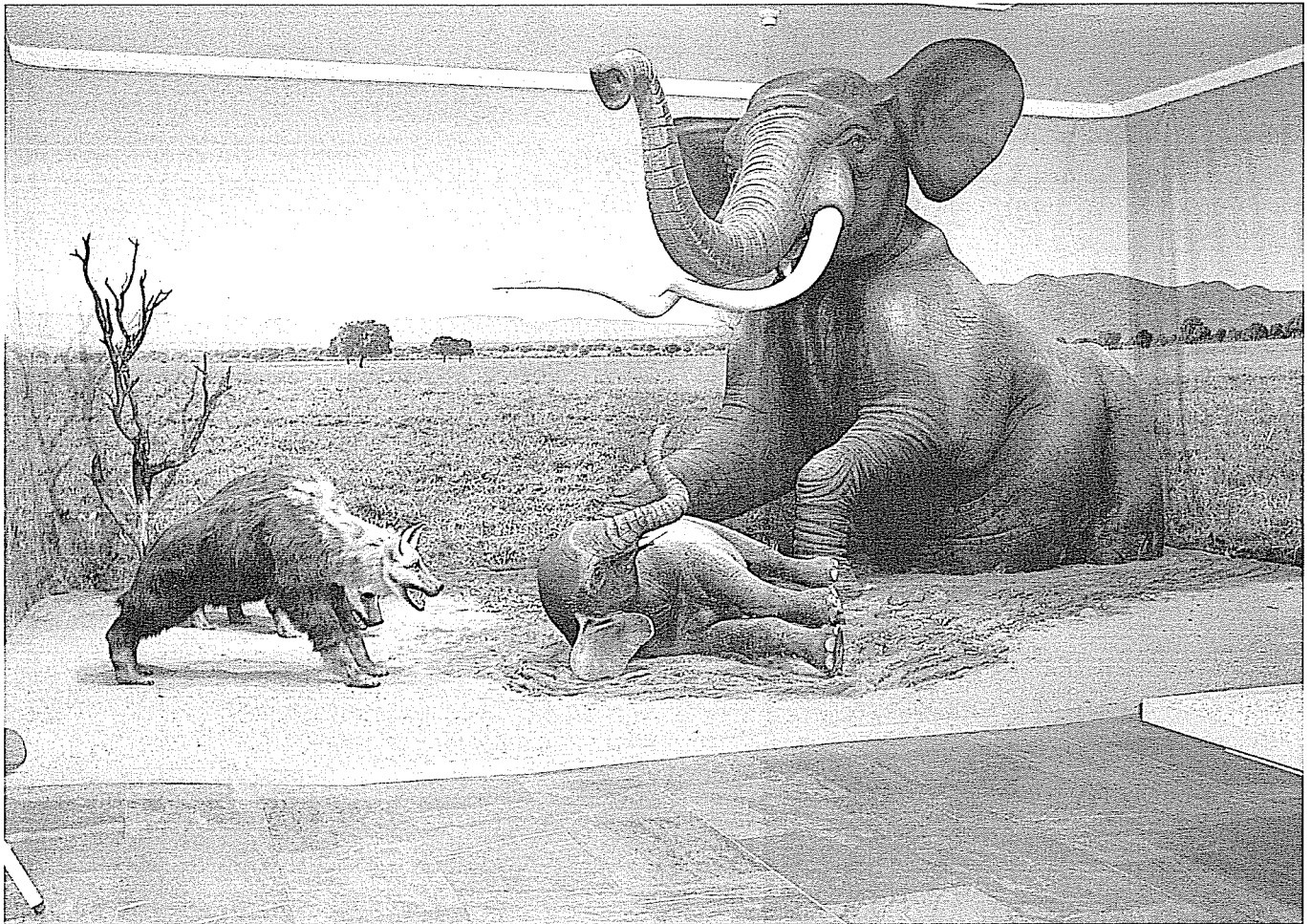


Figura 3

Museo Provincial de Ciudad Real. Exposición "Hace Tres Millones de Años". Diorama n° 1. La hembra y cría de mastodonte, atrapadas en el fango de la laguna, son atacadas por hienas.

Figure 3

Provincial Museum (Ciudad Real). "Three million years ago" exhibition. Stage n°1. Female mastodont and cub, trapped in the mud of the pond, are attacked by hyenas.

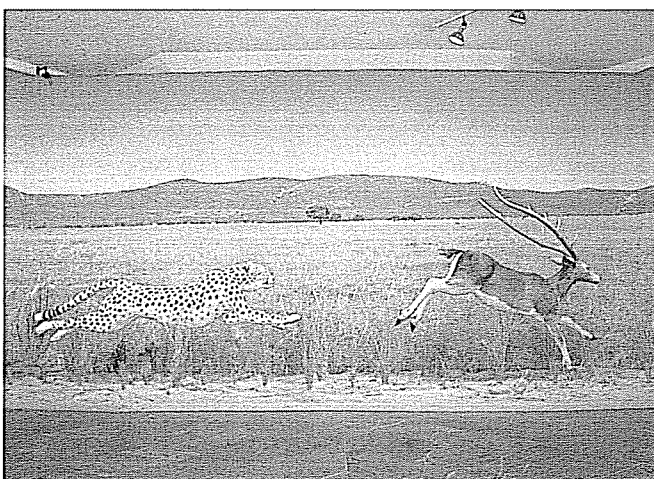


Figura 4

Museo Provincial de Ciudad Real. Exposición "Hace Tres Millones de Años". Diorama n° 2. Guepardo cazando un ciervo.

Figure 4

Provincial Museum (Ciudad Real). "Three million years ago" exhibition. Stage n° 2. Cheetah hunting a deer.

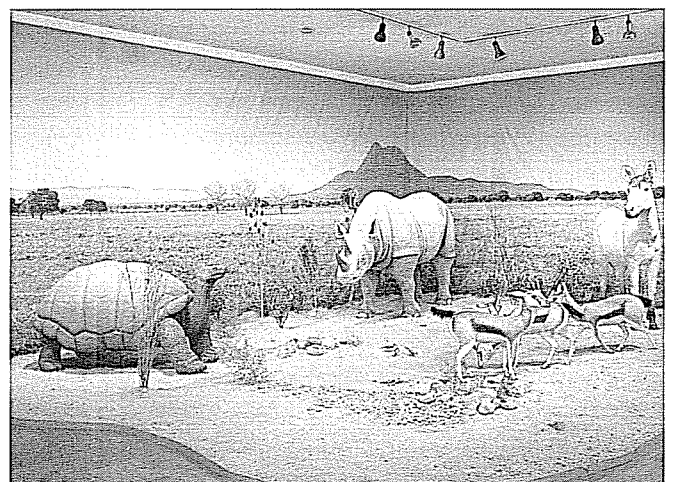


Figura 5

Museo Provincial de Ciudad Real. Exposición "Hace Tres Millones de Años". Diorama n° 4. Tortuga terrestre gigante, gacelas, rinoceronte, équido.

Figure 5

Provincial Museum (Ciudad Real). "Three million years ago" exhibition. Stage n° 4. Giant terrestrial tortoise, gazelle, rhinoceros and equine.

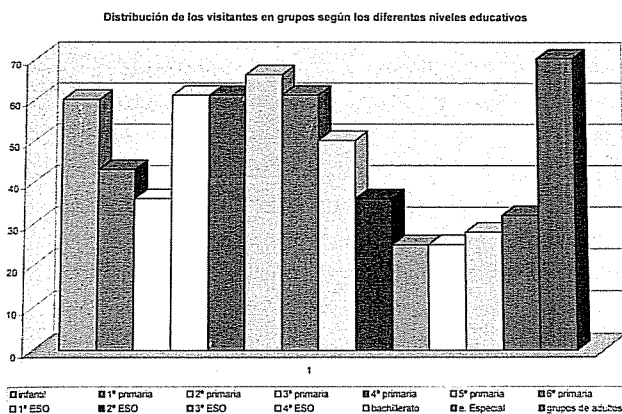


Figura 6
Museo Provincial de Ciudad Real. Exposición "Hace Tres Millones de Años". Estadística de grupos de visita.

Figure 6
Provincial Museum (Ciudad Real). "Three million years ago" exhibition. Visitors.

La inauguración de la exposición tuvo lugar el mes de marzo de 2003, "saliendo a la calle" mediante la macroproyección de imágenes en las fachadas de los edificios colindantes y la presencia de animadores y mimos que invitaban a los ciudadanos a pasar al Museo.

El programa de actividades realizadas contó con las siguientes intervenciones: visitas guiadas, talleres interactivos, actividades extramuseísticas y concursos.

Las visitas guiadas, de unos cuarenta minutos de duración, se ofertaron a grupos de unos treinta visitantes, consistiendo en un recorrido guiado, realizado por monitores debidamente preparados, adaptando las explicaciones a la edad y nivel de conocimientos de cada grupo. Cada visita concluía en la planta primera, donde se contemplaba la reconstrucción del esqueleto del mastodonte. En todas las sesiones se regalaba, al tutor o representante del grupo, un catálogo de la exposición.

De los visitantes, procedentes no sólo de la región castellanomanchega sino de toda España, destaca la enorme afluencia de niños muy pequeños, de tres a seis años, atentos consumidores de nuestra oferta cultural. Fue también importante la presencia de grupos pertenecientes a colectivos de discapacitados psíquicos, pudiendo comprobar que las visitas resultaban para ellos una magnífica terapia.

Un segundo grupo de actividades se centró en la elaboración de talleres didácticos. Todos ellos comenzaban con la visita guiada a la exposición, continuando con una fase táctil, en la que los participantes podían tocar fósiles escogidos, originales y reproducciones, con la intención de acercar aun más el contenido de la muestra al público. Estos talleres se ofertaron preferentemente al mundo escolar, infantil y juvenil.

Con los niños más pequeños (de 2 a 6 años) pintamos dioramas, grandes escenarios realizados sobre papel de em-

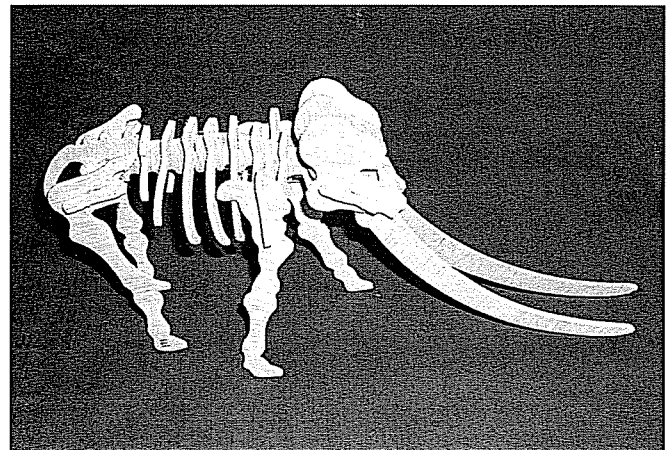


Figura 7
Museo Provincial de Ciudad Real. Gabinete Didáctico. Taller del mastodonte. Puzzle.

Figure 7
Provincial Museum (Ciudad Real). Didactic Department. Mastodont workshop. Puzzle.



Figura 8
Museo Provincial de Ciudad Real. Gabinete Didáctico. Taller del puercoespín.

Figure 8
Provincial Museum (Ciudad Real). Didactic Department. Porcupine workshop.

balar, con un vistoso fondo, imitando el paisaje de Las Higuieruelas, coloreado por personal del Museo y voluntarios. Delante del paisaje, sobre un suelo también de papel, cada alumno podía pegar una gran figura de animal, pintado previamente por ellos mismos, con mayor o menor habilidad. El resultado fue espectacular: verdaderos escenarios multicolores, fácilmente transportables, con la intención de poder llevarlos hasta los centros escolares a los que pertenecían los niños para exponerlos y así hacer partícipes a sus compañeros, profesores y padres del trabajo realizado durante su visita al Museo.

El taller del puercoespín se ofertó a escolares de 5 a 12 años. En este caso y tras las consabidas visita guiada y parte táctil, se realizó un taller, eligiendo la figura del puerco-

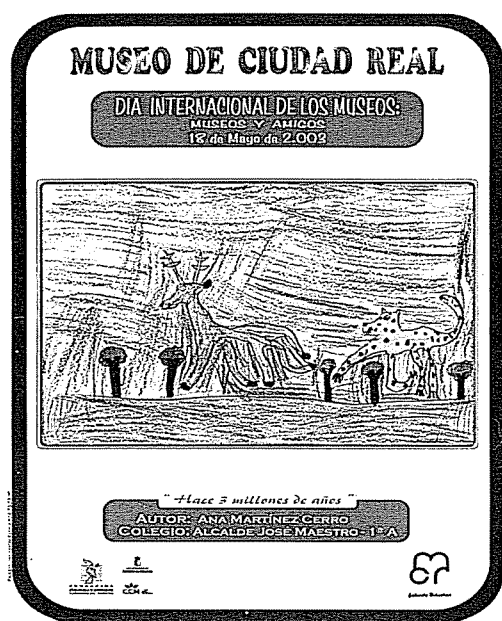


Figura 9
Museo Provincial de Ciudad Real. Gabinete Didáctico. Cartel anunciador del Día Internacional de los Museos para el año 2003.

Figure 9
Provincial Museum (Ciudad Real). Poster of the Museums International Day in 2003.

espín como modelo para realizar un pisapapeles, empleando arcilla para el cuerpo, palitos de mimbre como púas, judías pintas como nariz, cuentas de collar para los ojos y trocitos de sedal como bigotes (Fig.7).

Para alumnos de edades comprendidas entre los 10 y 12 años realizamos un taller de introducción a la paleontología, cuya actividad práctica consistía en el montaje de un pequeño esqueleto de mastodonte, realizado mediante dieciocho piezas de contrachapado, de 3 milímetros de grosor. Una vez sacadas todas las piezas, siguiendo en todo momento las indicaciones de los monitores, los niños formaban la figura coloreándola después si lo deseaban (Fig.8).

Para jóvenes estudiantes de Secundaria y Bachillerato, el Museo ofertó un taller de inicio a la excavación, para el que se construyeron cuatro simuladores, en cuyo interior se reprodujo parte de una cuadrícula de distintos yacimientos arqueológicos y paleontológicos de la provincia de Ciudad Real. En el dedicado a Las Higuieruelas, se depositaron en su fondo réplicas de grandes huesos de mastodontes (fémur, costillas, etc.) Los simuladores de rellenaron con arena, entre la que se colocaron, sueltos, otros restos fósiles de menor tamaño. En el caso de este taller, antes de iniciar la excavación, los profesores tutores de cada grupo debían pasar por el Museo para recoger un dossier informativo sobre cada yacimiento a excavar, de forma que al comenzar la actividad los alumnos tuvieran ya una idea de la labor a realizar. Una vez en el Museo, los grupos se di-

vidían en cuatro equipos, recibiendo todo el material necesario para comenzar: cuadernos, lapiceros, bolsas, calibres, metros, brochas, pinceles, paletas, cajones, cubos, etiquetas, etc. Todos los alumnos, por turnos, realizaban todas las labores: excavar, clasificar, fotografiar, medir, dibujar... Al final del taller tenía lugar una puesta en común en la que cada equipo explicaba su labor y las conclusiones de su trabajo. El profesor que así lo deseaba continuaba la experiencia en sus centros escolares aprovechando el material obtenido en el Museo.

Pero no todas las actividades se realizaron dentro del recinto del Museo; en algunas ocasiones diversos centros escolares llevaron todavía mas lejos las experiencias vividas durante su visita, utilizando el tema posteriormente para realizar dibujos, redacciones, murales y exposiciones de fin de curso.

Con la intención de hacer llegar la exposición a aquellos niños y jóvenes que, por sus limitaciones físicas no podían acercarse hasta el Museo, se realizó una presentación informática seleccionando las mejores fotografías de la muestra, sus dioramas, animales, paisajes y fósiles característicos. Este material ha servido de apoyo didáctico para colaborar con las aulas de atención domiciliaria y hospitalaria de la provincia de Ciudad Real, institución formada por profesionales de magisterio encargados de llevar hasta niños con graves dolencias los conocimientos de los que se ven privados al no poder asistir con normalidad a sus escuelas.

Recientemente hemos comenzado a habilitar las salas del Museo para que los deficientes visuales y ciegos totales puedan visitarnos y participar activamente en nuestros talleres y actividades.

Además de los talleres, el Museo de Ciudad Real convocó un concurso de pintura para niños, cuyo tema era la exposición. Los dibujos presentados pusieron de manifiesto la gran creatividad infantil a la hora de interpretar la vida de los animales que poblaron Alcolea de Calatrava hace 3 millones de años. Algunos de los trabajos fueron seleccionados para confeccionar los carteles de la exposición que anualmente realiza el Museo con motivo del Día Internacional de los Museos (Fig.9).

El programa de actividades se completó con el concurso "Pon nombre a nuestra mascota": un bebé de mastodonte de color azul. A su lado se instaló un buzón, en el que los niños y jóvenes depositaron, por miles, unas papeletas en las que escribían el nombre que ellos darían al bebé. Tras varios meses de votación, y después de una difícilísima labor de selección (por la enorme originalidad de los participantes) se determinó que el pequeño mastodonte se llamaría Alcoleito, por ser el primer habitante conocido de Alcolea de Calatrava. La ganadora del concurso, su clase, amigos y familiares fueron invitados al Museo para bautizarlo, recibiendo, ante los medios de comunicación, numerosos regalos y obsequios.

CONCLUSIONES

Gracias a todas las actividades descritas en este trabajo, la participación del público ha sido realmente espectacular: En poco más de un año cerca de treinta y cinco mil personas han visitado la exposición, cifra jamás alcanzada por ninguna otra muestra organizada en Ciudad Real (hasta ese momento la media normal de visitas en una exposición temporal solía oscilar entorno a los 2.000 visitantes al mes), habiendo sido concertadas después de esa fecha numerosas visitas más. Las encuestas realizadas entre el público participante demuestran que los escolares han servido de vehículo transmisor de la muestra, atrayendo a otros visitantes procedentes de su entorno cercano, familiares y amigos. Con este sencillo procedimiento se ha producido un efecto en cadena que multiplica el éxito de una propuesta didáctica que todavía no ha terminado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración prestada por la Fundación Cultura y Deporte de Castilla La Mancha, especialmen-

te a D. Ricardo Beléndez y por el Museo Provincial de Ciudad Real, promotores de esta experiencia didáctica. De igual forma manifestamos nuestra gratitud al equipo de profesionales de la empresa Anancus S.L., gracias a los cuales se materializó la exposición.

Referencias

- CANDE, S.C. & KENT, D.V. 1992. A new geomagnetic polarity time scale for the scale for the late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, 97 (10): 13917-13951.
- CANDE, S.C. & KENT, D.V. 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the last Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, 100: 6093-6095.
- GALLARDO, J.L.; GOMIS, E.; DINARÉS, J. & PÉREZ GONZÁLEZ, A. 1998. Relaciones entre las polaridades magnéticas y las edades radiométricas del volcanismo del Campo de Calatrava. *Geogaceta*, 23: 55-58.
- MAZO PÉREZ, A.V. 1995. *Stephanorhinus etruscus* (Perissodactyla mammalia) en el Villafrankense inferior de Las Higuieruelas (Ciudad Real). *Estudios Geológicos*, 51 (5-6): 285-290.
- MAZO PÉREZ, A.V. 1999. Fósiles del Campo de Calatrava. In: La huella del pasado. Fósiles de Castilla La Mancha. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, Toledo, 283-291.
- MAZO, A.V.; VAN DER MADE, J.; ARRIBAS, A. & SÁNCHEZ, A. 2003. *Hace Tres Millones de Años*. Fundación de Cultura y Deporte de Castilla La Mancha, Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, Ciudad Real.

Análisis de los contenidos sobre “fósil” y “fosilización” en los libros de texto de las Ciencias de la Tierra del último curso de la enseñanza obligatoria

Pablo Pardo¹, Amelia Calonge¹, M^a Dolores López Carrillo¹ y Luis F. Rebollo¹

1. Dpto. de Geología. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares (Madrid). E-mail: mariadolores.lopez@uah.es; a.calonge@uah.es

Pardo, P.; Calonge, A.; López Carrillo, M. D. y Rebollo, L. F. 2005. Análisis de los contenidos sobre “Fósil” y “Fosilización” en los libros de texto de las Ciencias de la Tierra del último curso de la Enseñanza Obligatoria. [Analysis of contents about fossil and fossilization that are included in Earth Science text books belonging to the last grade of the obligatory Spanish education.]

ABSTRACT

The contents about *fossil* and *fossilization* concepts included in text books of the Spanish obligatory secondary teaching (ESO) 4th grade, are analysed in this paper. An analysis methodology that defines three different study areas is applied, yielding results related to the books production, their main errors and successes. Several conclusions regarding Palaeontology teaching are drawn.

KEY WORDS: FOSSIL AND FOSSILIZATION CONCEPTS, OBLIGATORY TEACHING, ESO 4TH GRADE.

RESUMEN

En este trabajo se analizan los contenidos sobre los conceptos de *fósil* y *fosilización* recogidos en los libros de texto de cuarto curso de ESO. Para ello se aplica una metodología de análisis que define tres áreas de estudio diferentes y que obtiene resultados sobre la elaboración de los libros y sus errores y aciertos más destacados. También se obtienen algunas conclusiones sobre la enseñanza de la Paleontología.

PALABRAS CLAVES: CONCEPTO DE FÓSIL Y FOSILIZACIÓN, ENSEÑANZA OBLIGATORIA, 4º ESO.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se aborda la problemática relacionada con la transmisión de conocimientos, procedimientos y actitudes en la enseñanza de las ciencias tales como la paleontología en la educación obligatoria. A su vez, el presente trabajo, forma parte de una investigación más amplia en torno al análisis de los contenidos geológicos en los libros de texto.

La investigación parte del hecho constatado por múltiples autores (Sanjosé *et al.*, 1993) de que los profesores utilizan los libros de texto como el principal medio de enseñanza en los niveles educativos no universitarios, por lo que la forma en que éstos presenten los contenidos científicos es un factor condicionante de la formación científica posterior a este nivel de educación.

Algunas observaciones constatadas en trabajos previos (Lillo, 1996; Calonge *et al.*, 2003) nos indican la diversidad de ideas que existen cuando se solicitan expli-

caciones sobre la historia de la vida en general, o sobre los fósiles en particular (Liñan, 1998). Dichas observaciones hacen alusión a diferentes concepciones, entre las que destacan las siguientes:

- de tipo religioso,
- de tipo fantástico,
- de tipo superficial, o
- de tipo científico que no están lógicamente relacionadas.

Por otro lado, los paleontólogos dedicados a la docencia observamos que los fósiles resultan especialmente atractivos para la mayoría de los alumnos, independientemente del nivel educativo. Además, los fósiles contienen un potencial didáctico que permite utilizarlos como recurso docente en varios ámbitos (Rábano & Rodrigo, 2001; López García-Gallo & Ramírez, 2001). Pero la realidad nos demuestra que los fósiles son infrautilizados como recurso didáctico en los diferentes niveles de enseñanza.

MATERIALES Y MÉTODO

Para realizar el estudio se han elegido los libros (ver bibliografía) correspondientes al cuarto curso de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), por ser éste el último año de la enseñanza obligatoria en España y por tratarse del nivel educativo en que los libros de texto recogen mayor cantidad de conceptos paleontológicos. En concreto, se analizan los conocimientos referentes a los conceptos de fósil y fosilización, al considerarlos el punto de partida elemental para entender la historia de la vida.

En el estudio se aplica una metodología de análisis elaborada expresamente para el estudio de los libros de texto (Pardo, 2004). En dicha metodología se definen tres tipos de aspectos a estudiar cuando se investigan este tipo de materiales.

Aspectos formales

El primer grupo es el de los aspectos formales de los libros (lenguaje, tipos y usos de ilustraciones, estructura interna del tema, criterios de selección de contenidos, calidad visual y gráfica, etc).

La necesidad de estudiar y valorar estas cuestiones queda bien fundamentada en el trabajo de Izquierdo & Rivera (1997) cuando indican que "un libro de ciencias es ante todo un texto y debe cumplir, por tanto, los requisitos de este tipo de comunicación". Se analizarán, por tanto, dentro de este ámbito aquellas cuestiones que están orientadas a que un texto cualquiera aporte información clara y coherente, su lectura resulte agradable y sea sencilla, y su comprensión mejore con independencia del tema que trate. Son aspectos que, bajo diferentes nombres y presupuestos, aparecen considerados en la mayoría de las propuestas de análisis estudiadas y que se recogen en la bibliografía, si bien los puntos concretos que entran bajo este epígrafe presentan ciertas variaciones en las diferentes metodologías.

Su estudio resulta necesario, ya que influyen directamente en el plano didáctico y facilitan o dificultan el desarrollo de los aprendizajes. En nuestra investigación se han tenido en cuenta aquellos que, a nuestro juicio (Pardo, 2004), tienen una mayor influencia en estas variables.

Aspectos didácticos

El segundo tipo de aspectos es el de los didácticos (relación entre objetivos y contenidos, tipos de contenidos, tipos de actividades, atención a la diversidad, vínculos al mundo del lector, características del tipo de ciencia que se muestra, etc).

Este ámbito se justifica en el carácter específicamente educativo que los libros de texto tienen. Sin pretender entrar en una discusión sobre sus virtudes y defectos, resulta in-

negable el peso específico que estos materiales tienen realmente en todos los niveles del sistema educativo. También es imprescindible considerar la importancia que a elementos como su calidad, modernidad, atractivo y adecuación a los contenidos mínimos propuestos desde las diferentes administraciones educativas dan todos los estamentos (alumnos, padres y profesores) implicados en el proceso educativo. Por tanto, es necesario abordar este ámbito para obtener la respuesta a algunas de las preguntas formuladas más arriba, que sólo se podrán entender cuando se conozcan las intenciones y los planteamientos educativos del material y las actuaciones concretas que éste desarrolla para llevarlas a cabo.

Son consideraciones a tener en cuenta de manera específica al elaborar un material de tipo educativo. Por tanto, le son propias por la pretensión didáctica del material y deben tenerse presentes para lograr la función última del libro de texto. En nuestro supuesto de trabajo, esta función es la de facilitar los aprendizajes.

Aspectos científicos

El tercer grupo es el de los aspectos científicos, que pueden incluir variables de tipo general dentro del ámbito geológico como la modernidad de los conocimientos, el acercamiento a las características de la Geología o el uso del lenguaje científico. También se incluyen en este apartado aquellas variables concretas que van a estudiarse y que se definen para cada trabajo concreto. En este caso, y tal y como se señaló anteriormente, hemos seleccionado los conocimientos referentes a fósil y fosilización, como conceptos fundamentales para la correcta comprensión de la historia de la vida.

En este caso el estudio realizado es esencialmente cualitativo y pretende una primera aproximación a esta problemática en el campo de la paleontología. Por este motivo, y frente al procedimiento establecido en el trabajo original (Pardo, 2004), no se establecen tratamientos "ideales" de los conceptos investigados ni se adjudican valores a los diferentes libros en función de la mayor o menor precisión en el tratamiento de los mismos.

Esta metodología se ha aplicado en un total de doce libros de 4º curso de ESO correspondiente a diez firmas editoriales, y se obtienen resultados muy significativos en los tres campos de análisis. Hay que señalar que cuatro de los libros no incluyen unas referencias previas sobre los conceptos de fósil y fosilización, sino que directamente describen los aspectos más importantes de la historia de la vida siguiendo un orden cronológico. Estas ausencias contribuyen a sembrar en los alumnos ideas erróneas o lagunas importantes difíciles de solventar.

Finalmente comentar que este estudio no se pretende cuestionar la calidad de un libro concreto sino el tratamiento de algunos conceptos científicos.

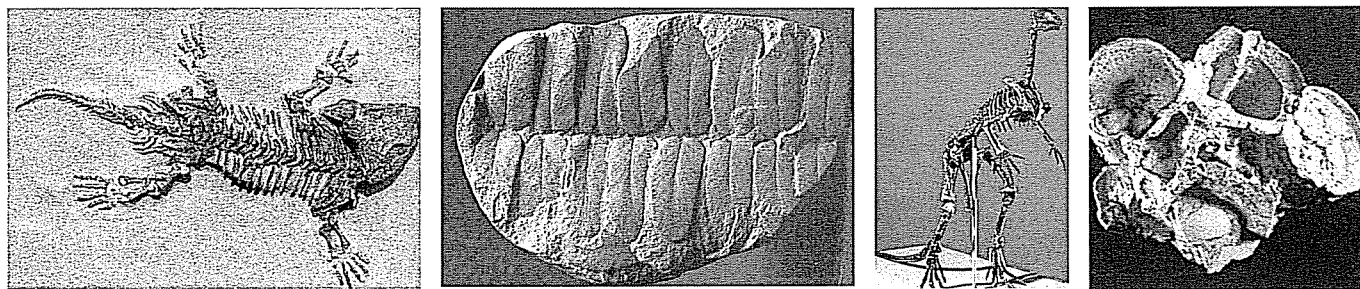


Figura 1

Tamaño igual para diferentes fósiles aparecidos en el mismo libro de texto

RESULTADOS DE LOS ASPECTOS FORMALES Y DIDÁCTICOS

Los aspectos formales y didácticos de los libros de texto estudiados serán, por motivos obvios, los mismos independientemente del tema geológico que se va a investigar. Esta necesidad se desprende de la propia definición de dichas categorías que se establece en el apartado precedente; por tanto, los resultados y las conclusiones que se han obtenido en el trabajo que definió la metodología (Pardo, 2004) resultan en líneas generales válidos también para esta investigación.

Por tratarse de un trabajo sobre una temática muy concreta y ya que las conclusiones detalladas están en el trabajo antes citado, sólo se reseñan las más importantes en ambos grupos de aspectos.

En relación con los aspectos formales, los libros de texto modernos muestran una elevada calidad y aprovechan muchos de los recursos que ofrecen las nuevas tecnologías de composición y edición. Sin embargo, el uso de estos recursos -especialmente de los de tipo gráfico- se ajusta a patrones muy conservadores y no se aprovechan lo suficiente para facilitar el estudio de temas de gran contenido visual como son los propios de la Geología. Por otra parte, tanto el lenguaje no específico como la calidad gráfica resultan adecuadas en general y facilitan el uso de los libros por parte de los alumnos.

Los materiales analizados muestran signos que parecen indicar la asunción por parte de los autores de algunos de los principios pedagógicos y didácticos más elementales. Algunos ejemplos son la valoración de la importancia de la cohesión interna de los temas, la organización de la información, la atención a diferentes tipos de contenidos o el planteamiento de objetivos educativos.

Otras variables de tipo didáctico siguen sin apenas considerarse a la hora de elaborar los libros de texto en lo que parece ser una tendencia fuertemente continuista y conservadora de las editoriales. Algunos ejemplos de esta falta de atención tienen que ver con la interdisciplinariedad de los co-

nocimientos, la imagen de la ciencia que se ofrece, la rara distinción entre los hechos y las hipótesis científicas, y la escasez de contenidos de procedimiento y de actitud.

RESULTADOS DE LOS ASPECTOS CIENTÍFICOS

Por lo que respecta al concepto de fósil, casi siempre integrado en la unidad didáctica sobre historia de la Tierra, hay diferentes tratamientos por parte de las editoriales consultadas. La mayoría se refieren a restos mineralizados de seres vivos, pero sólo algunos especifican que este concepto también hace alusión a las huellas o trazas de la actividad de estos seres vivos (por ejemplo, Fernández *et al.*, 1999; Panadero *et al.*, 1999; Berges *et al.*, 1995). Prácticamente ningún libro de texto se refiere a los fósiles, en su definición, como seres que vivieron en el pasado (la salvedad son los libros de texto de Calafell *et al.*, 1999, y Calvo *et al.*, 1998) y, mucho menos, comentan que han llegado hasta nuestros días formando parte de las rocas sedimentarias (sólo Alcalde *et al.*, 1998; Berges *et al.*, 1995, y Calvo *et al.*, 1998). En este sentido nos parece lamentable observar en algunos textos expresiones como "transformado en piedra", "la vida convertida en piedra", etc, por parte de autores que deberían escribir con más propiedad sobre el término roca.

Sobre el concepto de fosilización hay que señalar que la mayoría de los libros contrastados hacen alusión a transformaciones químicas donde la materia orgánica se sustituye por inorgánica, lo que posibilita su conservación a lo largo del tiempo. Sin embargo, esta definición resulta muy simple ya que no tiene en cuenta si se trata de materia orgánica mineralizada o no mineralizada, ni tampoco incluye los diferentes tipos de fósiles (moldes, icnofósiles, fósiles químicos, etc) que implican fosilizaciones diferentes. Asimismo, casi todos estos libros explican el proceso previo a la fosilización e incluyen gráficos y/o imágenes del proceso (Calafell *et al.*, 1999; Calvo *et al.*, 1998, y Fernández *et al.*, 1999, etc) mayoritariamente reduccionistas.

Otro hecho sorprendente se ha detectado en las actividades propuestas normalmente al final de cada tema. Así podemos observar en el libro de texto de España *et al.* (1999) que la pregunta 6 dice “¿Qué son los fósiles?”, cuando no se explica específicamente este concepto.

En el libro de Alcalde *et al.* (1998) resulta contradictorio observar cómo la actividad experimental propuesta se titula “fabricando moldes de fósiles”, y las cuestiones planteadas hacen referencia al proceso de fosilización sin que en ningún apartado de este tema se haya explicado el mencionado concepto.

Las experiencias que con más frecuencia recogen la mayoría de los libros son la realización de moldes de fósiles y la colección de fósiles. Con respecto a esto último su localización hace referencia al entorno próximo, lo cual resulta negativo para las investigaciones en marcha y no se atiene a las leyes vigentes. Ante lo cual proponemos la posibilidad de realizar intervenciones autorizadas para evitar el expolio de yacimientos que actualmente están siendo estudiados.

En este sentido nos resulta más acertada la opción que incluyen algunos que en lugar de experiencias proponen análisis de textos paleontológicos (“Nuevas pruebas de que un gran meteorito eliminó a los dinosaurios”, El País, 31-10-1998 en Fernández *et al.* (1999), o “¿Causó el Homo sapiens la extinción del hombre de Neandertal?” en Pedrinaci & Gil, 2003) o actividades de pensar y responder (Berges *et al.*, 1998; Calvo *et al.*, 1998; España *et al.*, 1999; García Gregorio *et al.*, 1997, y Panadero *et al.*, 1999).

En cuanto a las imágenes, se observa en algunos textos fotos que incluyen moldes, exoesqueletos y endoesqueletos (esto es, se mezclan restos de organismos con el organismo en sí) y tamaños que no se corresponden, pues carecen de escala hecho que también ponen de manifiesto Calvo *et al.* (2004). Por ejemplo, en el libro de Alcalde *et al.* (1998) las figuras de la página 87 (*Symouria bayloresiana* y *Neuroopsis giganteus*) y de la página 89 (*Hypsilophodon* y colonia de rudistas) tienen las mismas proporciones tratándose de elementos diferentes. Y en cuanto a los cuadros resumen casi todos los ejemplos tienen el mismo tamaño. Tal es el caso de Calvo *et al.* (1998: 72), España *et al.* (1999: 235), García Gregorio *et al.* (1997: 123), Panadero *et al.*, (1999: 60 y 61), etc. Esta ausencia de escala se detecta en textos de otras editoriales por lo que se constata como un error frecuente.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se exponen a continuación se refieren exclusivamente a los aspectos de tipo científico estudiados en esta investigación:

La selección de contenidos realizada por los autores puede dejar fuera de los conocimientos básicos recogidos en los libros de texto conceptos tales como fósil y fosilización, que son indispensables para comprender la historia de la vida.

Además, estas ausencias contribuyen a sembrar en los alumnos ideas erróneas o lagunas importantes difíciles de solventar. Este es el caso de algunos libros de texto que directamente describen la historia de la vida desde su origen hasta la actualidad sin definir los términos fósil o fosilización (libros de texto de Berges *et al.*, 1998, y Panadero *et al.*, 1999). Dato relevante si consideramos las aplicaciones de los fósiles como elementos fundamentales para conocer la evolución y la edad de las rocas que los contienen.

El hecho de que la fosilización se lleve a cabo en las rocas sedimentarias favorece la idea de estudiar conjuntamente el origen de las rocas y el de los fósiles, y que consideremos la pertinencia de plantear el problema con un sentido histórico (Lillo, 1996).

Se hace necesario plantear los libros de texto como una herramienta que trabaje también en reconducir el método de enseñanza de la Geología hacia un aprendizaje más activo que tenga en cuenta el trabajo con los procedimientos geológicos y con las actitudes propias de la ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el Proyecto PI2003/027 de la Universidad de Alcalá.

Bibliografía

- ALCALDE, A.; FERNÁNDEZ, B.; MUÑOZ, J.A.; GÓMEZ DE SALAZAR, J.M. & MÉNDEZ, M.J. 1998. Biología y Geología, 4º ESO, Darwin. Ed. SM, Madrid, 285 pp.
- BERGES, T.; CARRIÓN, F.; GIL, C. & MARTÍNEZ, J. 1995. Biología y Geología, Ciencias de la Naturaleza, 4º ESO. Serie Nuestro Mundo. Ed. Anaya, Madrid, 135 pp.
- BERGES, T.; CARRIÓN, F. & GIL, C. 1998. Biología y Geología, 4º ESO. Serie Nuestro Mundo. Ed. Anaya, Madrid, 239 pp.
- CALONGE, A.; BERCIAL, M.T.; GARCÍA SÁNCHEZ, J. & LÓPEZ CARRILLO, M.D. 2003. El uso didáctico de los fósiles en la enseñanza de las ciencias de la Tierra. Pulso, 26: 117-128.
- CALAFELL, R.; ÁLVAREZ, A.M.; PERDIGUÉS, J. & EQUIPO EDEBÉ. 1999. Biología y Geología, 4º ESO. Ed. Edebé, Barcelona, 127 pp.
- CALVO, D.; PALACIOS, F.J. & ALBARRACÍN, C. 1998. Biología y Geología, 4º ESO. Coralina XXI. Ed. Mc Graw Hill, Madrid, 223 Págs.
- CALVO, J.M.; CORTÉS, A.L. & MARTÍNEZ PEÑA, M.B. 2004. Algunos problemas relacionados con las imágenes de Geología en los libros de texto de Primaria y Secundaria. Geotemas, 6.4: 13-15.
- ESPAÑA, J.A.; LÓPEZ FENOY, V.; MORALES, J.V. & ARRIBAS, C. 1999. Biología y Geología, 4º ESO. Ed. Edelvives, Madrid, 240 pp.

- FERNÁNDEZ, M.A.; MINGO, B.; BERNABÈ, R.R. & TORRES, M^aD. 1999. *Biología y Geología, Entorno 4, 4º ESO*. Ed. Vicens Vives, Madrid, 222 pp.
- GARCÍA GREGORIO, M.; CARRATALÁ, S.; FURIÓ, J.; GREGORI, X. & SENDRA, R. 1997. *Biología y Geología, 4º ESO. Proyecto Avizor*. Ed. Ecir, Madrid, 170 pp.
- IZQUIERDO, M. & RIVERA, M. 1997. La estructura y la comprensión de los libros de ciencias. *Alambique*, 11: 24-33.
- LILLO, J. 1996. Ideas de los alumnos y obstáculos epistemológicos en la construcción de los conceptos fósil y fosilización. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3.3: 149-153.
- LIÑÁN, E. 1998. Los fósiles y el pensamiento paleontológico. La interpretación histórica de los fósiles. *Discurso de Ingreso. Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza*, 38 pp.
- LÓPEZ GARCÍA-GALLO, P. & RAMÍREZ, M.D. 2001. Taller: ¿Qué es un fósil? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9.2: 190-193.
- PANADERO, J.E.; FUENTE, R.; OLAZÁBAL, A.; LOZANO, A. & GONZÁLEZ, R. 1999. *Biología y Geología, 4º ESO. Ciencias de la Naturaleza*. Ed. Bruño, Madrid, 223 pp.
- PARDO, P. 2004. Los libros de texto en la enseñanza obligatoria de las Ciencias de la Tierra. El caso de la Estructura y la Dinámica Terrestre y sus Riesgos Asociados. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá, 456 pp. (Inédito)
- PEDRINACI, E. & GIL, C. 2003. *Biología y Geología. Proyecto Ecosfera, 4º ESO*. Ed. SM, Madrid, 271 pp.
- RÁBANO, I. & RODRIGO, A. 2001. El Museo Geominero: un recurso didáctico para la enseñanza de la Paleontología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9.2: 183-189.
- SANJOSÉ, V.; SOLAZ, J.J. & VIDAL-ABARCA, E. 1993. Mejorando la efectividad instruccional del texto educativo: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 11.2: 137-148.

Estructura ecológica de las comunidades de mamíferos de las sabanas turolenses (Mioceno Superior), Teruel (España)

Jesús Rodríguez¹, Sara Varela¹ y Manuel Nieto^{1,2}

1. CENIEH, Avda de la Paz nº 28, 09004. Burgos. España. jesus.rodriguez@cenieh.es; sara.varela@cenieh.es

2. Instituto de Neurobiología Ramón y Cajal (CSIC) Avenida del Doctor Arce, 37. 28002 Madrid. Museo. mcnd153@mncn.csic.es

Rodríguez, J.; Varela, S. y Nieto, M. 2005. Estructura Ecológica de las Comunidades de mamíferos de las sabanas Turolenses (Mioceno Superior), Teruel (España). [Ecological structure of the Turolian (Upper Miocene) mammalian communities from Teruel (Spain).] *Revista Española de Paleontología*.

ABSTRACT

Ecological structures of three Turolian (upper Miocene) fossil assemblages from the Alfambra-Teruel basin (Teruel, Spain) are compared with that of 43 tropical recent communities. Recent communities are located within the Oriental, Ethiopic and Neotropical realms, and belong to the Savannah and Rainforest Divisions of Bailey's classification. The influence of several taphonomic biases has been tested, simulating different biases in some representative recent communities and comparing them with the fossil assemblages. Results evidence that recent communities from savannah environments differ in structure from communities from tropical rainforests. In addition, recent savannah communities differ in ecological structure according to their biogeographical position. Turolian assemblages lack perfect recent analogues but they are more similar to recent ethiopic savannah communities than to any other recent community, although ethiopic savannahs are richer in species than turolian assemblages. This difference may be due to incompleteness of the fossil record or to other factors.

KEY WORDS: MAMMALS, COMMUNITIES, CONVERGENCE, MIOCENE, SAVANNAHS.

RESUMEN

Se compara la estructura ecológica (riqueza y composición) de tres asociaciones de mamíferos del Turolense (Mioceno superior) de la cuenca de Alfambra-Teruel (Teruel, España) con la de 43 comunidades actuales de las regiones Oriental, Etiópica y Neotropical. El objetivo es detectar la existencia o no de comunidades actuales con una estructura análoga a la de las paleocomunidades analizadas, y evaluar la influencia de los factores ambientales e históricos sobre la estructura de una comunidad ecológica. Para controlar los posibles efectos de sesgos tafonómicos sobre la composición de las asociaciones fósiles se han generado muestras al azar a partir de las comunidades actuales, simulando el efecto de distintos tipos de sesgo. Los resultados demuestran que las comunidades de sabanas actuales difieren en estructura de las de selvas y bosques tropicales, pero también tienen distinta estructura ecológica en función del área biogeográfica de procedencia, y que las asociaciones fósiles analizadas se asemejan en estructura ecológica a las comunidades de sabanas etiópicas actuales, pero están empobrecidas respecto a éstas. La diferencia de riqueza podría deberse a un registro incompleto o a que la diversidad de las paleocomunidades turolenses quedó limitada respecto a las africanas por otros factores.

PALABRAS CLAVES: MAMÍFEROS, COMUNIDADES, CONVERGENCIA, MIOCENO, SABANAS.

INTRODUCCIÓN

El Turolense es un periodo caracterizado por una tendencia a la aridificación aunque manteniendo temperaturas elevadas, si bien esta tendencia no parece haber sido monotónica (Dam & Weltje, 1999). En cualquier caso, es generalmente aceptado que en este periodo se produce una expansión en la Península Ibérica de los ambientes de

tipo sabana (Alcalá, 1994; Morales, 2003). El término "sabana" designa un tipo de ecosistema, caracterizado por la existencia de un estrato herbáceo continuo, que normalmente va acompañado por la presencia de leñosas más o menos dispersas (Bourlière, 1983). Actualmente podemos encontrar estas formaciones en Sudamérica, África, el Sudeste Asiático y el norte de Australia. Nieto *et al.* (en prensa) han demostrado la existencia de grandes diferencias

LOCALIDAD	AREA (KM2)	DIVISIÓN	PROVINCIA	REFERENCIA
Neotropical				
1	Balboa	?	Selva	Selvas oceánicas/Bosques mixtos Fleming, 1973.
2	Belém	?	Selva	Pluviselvas con estación seca corta Kay and Madden, 1997
3	Cocha Cashu	4080	Selva	Pluviselvas Kay and Madden, 1997
4	Cristobal Panamá	6797	Selva	Selvas oceánicas/Bosques mixtos Fleming, 1973.
5	Ecuador tropical	105	Selva	Pluviselvas Kay and Madden, 1997
6	Esmeralda		Selva	Pluviselvas Kay and Madden, 1997
7	Manaus	492	Selva	Pluviselvas Kay and Madden, 1997
8	Sian Ka'an	6556	Selva	Selvas oceánicas MAB
9	Yasuni	540	Selva	Pluviselvas MAB
10	Aguas Emendadas (Brazil)	30	Sabana	Sabanas secas MAB
11	Federal District	15234	Sabana	Sabanas secas Kay and Madden, 1997
12	Iguazú National Park	151	Sabana	Bosques mixtos MAB
13	La Amistad (Panama)	?	Sabana	Bosque caducifolio MAB
14	Los Tuxlas	?	Sabana	Bosques mixtos Estrada et al, 1994.
15	Masaguaral		Sabana	Sabanas moderadamente húmedas Kay and Madden, 1997
16	Noel Kempff Mercado NP (Bolivia)	137	Sabana	Bosque caducifolio MAB
17	Mburucuyá (Argentina)	500	Sabana	Sabanas MAB
18	Puerto ayacucho	900	Sabana	Sabanas secas Kay and Madden, 1997
19	Puerto Páez	530	Sabana	Sabanas húmedas/Sabanas secas Kay and Madden, 1997
20	Rancho Acurizal	344	Sabana	Bosque caducifolio/Sabanas húmedas Schaller, 1983
21	Rio Pilcomayo (Argentina)	2573	Sabana	Sabanas MAB
Oriental				
22	Gunung Palung	940	Selva	Pluviselvas MAB
23	Krau (Malaysia)	365	Selva	Pluviselvas MAB
24	Bandhavgarh (India)	2750	Sabana	Bosque caducifolio/Sabanas moderadamente húmedas MAB
25	Cat Tien (Viet Nam)	216	Sabana	Sabanas moderadamente húmedas MAB
26	Kanha	5260	Sabana	Sabanas húmedas/Sabanas moderadamente húmedas MAB
27	Sanjay (India)	?	Sabana	Bosque caducifolio/Sabanas moderadamente húmedas MAB
28	Simlipal (India)	50	Sabana	Bosque caducifolio MAB
29	Tansa Wildlife Sanctuary (India)	20720	Sabana	Bosque caducifolio MAB
Etiópica				
30	Dja	180	Selva	Pluviselvas con estación seca corta MAB
31	Sérédoug. Guinea	320	Selva	Bosques mixtos Roche, 1971
32	Basse Casamance	144	Sabana	Sabanas húmedas Dupuy 1973
33	Etosha (Namibia)	14763	Sabana	Sabanas MAB
34	Malolotjia Nature Reserve (Swaziland)	9500	Sabana	Sabanas MAB
35	Mamili (Namibia)	38000	Sabana	Sabanas MAB
36	Mlawula	8784	Sabana	Sabanas MAB
37	Serengueti	20000	Sabana	Sabanas moderadamente húmedas Swynnerton, 1958
38	South Turkana 14	6371	Sabana	Sabanas moderadamente húmedas Coe, 1972.
39	Transvaal 41	5000	Sabana	Sabanas Rautenbach, 1978
40	Transvaal 42	?	Sabana	Sabanas Rautenbach, 1978
41	Transvaal 44	?	Sabana	Sabanas Rautenbach, 1978
42	West Caprivi Game Reserve (Namibia)	4080	Sabana	Sabanas MAB
43	Zinave	6797	Sabana	Sabanas Dalquest, 1965, 1968.

Tabla 1

Comunidades actuales incluidas en los análisis, indicando su pertenencia a la División "Sabanas" o "Selva" así como la Provincia Ecológica en la que se encuentran de acuerdo con la clasificación de Bailey (1996). MAB hace referencia a la base de datos del Proyecto Man And Biosphere de la UNESCO, accesible en la dirección: <http://www.ice.ucdavis.edu/bioinventory/bioinventory.html>

Table 1

Recent communities used in the analysis, classified according to Bailey's Ecoregions (Bailey, 1996) and specifying Division and Province. MAB refers to UNESCO Man And Biosphere Project databases at <http://www.ice.ucdavis.edu/bioinventory/bioinventory.html>

en la diversidad de las comunidades actuales de mamíferos de sabanas situadas en diferentes regiones biogeográficas, debidas a las diferentes historias de cada una de las faunas regionales. En el presente trabajo se compara la estructura ecológica, es decir la riqueza y composición, de tres comunidades de mamíferos tuolienses con las de comunidades

actuales de regiones tropicales. Aceptando que la estructura ecológica de una comunidad es el resultado de la interacción de factores ambientales e históricos (Ricklefs & Schluter, 1993; Ben-Moshe *et al.*, 2001; Blondel *et al.*, 1984; Blondel, 1991; Cody & Mooney, 1978; Crowder, 1980; Losos, 1992; Morton, 1979; Samuels & Drake, 1997; Fuentes, 1980;

Rodríguez, 2004), cabe esperar tanto similitudes como diferencias en la estructura de comunidades de Sabana de diferentes regiones biogeográficas y edades. El predominio de unas u otras dependerá de la importancia relativa que hayan tenido los factores ecológicos, que promueven las semejanzas, respecto a los históricos, que determinan la existencia de diferencias. El objetivo del presente trabajo es establecer la existencia o no de análogos actuales para las comunidades de mamíferos turolenses y, en caso afirmativo, evaluar el grado de semejanza con el fin de establecer la importancia relativa de los factores ecológicos y los históricos a la hora de determinar la estructura ecológica de dichas comunidades.

MATERIAL Y METODOS

Se han recopilado de la bibliografía (Alcalá, 1994; Dam *et al.*, 2001) las listas de mamíferos de tres yacimientos turolenses: Los Mansuetos, Cerro de la Garita y Las Casiones (Fig. 1). Se seleccionaron estos yacimientos por su riqueza en fósiles y por no presentar sesgos importantes conocidos (Alcalá, 1994). Los Mansuetos y Cerro de la Garita se sitúan en la MN12 (7,1-8,2 Ma), mientras que Las Casiones corresponde a la MN13 (5,3-6,1 Ma) (Alcalá, 1994; Dam *et al.*, 2001).

La base de datos de comunidades actuales utilizada se compone de las listas faunísticas de 43 localidades tropicales de África, Sudamérica y el Sudeste Asiático (Fig. 2 y Tabla 1) situadas en las regiones de Sabanas (*Savannah Division*) o Bosques tropicales (*Rainforest Division*) de acuerdo con la clasificación de Bailey (1996). Estas listas corresponden a inventarios de fauna publicados por diversas fuentes detalladas en la tabla 1. Las localidades presentan extensiones muy distintas, sin embargo la variabilidad en el área de las localidades explica solo un porcentaje muy bajo de la variabilidad en la estructura y riqueza de las comunidades (datos no mostrados) y por tanto no afectan a nuestros análisis como hemos demostrado previamente (Nieto *et al.*, 2005). Las especies exóticas y la fauna doméstica fueron excluidas de las listas, y solamente se incorporaron a la base de datos aquellas listas faunísticas que, a juzgar por la documentación disponible a partir de las fuentes originales, pueden considerarse inventarios esencialmente completos. En ningún caso se emplearon listas compiladas a partir de mapas de distribución. Se incluyeron las comunidades de bosques tropicales con el fin de tener un patrón con el que comparar las comunidades fósiles y actuales de sabanas y poder evaluar la influencia de los factores ambientales sobre la estructura de la comunidad. La clasificación de Bailey es un sistema jerárquico que divide el planeta en una serie de

grandes Dominios climáticos, dentro de los cuales se reconocen unidades menores o Divisiones cada una de las cuales se subdivide a su vez en varias Provincias. Dentro de la División Sabanas se incluyen también las Provincias correspondientes a bosques tropicales caducifolios y mixtos, caracterizados por la existencia de una estación seca marcada (Provincias 89 y 91). En los análisis se han considerado las localidades de estas Provincias dentro de un grupo aparte, denominado bosques caducifolios.

La metodología empleada para comparar la estructura ecológica de diferentes comunidades o asociaciones fósiles se basa en la desarrollada por Andrews *et al.* (1979) y utilizada en numerosos trabajos posteriores (Perez & Soria, 1989; Andrews, 1992; Bonis *et al.*, 1992; Andrews, 1995; Alcalá, 1994; Kay & Madden, 1997; Reed, 1997) pero empleando técnicas de análisis multivariante (Componentes Principales), como se describe en detalle en Rodríguez (2001). Este método consiste en definir tres variables discretas (Locomoción, Peso y Alimentación) que pretenden describir el nicho ecológico potencial de cada especie de la comunidad (ver Tabla 2) y asignar a continuación a cada especie un valor para cada una de estas variables. Las especies actuales se han clasificado de acuerdo a la información obtenida de Nowak (1999), mientras que las fósiles se han clasificado siguiendo a Alcalá (1994) y por comparación con especies actuales próximas filogenéticamente. La matriz de entrada utilizada en el Análisis de Componentes Principales (ACP) es la constituida por las faunas locales frente al número de especies en cada categoría ecológica (Tabla 3). El empleo del número de especies en lugar de porcentajes implica la incorporación de la riqueza de especies al análisis.

Un aspecto que siempre debe tenerse en cuenta en los estudios paleoecológicos, especialmente en el caso de análisis de comunidades, es la posible influencia de sesgos tafonómicos. Beherensmeyer & Dechant Boaz (1980) estudian una muestra de restos esqueléticos actuales recogidos en diferentes transectos del parque de Amboseli, encontrando que más del 80% de las especies de mamíferos no carnívoros mayores de 1 kg. que habitan el parque aparecen representadas en esta muestra. Sin embargo, en el caso de los carnívoros, en torno a la mitad de las especies que habitan el parque no aparecen representadas en la misma. Para intentar controlar el efecto de este y otros posibles sesgos, se ha desarrollado un nuevo método consistente en la generación de una serie de muestras al azar a partir de dos localidades de sabanas y dos de bosques tropicales actuales, una africana y otra sudamericana en cada caso. Este test consiste en generar 100 "comunidades" artificiales eliminando especies al azar a partir de las presentes en la comunidad original, de acuerdo a diferentes criterios. En primer lugar se ha simulado un sesgo



Figura 1

Situación de los yacimientos de Las Casiones, Cerro de la Garita y Los Mansuetos en la cuenca de Alfambra-Teruel.

Figure 1

Location of Las Casiones, Cerro de la Garita and Los Mansuetos sites in the Alfambra-Teruel basin.

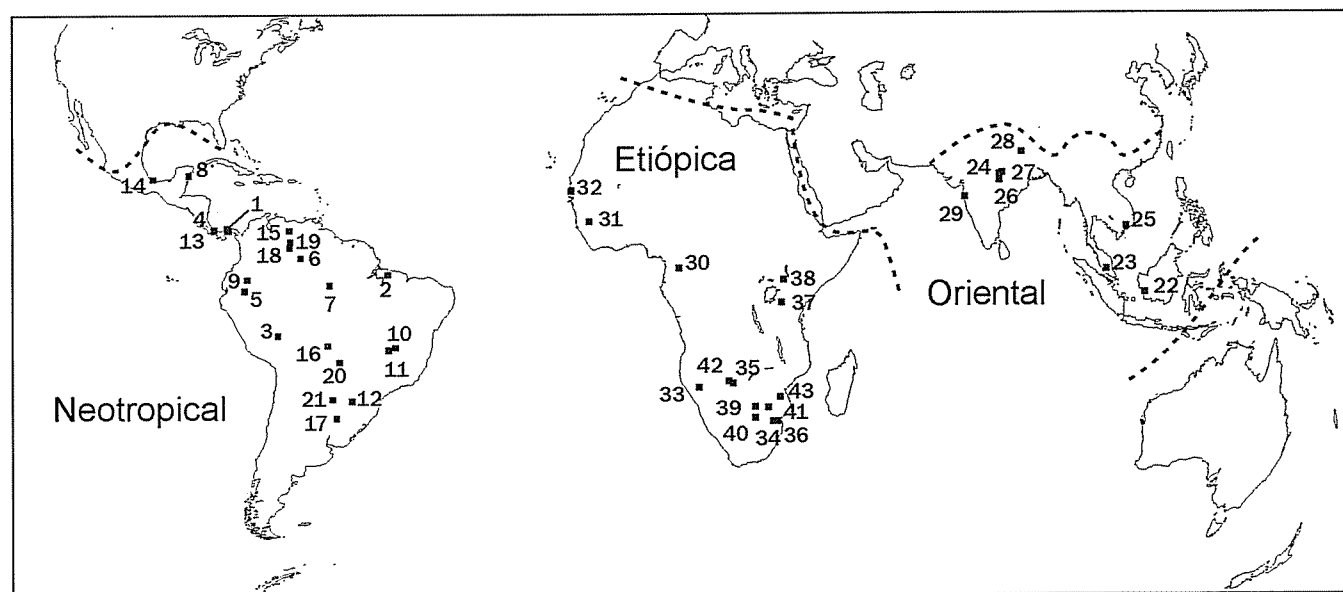


Figura 2

Situación de las 43 localidades actuales estudiadas indicando los límites de las tres regiones biogeográficas consideradas según Cox (2001).

Figure 2

Location of the 43 recent localities considered in the analysis. The borders of the three biogeographic regions considered are shown according to Cox (2001).

puramente aleatorio, generando muestras totalmente al azar con un número de especies igual al de las presentes en las asociaciones fósiles. También se ha explorado el efecto de sendos sesgos específicos que sólo afectasen a la microfauna o a los carnívoros. El sesgo específico para los carnívoros se ha aplicado únicamente a la comunidad de

sabana africana (Serengeti), ya que el resto de comunidades son demasiado pobres en este grupo de especies como para que se aprecie el efecto. Se ha contrastado el efecto de dos sesgos de diferente intensidad, uno eliminando el 50% de las especies de carnívoros al azar, y otro en el que se han eliminado el 75% de las especies presentes en

Locomoción	Pequeños mamíferos terrestres (PMT).	Mamíferos de pequeño tamaño que viven normalmente en el suelo pero pueden trepar a arbustos, rocas, troncos caídos, etc.
	Terrestres (GMT)	Animales que viven exclusivamente en el suelo y son incapaces de trepar.
	Fosores (FOS)	Mamíferos que viven en galerías subterráneas y se alimentan bajo tierra.
	Trepadores (TRE),	Mamíferos capaces de trepar a los árboles pero sólo en busca de comida o refugio.
	Arborícolas (ARB),	Mamíferos que viven en los árboles de forma permanente.
	Acuáticos (ACU)	Mamíferos que viven en masas o corrientes de agua.
Peso	A	<100 g.
	B	100g 1 Kg.
	C	1-10 Kg.
	D	10-45 Kg.
	E	45-90 Kg.
	F	90-180 Kg.
	G	180-360 Kg.
	H	360-1000 Kg.
	I	>1000 Kg.
Alimentación	Carnívoros (CAR)	Mamíferos que se alimentan de otros vertebrados
	Insectívoros (INS)	Mamíferos que se alimentan de invertebrados.
	Omnívoros (OMN)	Mamíferos que consumen materia de origen animal y vegetal en cantidades semejantes..
	Frugívoros (FRU)	Mamíferos que se alimentan exclusivamente de fruta
	Pastadores (PAST),	Mamíferos que se alimentan de gramíneas, dentición generalmente hipsodonta.
	Ramoneadores (RAM)	Mamíferos que se alimentan de plantas no gramíneas, dentición generalmente braquiodonta.
	Herbívoros (HER)	Mamíferos que se alimentan de tejidos vegetales de forma no específica o que no pueden incluirse en las dos categorías precedentes. Los micromamíferos granívoros se incluyen aquí.

Tabla 2

Variables ecológicas utilizadas para describir el nicho potencial de las especies y definición de sus posibles valores (basado en Andrews *et al.*, 1979).

Table 2

Variables used to describe the potential niche of every species and definitions of their possible values (based on Andrews *et al.*, 1979).

la comunidad. En el caso del sesgo en contra de los pequeños mamíferos, los niveles se han fijado en la eliminación del 33% y el 50% de las especies menores de 1 kg. respectivamente.

Con el fin de obtener una clasificación del grado de similitud y diferencia en la estructura de las comunidades y paleocomunidades más fácil de interpretar, se ha utilizado un análisis de cluster. La matriz de entrada se compone de las coordenadas de los casos en los Componentes Principales con autovalor mayor que 1. En el caso de las muestras obtenidas mediante aleatorizaciones, y con el fin de no distorsionar el análisis, se ha introducido solamente el valor medio de cada uno de los grupos. Se ha empleado la distancia euclídea al cuadrado, ya que se trata de medir distancias en un espacio n-dimensional, y el algoritmo de aglomeración del centroide, muy usado en ecología ya que es muy robusto frente a los valores extremos (Hair *et al.*, 1998) y no está restringido a crear grupos esféricos (Digby & Kempton, 1987). Además, se han empleado los autovalores de cada Componente para "pesar" la contribución de cada uno de los mismos al análisis, de modo que cada Componente contribuya al resultado final en proporción al porcentaje de varianza que explica.

RESULTADOS

Los resultados del ACP pueden verse en la Tabla 4 y la figura 2. Los dos primeros Componentes explican el 70% de la varianza original. El primer componente (CP1) tiene una alta correlación negativa con la riqueza ($r = -0,88$, $p < 0,001$), situándose las comunidades más ricas a la izquierda de este componente, si bien debemos matizar que dos variables (Arborícolas y Frugívoros) tienen carga positiva en el CP1 (Tabla 4), por lo que la interpretación es algo más compleja. Es decir, dos comunidades con el mismo número de especies no ocuparán la misma posición en el componente si difieren en la riqueza de especies en estas dos variables. Esto puede explicar porqué los valores más bajos (negativos) en este componente corresponden a comunidades de sabana. El segundo componente separa claramente las comunidades de bosques y selvas tropicales de las de sabanas, en función de la proporción de pequeños mamíferos (variables B y C), arborícolas, trepadores, frugívoros y omnívoros frente a grandes mamíferos herbívoros (variables G, H, I, GMT, PAST y RAM). Una clara separación se establece entre las sabanas etiópicas y las neotropicales, evidenciando la existencia en ellas de diferente estructura. Esta evidencia

LOCALITY	A	B	C	D	E	F	G	H	I	ACU	ARB	FOS	LGM	SGM	TRE	CAR	FRU	HERB	INS	PAST	RAM	OMN	
1 Bualboa	5	11	16	2	0	3	0	0	0	1	9	0	7	13	7	8	3	10	4	0	1	11	
2 Belém	13	12	27	10	0	2	0	0	0	7	16	1	14	16	10	11	4	19	14	0	1	15	
3 Cocha Cashu	10	22	24	9	0	2	0	0	0	4	26	1	12	16	8	8	8	24	11	0	1	15	
4 Cristobal																							
Panamá	5	9	16	3	0	2	0	0	0	2	8	0	7	13	5	7	2	11	4	0	1	10	
5 Ecuador tropical	11	25	28	9	0	2	0	0	0	6	22	1	14	20	12	12	8	20	15	0	1	19	
6 Esmeralda	14	19	22	7	0	1	0	0	0	3	28	0	9	14	9	5	7	18	11	0	1	21	
7 Manaus	10	15	19	6	0	2	0	0	0	1	22	1	11	10	7	5	4	18	11	0	1	13	
8 Sian Ka'an	13	8	20	4	0	3	1	1	0	1	10	1	12	20	6	10	1	18	6	0	3	12	
9 Yasuni	17	26	29	7	0	3	0	1	0	5	26	1	13	25	13	13	8	29	11	0	1	21	
10 Aguas																							
Emendadas																							
(Brazil)	10	5	18	7	0	2	0	0	0	3	7	1	12	16	3	5	2	10	11	0	1	13	
11 Federal District	24	14	18	8	0	1	0	0	0	4	8	1	13	33	6	5	2	23	17	1	1	16	
12 Iguazú																							
National Park	4	7	24	8	0	3	0	0	0	5	6	0	14	16	5	13	1	13	9	0	0	10	
13 La Amistad																							
(Panama)	11	6	7	2	1	3	0	0	0	0	0	1	9	18	2	5	0	13	1	0	2	9	
14 Los Tuxlas	5	9	20	3	0	1	0	0	0	1	8	1	7	16	5	11	1	13	2	0	1	10	
15 Masaguaral	6	2	14	4	0	2	0	0	0	1	7	0	9	7	4	5	0	11	4	0	1	7	
16 Noel Kempff																							
Mercado NP																							
(Bolivia)	15	15	25	12	1	3	0	0	0	5	18	1	20	19	8	10	5	22	14	1	1	18	
17 Mburucyá	2	2	12	4	1	0	0	0	0	4	1	0	8	6	2	4	0	7	4	0	0	6	
18 Puerto ayacucho	7	11	17	6	0	2	0	0	0	2	15	1	11	8	6	4	4	14	9	0	2	10	
19 Puerto Pérez	5	2	11	4	0	1	0	0	0	3	6	0	6	6	2	4	1	8	5	0	1	4	
20 Rancho Acurizal	7	6	16	9	1	3	0	0	0	2	8	2	16	10	4	6	3	13	7	1	0	12	
21 Río Pilcomayo																							
(Argentina)	9	8	18	9	0	3	0	0	0	4	3	0	16	18	6	11	1	12	7	0	1	15	
22 Gunung Palung	9	19	33	5	2	1	0	0	0	5	21	0	9	20	14	13	2	21	11	0	2	20	
23 Krau (Malaysia)	9	26	32	5	3	3	2	2	2	4	27	0	19	22	12	14	3	23	7	1	6	30	
24 Bandhavgarh																							
(India)	3	2	11	8	4	1	2	1	0	0	1	0	18	6	7	9	0	7	4	3	1	8	
25 Cat Tien																							
(Viet Nam)	8	10	29	6	5	2	1	3	2	3	10	1	23	14	15	16	1	11	7	4	3	24	
26 Kanha	12	5	17	8	4	2	2	1	0	1	5	0	21	16	8	11	0	12	7	5	1	15	
27 Sanjay (India)	6	4	10	3	3	1	2	0	0	0	3	0	12	9	5	6	0	8	2	2	1	10	
28 Simlipal (India)	7	2	15	7	4	1	2	1	1	1	5	0	19	7	8	10	0	11	4	3	1	11	
29 Tansa Wildlife																							
Sanctuary (India)	10	5	15	3	3	1	2	0	0	0	3	0	14	14	8	9	0	10	3	2	2	13	
30 Dja	26	16	26	13	7	2	2	1	2	7	36	0	24	18	10	10	1	42	12	5	1	24	
31 Sérédou.																							
Guinea	22	9	15	4	0	0	0	0	0	4	18	0	5	18	5	3	1	21	9	0	1	15	
32 Basse																							
Casamance	7	8	14	7	6	0	0	2	1	6	6	0	13	14	6	10	0	13	5	3	1	13	
33 Etosha (Namibia)	28	15	15	12	4	2	8	3	3	0	2	2	35	43	8	17	0	26	13	11	5	18	
34 Malotija Nature																							
Reserve																							
(Swaziland)	19	9	13	16	5	2	2	0	2	4	1	2	27	28	6	12	0	20	10	11	3	12	
35 Mamili (Namibia)	27	10	17	14	9	3	7	3	4	6	1	1	40	39	7	19	0	23	13	14	5	20	
36 Mlawula	21	8	14	12	8	0	3	0	0	3	4	1	27	27	4	11	0	21	13	6	4	11	
37 Serengeti	18	9	21	17	9	2	5	2	3	3	6	1	40	30	6	17	0	23	12	12	5	17	
38 South Turkana	149	7	14	7	6	1	2	0	1	2	2	0	19	20	4	12	0	14	7	4	1	9	
39 Transvaal	41	27	14	22	17	8	3	8	3	3	4	4	2	44	45	6	15	0	29	18	18	7	18
40 Transvaal	42	29	13	17	17	7	2	8	3	2	5	2	2	40	42	7	16	0	24	16	17	6	19
41 Transvaal	44	27	11	20	15	8	1	6	3	4	5	4	3	38	40	5	18	0	24	17	12	7	17
42 West Caprivi																							
Game Reserve																							
(Namibia)	23	10	18	12	8	3	8	3	4	6	1	1	38	36	7	20	0	22	12	15	4	16	
43 Zinave	10	6	16	9	7	1	7	3	2	3	4	0	31	19	4	8	0	18	8	11	7	9	
LM Los Mansuetos	11	4	3	7	4	0	5	0	3	4	1	1	18	12	1	10	0	9	7	2	6	3	
CG Cerro de																							
la Garita	5	3	4	8	5	2	4	0	3	3	1	0	21	8	1	12	0	9	3	1	5	4	
LC Las Casiones	13	4	4	4	5	5	2	1	5	4	0	1	22	14	2	8	0	11	7	5	7	5	

Tabla 3

Matriz de frecuencias de variables ecológicas por localidad y yacimiento, utilizada en el Análisis de Componentes Principales.

Table 3

Data matrix employed in the Principal Components Analysis. Data composed of the frequencies of each defined ecological category in the analysed recent localities and fossil sites.

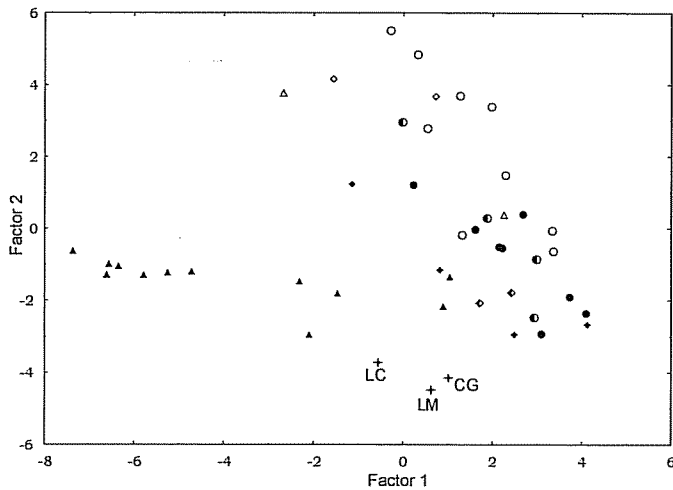


Figura 3

Primer y segundo componentes del Análisis de Componentes Principales. Triángulos negros: sabanas etiópicas; triángulos blancos: selvas etiópicas; círculos negros: sabanas neotropicales; círculos blancos: selvas neotropicales; círculos blancos y negros: bosques caducifolios neotropicales; rombos negros: sabanas orientales; rombos blancos: selvas orientales; rombos blancos y negros: bosques caducifolios neotropicales. LC; Las Casiones; LM: Los Mansuetos; CG: Cerro de la Garita.

Figure 3

First and second components of the Principal Components analysis. Black triangles: ethiopian savannahs; white triangles: ethiopian rainforests; black dots: neotropical savannahs; open circles: neotropical rainforest; black and white dots: neotropical deciduous forest; black diamonds: oriental savannahs; white diamonds: oriental rainforests; black and white diamonds: neotropical deciduous forests. LC; Las Casiones; LM: Los Mansuetos; CG: Cerro de la Garita.

se suma a la de estudios previos que han demostrado la existencia de grandes diferencias en la diversidad local de este tipo de comunidades entre las dos regiones biogeográficas (Nieto *et al.*, 2005).

Las tres asociaciones del Turolense se sitúan más próximas a las sabanas etiópicas que a ninguna otra comunidad actual en el componente 2, si bien tampoco quedan totalmente dentro de su distribución, en especial las de la biozona MN12 (Los Mansuetos y Cerro de la Garita). La posición de las asociaciones fósiles en el CP1, que expresa fundamentalmente riqueza, sugiere que una diferencia fundamental respecto a las sabanas africanas está relacionada por la menor riqueza de aquellas.

Los resultados del análisis realizado extrayendo muestras al azar de algunas comunidades actuales, pueden verse en la figura 4. Las asociaciones turolenses no quedan dentro de ninguna de las elipses que engloban el 99% de los casos resultado del análisis, pero se sitúan muy cerca de las correspondientes a un sesgo inespecífico a partir de la comunidad del Serengeti, apoyando la similitud en estructura ecológica entre las comunidades de sabanas africanas y las asociaciones turolenses. En cualquier caso, parece claro que las diferencias entre las asociaciones fósiles y las co-

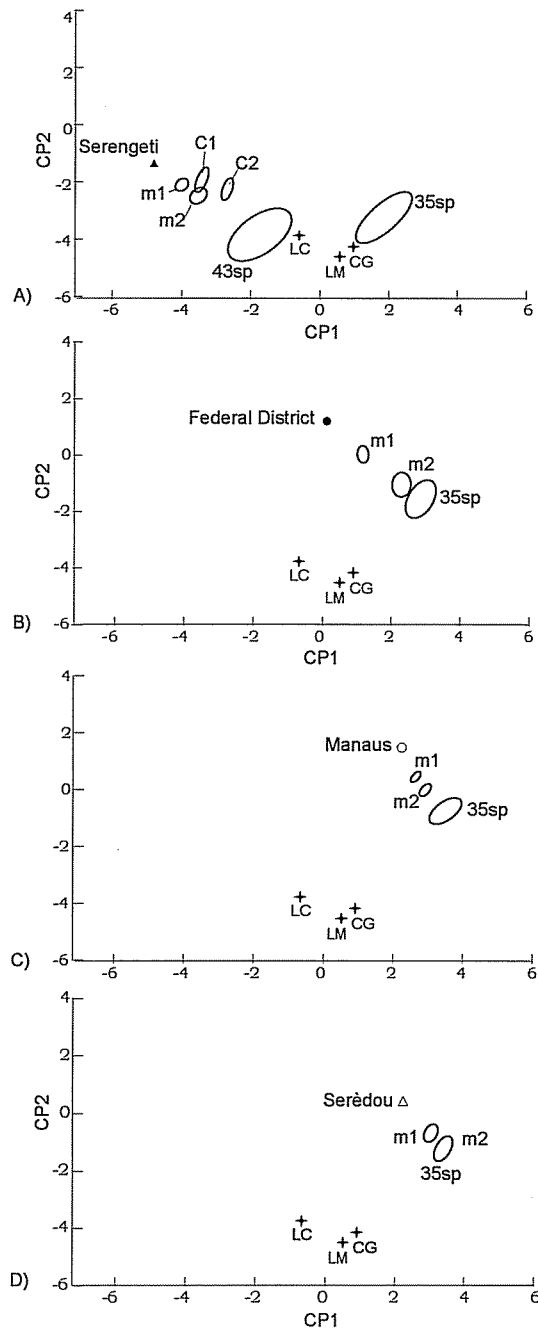
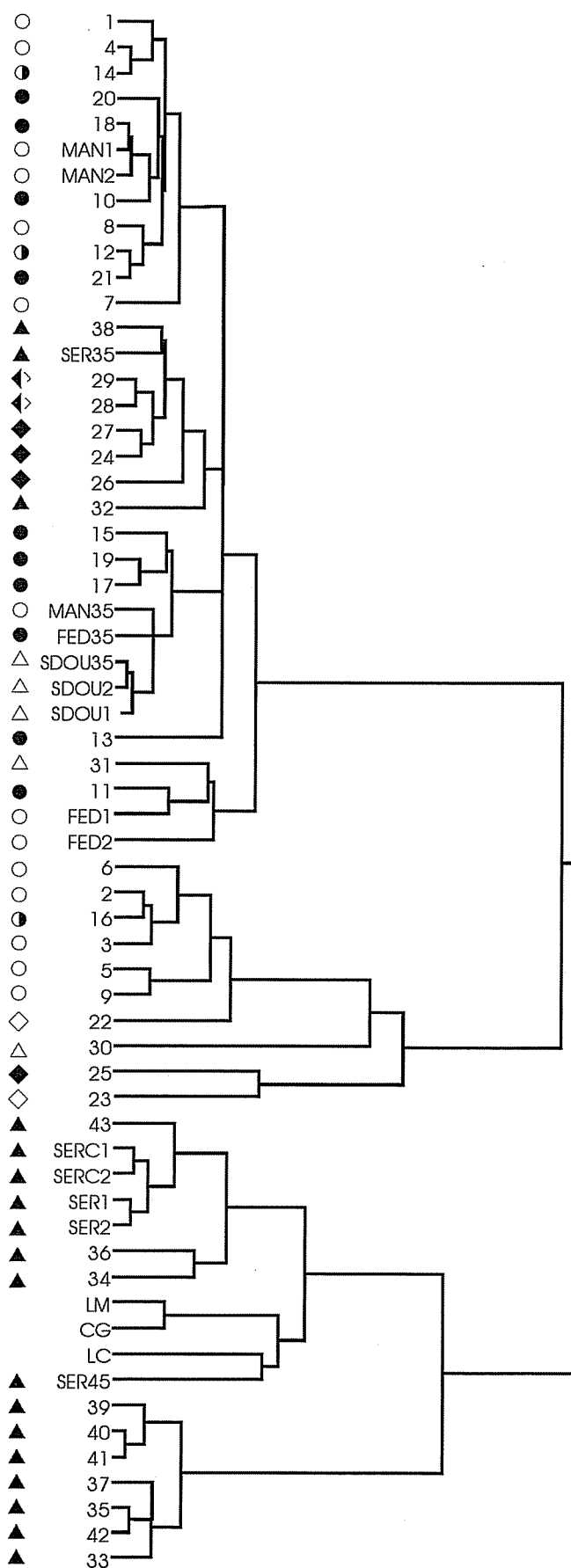


Figura 4

Resultado de los tests de aleatorización para una comunidad de sabana etiópica (A), una de sabana neotropical (B), una de selva etiópica (C) y otra de selva neotropical (D). Se ha simulado el efecto de varios sesgos diferentes: extracción de una muestra de 35 (35sp) o 45 especies (45sp); eliminación del 33% (m1) o el 50% (m2) de los micromamíferos y eliminación del 50% (c1) o 75% (c2) de los carnívoros presentes en la comunidad. En cada caso se han extraído 100 muestras, cuya posición en los dos primeros componentes está indicada por las elipses que engloban el 99% de los casos. LC; Las Casiones; LM: Los Mansuetos; CG: Cerro de la Garita.

Figure 4

Bootstrapping test carried out on a ethiopian savannah community (A), a neotropical savannah (B), a ethiopian savannah (C) and a neotropical rainforest (D). The effects of several different biases have been tested: generation of 35 (35sp) and 45 (45sp) species samples; deletion of 33% (m1) or 50% (m2) of the micromammal species and deletion of 50% (c1) or 75% (c2) of the carnivore species. 100 samples have been generated for each type of bias. Ellipses include 99% of cases. LC; Las Casiones; LM: Los Mansuetos; CG: Cerro de la Garita.



	CP1	CP2	CP3	CP4
Autovalores	9,935	5,540	1,581	1,128
% Varianza acumulada	45,1	70,3	77,5	82,6
COORDENADAS DE LAS VARIABLES				
A	-0,811	0,114	-0,383	0,131
B	-0,281	0,883	-0,020	-0,040
C	-0,196	0,871	0,244	-0,089
D	-0,840	0,006	-0,222	0,101
E	-0,784	-0,371	0,247	0,310
F	-0,239	0,369	0,085	-0,731
G	-0,870	-0,357	0,094	-0,015
H	-0,788	-0,241	0,338	-0,065
I	-0,883	-0,222	0,199	-0,008
ACU.	-0,458	0,532	-0,070	0,321
ARB.	0,150	0,897	0,011	0,201
FOS.	-0,537	-0,093	-0,519	-0,412
LGM	-0,943	-0,223	0,064	-0,020
SGM	-0,880	0,041	-0,245	-0,113
TRE.	-0,190	0,719	0,514	0,028
CAR.	-0,811	0,031	0,334	-0,217
FRU.	0,251	0,812	-0,195	-0,150
HERB.	-0,676	0,548	-0,214	0,214
INS.	-0,703	0,411	-0,463	0,089
PAST.	-0,897	-0,357	0,010	0,033
RAM.	-0,817	-0,205	0,117	-0,068
OMN.	-0,512	0,719	0,260	0,030

Tabla 4
Resultados del Análisis de Componentes Principales

Table 4
Results of the Principal Components Analysis.

Figura 5
Análisis de cluster realizado a partir de las coordenadas de los casos en los Componentes con autovalores mayores que 1. Símbolos y abreviaturas como en la figura 4 y la Tabla 1.

Figure 5
Cluster analysis using the coordinates of cases in the Components with eigenvalue larger than 1 as input. Symbols and codes as in figure 4 and Table 1.

munidades de sabanas orientales y neotropicales o de bosques tropicales no es explicable por ninguno de los sesgos que se han evaluado.

El análisis de cluster realizado con los "scores" del ACP (ver figura 5) permite apreciar claramente la separación de las sabanas etiópicas respecto a las comunidades de otros biomas o regiones biogeográficas. Este análisis corrobora asimismo la semejanza de las paleocomunidades turolenses con las comunidades actuales etiópicas de sabana, al tiempo que pone en evidencia la diferencia de riqueza con dichas comunidades dada su mayor similitud con las "comunidades" sesgadas inespecíficamente obtenidas a partir de la comunidad del Serengeti.

DISCUSIÓN

La estructura ecológica de una comunidad es el resultado de la interacción de factores ecológicos e históricos (Samuels & Drake, 1997; Rodríguez, 2004). Resulta por tanto lógico que podamos encontrar estructuras ecológicas distintas en comunidades del mismo bioma situadas en diferentes regiones biogeográficas. Este es el caso de las comunidades de mamíferos actuales de sabanas. Los resultados evidencian que, en la mayoría de los casos, las sabanas orientales, neotropicales y etiópicas soportan comunidades de mamíferos de estructura diferente, a pesar de que el ambiente es muy similar en todas ellas. Las razones para estas diferencias hay que buscarlas en la distinta historia evolutiva de la fauna de cada continente, y especialmente en lo que respecta a los grandes mamíferos (Nieto *et al.*, 2005).

La estructura de las paleocomunidades turolenses no tiene ningún análogo actual perfecto, pero se asemeja a la de las sabanas etiópicas (Fig. 5), aunque con una menor riqueza de especies. Este resultado puede parecer paradójico *a priori*, pues se podría esperar una mayor semejanza con las comunidades de la región Oriental, con la que la fauna ibérica está más relacionada. La paradoja desaparece si, como se explica más arriba, entendemos las comunidades como el resultado de la interacción de procesos ecológicos e históricos. Las paleocomunidades turolenses y las comunidades actuales de la región Oriental tienen parte de su historia en común, pero desde el Mioceno final las faunas de la región Oriental han tenido una historia propia y, lógicamente, no compartida con las paleocomunidades turolenses, que explica la existencia de esas diferencias. La explicación a la semejanza de las paleocomunidades turolenses con las sabanas etiópicas hay que buscarla en los procesos de convergencia ecológica (Cody & Mooney, 1978; Crowder, 1980; Fuentes, 1976; Losos,

1992) y en la ausencia de factores históricos que generen fuertes diferencias.

El análisis realizado extrayendo muestras al azar de algunas comunidades actuales indica que la diferencia fundamental entre las paleocomunidades turolenses analizadas y las actuales comunidades de sabanas etiópicas es su distinta riqueza. De esta forma, si la mayor pobreza de las asociaciones fósiles del turolense fuera un artefacto debido a un registro incompleto, las comunidades de sabanas etiópicas podrían considerarse análogas a dichas asociaciones del Turolense. Si por el contrario, el número de especies de las paleocomunidades analizadas que nos faltan por conocer no es significativo, nos encontraríamos con un fenómeno de convergencia ecológica respecto a la estructura de las comunidades aunque no en su riqueza. En cualquiera de los dos casos, las paleocomunidades turolenses y las de sabanas etiópicas actuales habrían convergido hacia una misma estructura por procesos independientes, pero en el segundo caso resultaría además que esa estructura coincidiría independientemente de la riqueza. Es decir, las reglas que rigieron el ensamblaje de las comunidades habrían sido las mismas y operarían manteniendo las proporciones de los diferentes grupos ecológicos independientemente del número de especies que se incorporasen a la comunidad. Un mecanismo parecido ha sido propuesto por Fox & Brown (1993) para el ensamblaje de comunidades de micromamíferos.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados evidencian que las asociaciones de mamíferos del Turolense tienen una estructura ecológica muy similar a la de las sabanas etiópicas actuales, si bien su riqueza de especies es mucho menor. Si esta menor riqueza fuese consecuencia de un registro incompleto, las comunidades del Turolense podrían considerarse análogas de las actuales sabanas africanas. En caso contrario significaría que el proceso de ensamblaje de las comunidades turolenses siguió las mismas reglas que en el caso de las etiópicas, pero alcanzando una menor riqueza.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al proyecto de Investigación BOS2003-08938-C03-02. Sara Varela es becaria Predoctoral del Programa FPI, y Manuel Nieto contratado por el Instituto de Neurobiología Ramón y Cajal (CSIC) y el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Bibliografía

- ALCALÁ, L. 1994. *Macromamíferos neógenos de la fosa de Alfambra Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses & Museo Nacional de Ciencias Naturales, Teruel, 553.
- ANDREWS, P. 1992. Community evolution in forest habitats. *Journal of Human Evolution*, 22: 423-438.
- ANDREWS, P. 1995. Mammals as paleoecological indicators. *Acta Zoologica Cracoviensis*, 38: 59-72.
- ANDREWS, P.; LORD, J. & NESBIT EVANS, E.V.M. 1979. The environments of Ramapithecus in Africa. *Paleobiology*, 22-30.
- BAILEY, R.G. 1996. *Ecosystem Geography*. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg.
- BEHERENSMAYER, A. K. & DECHANT BOAZ, E. 1980. The recent bones of Amboseli Park, Kenya, in relation to East African Paleoeology. In: *Fossils in the making* (Ed. A. K. Beherenmeyer & A. P. Hill) The University of Chicago Press, London, 72-92.
- BEN-MOSHE, A.; DAYAN, T. & SIMBERLOFF, D. 2001. Convergence in morphological patterns and community organization between old and New World Rodent Guilds. *The American Naturalist*, 158, 484.
- BLONDEL, J. 1991. Assessing convergence at the community-wide level. *Trends in Ecology and Evolution*, 6: 271-272.
- BLONDEL, J.; VUILLEUMIER, F.; MARCUS, L.-F. & TEROUANNE, E. 1984. Is there ecomorphological convergence among mediterranean bird communities of Chile, California and France? *Evolutionary Biology*, 18, 141-213.
- BONIS, L.D.; BOUBRAIN, G.; GERAADS, D. & KOUFOS, G. 1992. Diversity and palaeoecology of Greek late Miocene mammalian faunas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 91: 99-121.
- BOURLIÈRE, F. H., M. 1983. Present-Day Savannas: an overview. En: *Tropical Savannas* (Ed. F. Bourlière). Elsevier, Amsterdam.
- CODY, M.L. & MOONEY, H.A. 1978. Convergence versus nonconvergence in mediterranean climate ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9, 265-321.
- COE, M. 1972. The South Turkana expedition. Scientific paper IX. *The Geographical journal*, 183: 316-338.
- COX, C.B. 2001. The biogeographic regions reconsidered. *Journal of Biogeography*, 28: 551-523.
- CROWDER, L.B. 1980. Ecological convergence of community structure: a neutral model analysis. *Ecology*, 61: 194-204.
- DALQUEST, W.W. 1965. Mammals from the Save River, Mozambique, with description of two new bats. *Journal of mammalogy*, 46: 254-265.
- DALQUEST, W.W. 1968. Additional notes on mammals from Mozambique. *Journal of mammalogy*, 49: 117-121.
- DAM, J.A.V. & WELTJE, G.J. 1999. Reconstruction of the Late Miocene climate of Spain using rodent paleocommunity successions: and application of end-member modelling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 151: 267-305.
- DAM, J.A.V.; ALCALÁ, L.; ALONSO ZARZA, A.; CALVO, J.P.; GARCÉS, M. & KRIJGSMAN, W. 2001. The Upper Miocene mammal record from the Teruel- Alfambra region (Spain). The MN system and continental stage (age concepts discussed). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 21: 367-385.
- DIGBY, P.G.N. & KEMPTON, R.A. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman & Hall, London.
- DUPUY, F. 1973. Première inventaire des mammifères du Parc National de Basse Casamance (Senegal). *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire. Série A. Sciences naturelles*, 35: 186-197.
- ESTRADA, A.; CORTES-ESTRADA, R. & MERITT, D. 1994. Non flying mammals and landscape changes in the tropical rain forest region of Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography*, 17: 229-241.
- FLEMMING, T.H. 1973. Number of mammalian species in north and central american forest communities. *Ecology*, 54: 555-562.
- FOX, H.J. & BROWN, J.H. 1993. Assembly rules for functional groups in North American desert rodent communities. *Oikos*, 67: 358-370.
- FUENTES, E.R. 1976. Ecological convergence of Lizard communities in Chile and California. *Ecology*, 7: 3-17.
- FUENTES, E.R. 1980. Convergence of community structure: neutral model versus field data. *Ecology*, 61: 198-200.
- HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R. & BLACK, W.C. 1998. *Multivariate data Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
- KAY, F.K. & MADDEN, R.H. 1997. Mammals and rainfall: paleoecology of the middle Miocene at La Venta (South America). *Journal of Human Evolution*, 32: 161-199.
- LOSOS, J.-B. 1992. The evolution of convergent structure in Caribbean Anolis communities. *Systematic Biology*, 41: 403-420.
- MORALES, J. 2003. Mamíferos del Neógeno de Europa. In: *Los Vertebrados fósiles en la Historia de la vida. Excavación, estudio y patrimonio*. Ed. Universidad de Salamanca, Salamanca, 281-308.
- MORTON, S.R. 1979. Diversity of desert-dwelling mammals: a comparison of Australia and North America. *Journal of Mammalogy*, 60: 253-264.
- NIETO, M.; HORTAL, J.; MARTÍNEZ-MAZA, C.; MORALES, J.; ORTIZ-JAUREGUIZAR, E.; PELAEZ-CAMPOMANES, P.; PICKFORD, M.; PRADO, J.L.; RODRÍGUEZ, J.; SENUT, B.; SORIA, D. & VARELA, S. 2005. Historical determinants of mammal diversity in Africa: evolution of Mammalian body mass distribution in Africa and South America during Neogene and Quaternary times. In: *African Biodiversity - Molecules, Organisms, Ecosystems*. (Ed. B.A. Huber, B.J. Sinclair and K.-H. Lampe) Springer, 287-295.
- NOWAK, R.M. 1999. *Walker's mammals of the world*. The Johns Hopkins University press, Baltimore and London.
- PEREZ, B. & SORIA, D. 1989. Analisis de las comunidades de mamíferos del Plioceno de Layna (Soria) y La Calera (Teruel). *Paleontología i evolució*, 23: 231-238.
- RAUTENBACH, I.L. 1978. Ecological distribution of the mammals of the Transvaal (Vertebrata: Mammalia). *Annals of the Transvaal Museum*, 31: 131-156.
- REED, K.E. 1997. Early hominid evolution and ecological change through the African Plio-Pleistocene. *Journal of Human Evolution*, 32: 289-322.
- RICKLEFS, R.E. & SCHLUTER, D. 1993. Species diversity in ecological communities. University of Chicago Press. Chicago.
- ROCHE, J. 1971. Recherches mammalogiques en Guinée forestière. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle. Zoologie*, 16: 737-779.
- RODRÍGUEZ, J. 2001. Structure de la communauté de mammifères pléistocènes de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, 105: 131-157.
- RODRÍGUEZ, J. 2004. Stability in Pleistocene Mediterranean mammalian communities. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 207: 1-22.
- SAMUELS, C. L. & DRAKE, J. A. 1997. Divergent perspectives on community convergence. *Trends in Ecology and Evolution*, 12: 427-432.
- SCHALLER, G. B. 1983. Mammals and their biomass on a Brazilian ranch. *Arquivos de Zoologia*, 31: 1-36.
- SWYNNERTON, G.H. 1958. Fauna of the Serengeti National Park. *Mammalia*, 22: 435-450.

Registro polínico de los perfiles sur (ATAP-1) y norte (ATAP-2) del Portalón de Cueva Mayor, sierra de Atapuerca (Burgos)

M^a Blanca Ruiz Zapata¹, Ana Isabel Ortega Martínez², Ana Valdeolmillos Rodríguez¹, Miriam Dorado Valiño¹, Ignacio Martínez Mendizábal^{1,4}, M^a José Gil García¹, José Miguel Carretero Díaz², Alfredo Pérez-González³ y Juan Luis Arsuaga Ferreras⁴

1. Departamento de Geología, Edificio de Ciencias, Universidad de Alcalá, 28871, Alcalá de Henares, Madrid. (blanca.ruiz@uah.es)

2. Área de Paleontología, Departamento de CC. Históricas y Geografía, Facultad de Humanidades y CC. de la Educación, Edificio de I+D+I, Universidad de Burgos, Plaza Misael Bañuelos s/n, 09001, Burgos.

3. Departamento de Geodinámica, Facultad de CC. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid.

4. Centro de Evolución y Comportamiento Humanos (UCM-ISCIII), Instituto de Salud Carlos III, C/ Sinesio Delgado, 6, Pabellón 14, 28029, Madrid.

Ruiz Zapata, M.B.; Ortega Martínez, A.I.; Valdeolmillos Rodríguez, A.; Dorado Valiño, M.; Martínez Mendizábal, I.; Gil García, M.J.; Carretero Díaz, J.M.; Pérez-González, A., y Arsuaga Ferreras, J.L. Registro polínico de los perfiles sur (Atap-1) y norte (Atap-2) del Portalón de Cueva Mayor, Sierra de Atapuerca (Burgos). [Pollen record from south profile (Atap-1) and north profile (Atap-2) of "Portalón de Cueva Mayor", Sierra de Atapuerca (Burgos).]

ABSTRACT

We present the palynological data corresponding to two profiles (ATAP-1 and ATAP-2) from Portalón of Cueva Mayor site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). The obtained results for the time interval from 3.910 ± 70 yr. BP to 2.040 ± 100 yr. BP have shown the existence of an open landscape with a relatively homogenous vegetation. The vegetation dynamics have been controlled during those 2.000 years both by the climate and by the human activity at the cave surroundings (Ruiz Zapata et al., 2003).

Two pollen zones are easily distinguished in both pollen sequences. The base of the sequences is characterized by a greater forest cover, and the presence of *Juglans* and *Betula* together with *Pinus* and *Corylus* reflects humid and tempered climatic conditions. In the upper part of the sequences, before 3.560 ± 40 yr. BP, a mediterranean climate can be inferred by the presence of *Olea* and evergreen *Quercus*, and by the expansion of the shrub vegetation (mainly *Juniperus*). The human activity is clearly detected in both pollen sequences, with evidences such as deforestation, changes on the composition of the vegetation (by means of expansion, introduction and/or substitution of some taxa) and microcharcoal particles. It is important to note that the North Profile pollen sequence shows less defined changes due to the longer distance from the cave entrance.

Finally, the correlation between the pollen sequences from both profiles led to solve the stratigraphical problems in the North Profile (ATAP-2), relative to the identification of archaeological levels 4 and 6, as a consequence from the presence of a fallen block between 190 and 250 cm that breaks the continuity of the record.

KEY WORDS: PALAEOPALYNOLOGY, SIERRA DE ATAPUERCA, HOLOCENE, CUEVA MAYOR.

RESUMEN

Se presentan los datos palinológicos correspondientes a los perfiles Sur (ATAP-1) y Norte (ATAP-2) del Portalón de Cueva Mayor (Sierra de Atapuerca, Burgos). Los resultados obtenidos han revelado, para el intervalo temporal de 3.910 ± 70 años BP a 2.040 ± 100 años BP, la existencia de un paisaje vegetal abierto y relativamente homogéneo, desde el punto de vista de la composición. Su desarrollo a lo largo de esos casi 2.000 años ha estado controlado tanto por el clima como por la actividad antrópica en el entorno de la cueva (Ruiz Zapata et al., 2003).

Bajo esta perspectiva, en ambas secuencias se definen claramente dos zonas. La parte inferior está caracterizada por presentar una mayor cobertura forestal y las presencias de *Juglans* y *Betula*, junto a *Pinus* y *Corylus*, reflejan la instalación de unas condiciones de carácter templado y húmedo. Sin embargo, en la parte superior de la secuencia, anterior a los 3.560 ± 40 BP, el desarrollo de *Olea* y de *Quercus* tipo perennifolio asociado a la expansión del estrato arbustivo, fundamentalmente *Juniperus*, permite inferir unas condiciones de carácter más mediterráneo. La actividad antrópica queda

patente a lo largo de todo el perfil. Se detectan: deforestación, cambios en la composición de la vegetación (por expansión, introducción y/o sustitución de algunos taxones) y micropartículas de carbón. Hay que destacar que el perfil Norte (ATAP-2) muestra los cambios detectados de un modo más atenuado, debido a su mayor distancia a la entrada de la cueva.

Finalmente, la correlación de las secuencias polínicas de ambos perfiles permitió resolver los problemas planteados en la secuencia ATAP-2, referentes a la identificación de los niveles arqueológicos 4 y 6, como consecuencia de la existencia de un bloque caído entre los 190 y 250 cm, que interrumpe la continuidad del registro.

PALABRAS CLAVES: PALEOPALINOLOGÍA, SIERRA DE ATAPUERCA, HOLOCENO, CUEVA MAYOR.

INTRODUCCIÓN

El Portalón de Cueva Mayor constituye una de las entradas del complejo kárstico de la Sierra de Atapuerca (Martín Merino *et al.*, 1981). Dicha sierra, situada a 15 km al este de Burgos, cerca de Ibeas de Juarros y cruzada por el río Arlanzón, es zona de entronque entre la Cordillera Cantábrica, el Sistema Ibérico y la Submeseta Norte, siendo además divisoria de aguas de las cuencas de los ríos Duero y Ebro (Fig. 1a y b). Esta ubicación, encrucijada biogeográfica con influencias climáticas atlánticas, mediterráneas y continentales, da lugar a la existencia de un ecosistema con una gran diversidad de biotopos. El clima, junto a las variaciones litológicas y orientación de las laderas, condiciona la vegetación actual, dominada por bosques mixtos abiertos, con *Quercus ilex* y *Q. faginea*, un gran desarrollo de herbáceas y poca diversidad taxonómica.

Las cuevas existentes en Atapuerca son conocidas desde hace años y han sido objeto de numerosos estudios, abordados fundamentalmente desde la perspectiva arqueológica y paleontológica (Clark, 1979; Arsuaga *et al.*, 1997; Bermúdez de Castro *et al.*, 1999; Martínez *et al.*, 2004); en cuanto a Portalón de Cueva Mayor, tras diferentes trabajos, ha sido interpretada por Mínguez Álvaro (2001) como un lugar de habitación de las poblaciones ganaderas de la Edad del Bronce, para las que Cueva Mayor sería un santuario y lugar de enterramiento.

Desde el punto de vista palinológico, destaca la investigación realizada por Clark (1979), que evidenció una vegetación muy diferente a la actual, con variedad de elementos arbóreos representados y entre ellos *Corylus* (avellano) como el más representativo del entorno.

Posteriormente los trabajos realizados para el intervalo temporal desde los 3.910 ± 70 años BP a los 2.040 ± 100 años BP del Perfil Sur (ATAP-1) del Portalón de Cueva Mayor, han revelado la existencia de una vegetación relativamente homogénea y de un paisaje abierto con elementos del bosque caducifolio como *Corylus*, *Juglans*, *Castanea* y *Quercus* tipo caducifolio; elementos de la vegetación de ribera, como *Alnus*, *Salix* y *Ulmus*; y con *Pinus* como único

elemento de la vegetación regional. El desarrollo de esta vegetación a lo largo de esos casi 2000 años, estuvo controlado tanto por el clima como por la actividad antrópica en el entorno de la cueva (Ruiz Zapata *et al.*, 2003).

Durante la excavación en 2002, el Perfil Norte (ATAP-2) presentaba un problema estratigráfico: los niveles arqueológicos detectados en el Perfil Sur (6 niveles) no estaban definidos claramente en el Perfil Norte debido a la existencia de un nivel de grandes bloques que cayeron del techo de la cueva alterando el proceso de sedimentación. Como consecuencia, no se podía diferenciar entre los niveles N-3 y N-4; se intuía que faltaba parte del N-4 y no se podían identificar los niveles 5 y 6, situados por debajo del nivel de bloques. Se decidió muestrear este perfil para intentar correlacionar ambos perfiles mediante análisis palinológicos.

En este trabajo presentamos las secuencias polínicas de ambos perfiles, ATAP-1 y ATAP-2 (Fig. 1c), así como su correlación, que ha permitido establecer la evolución de la vegetación desde antes de los 3.910 ± 70 años BP a los 2.040 ± 100 años BP y resolver los problemas surgidos en la secuencia estratigráfica del Perfil Norte. Finalmente también se ha podido establecer el papel que juega la orientación, en este caso de los perfiles con respecto a la entrada de la cueva, que condiciona la mayor y/o menor representación de algunos de los taxones en el espectro polínico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras estudiadas fueron tomadas en los perfiles Sur y Norte, alcanzándose una profundidad de 2 m y 3,4 m respectivamente. El muestreo fue realizado manualmente en los frentes limpios y frescos.

La extracción del polen del sedimento se llevó a cabo mediante flotación en solución Thoulet (Goeury & Beaulieu, 1979).

Una vez realizado el recuento y la determinación de los distintos tipos polínicos existentes en cada muestra, se ela-

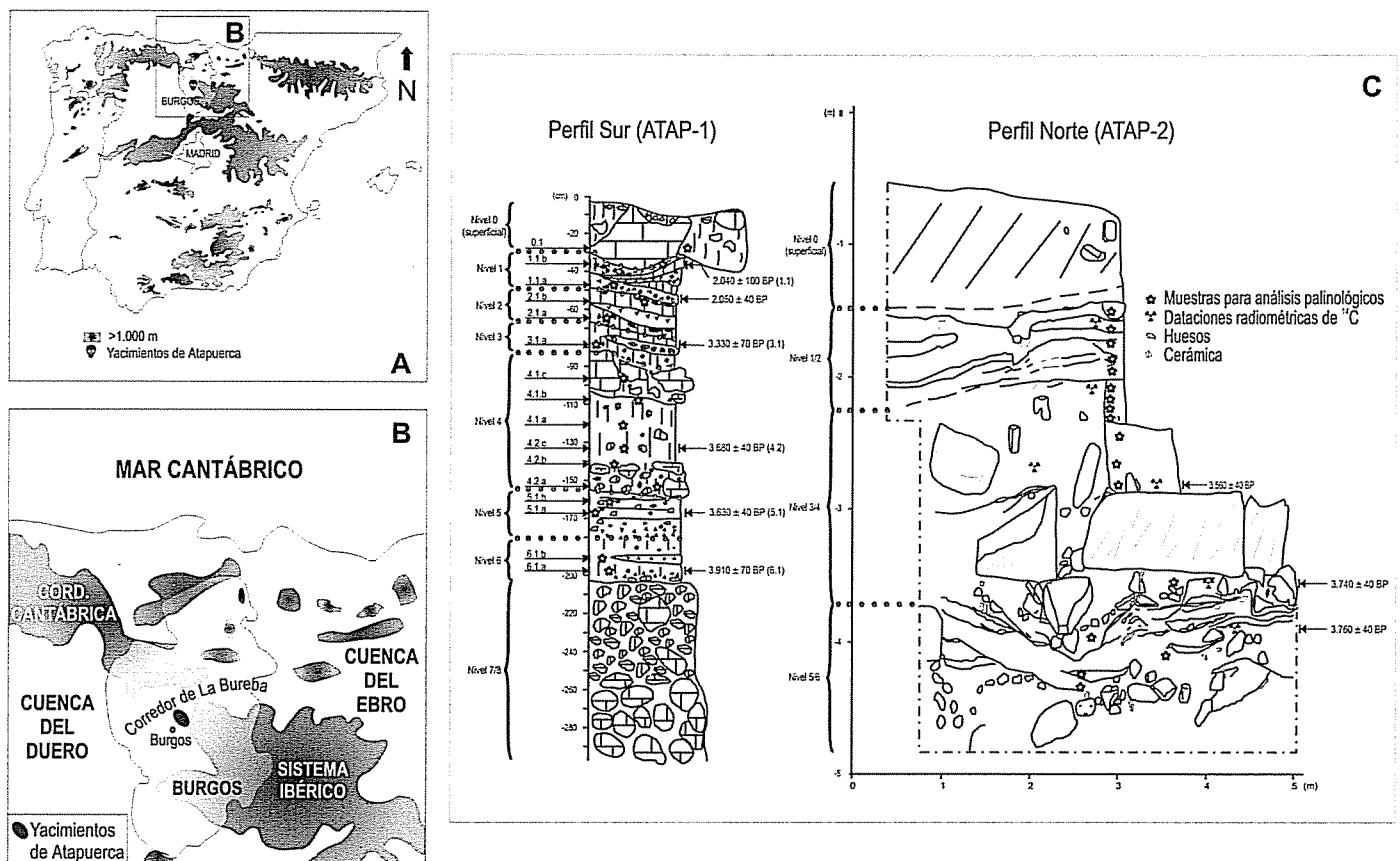


Figura 1 a) y b). Localización geográfica de los Yacimientos de Atapuerca. c) Perfiles del analizados.

Figure 1 a) and b). Geographic location of the Deposits of Atapuerca. c) Profiles analyzed of the Portalón de Cueva Mayor.

boraron los diagramas polínicos con los programas informáticos TILIA® y TILIA-GRAPH® (©Eric C. Grimm). Las frecuencias relativas de taxones arbóreos, arbustivos y herbáceos se calcularon a partir del total de polen excluyendo el polen de la vegetación acuática. Además, y con objeto de una lectura más fácil de los datos, se ha llevado a cabo una agrupación de los taxones arbóreos, arbustivos y herbáceos, de acuerdo a sus exigencias ecológicas, con la excepción de *Pinus*, *Corylus* y *Poaceae*, debido a su alta representación en el paisaje vegetal de la zona de estudio; de este modo hablaremos del grupo de taxones templados (*Betula*, *Castanea*, *Juglans*, *Quercus* tipo caducifolio), taxones mediterráneos (*Olea* y *Quercus* tipo perennifolio), taxones de ribera (*Alnus* y *Salix*), taxones esteparios (*Asteraceae* liguliflorae y tubuliflorae, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*), taxones nitrófilos (*Rumex* y *Plantago*) y finalmente el grupo de taxones ubiquestas.

Se han realizado cinco dataciones radiométricas de ^{14}C , utilizando AMS (*Beta Analytic Inc.*, Miami, Florida, EEUU).

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Los datos polínicos correspondientes a las secuencias estratigráficas, procedentes de los perfiles Sur (ATAP-1) y Norte (ATAP-2), registran la existencia de un paisaje abierto (Fig. 2), dominado por taxones herbáceos fundamentalmente de carácter estepario, donde el estrato arbustivo (*Juniperus*, *Ericaceae* y *Rosaceae*), no llega a jugar un papel importante. El conjunto arbóreo está constituido por *Pinus*, de carácter regional, *Corylus* y, en menor medida, taxones de carácter templado, mediterráneos y de ribera, cuya distribución en la secuencia definen el tránsito desde unas condiciones de carácter más templado y húmedo, para la mitad inferior de los perfiles (N-6, N-5 y N-4a), a otras de carácter más cálido y algo más seco, implantadas en la mitad superior de los mismos (N-4b, N-3, N-2 y N-1), a partir de los 3.560 ± 40 años BP. Es constante, a lo largo de todo el perfil, la presencia con bajos porcentajes de elementos acuáticos como *Cyperaceae* y *Polygonum*. La po-

Diagrama Polínico sintético del Perfil Norte (ATAP-2)

Portalón de Cueva Mayor
Perfil N
Atapulpa (Burgos)

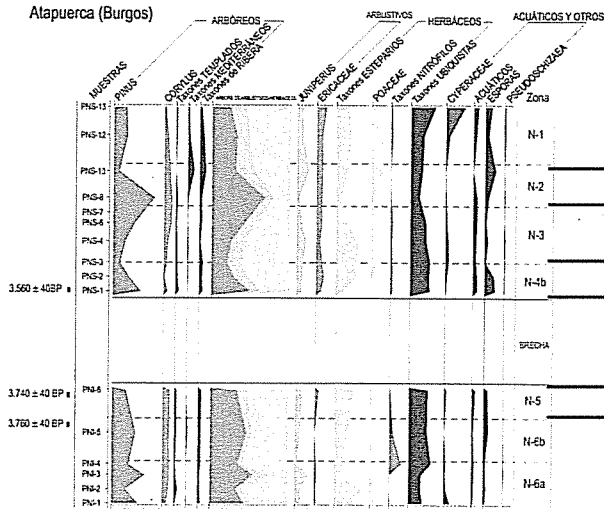


Diagrama Polínico sintético del Perfil Sur (ATAP-1)

Portalón de Cueva Mayor
Perfil S
Atapulpa (Burgos)

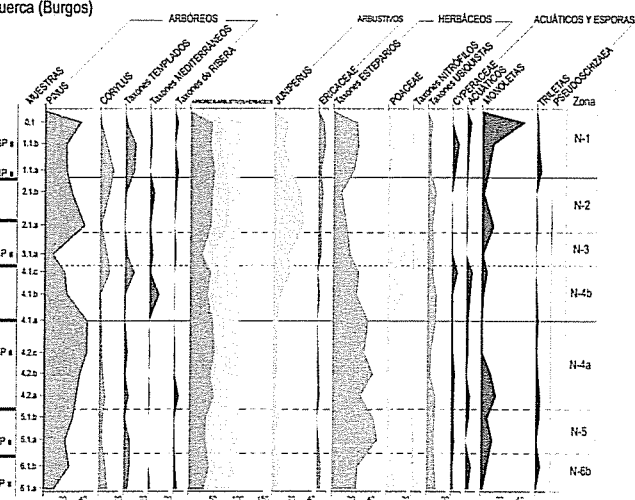


Figura 2
Diagramas Polínicos ATAP-1 (perfil Sur) y ATAP-2 (perfil Norte).

Figure 2
Polinic diagrams ATAP-1 (South profile) and ATAP-2 (North profile).

sición de ambas secuencias, respecto a la entrada de la cueva, parece ser la responsable de la mayor o menor intensidad en la respuesta de los taxones en cada uno de los eventos identificados.

La zonación de los diagramas responde fundamentalmente al comportamiento cuantitativo y cualitativo de las tres grandes unidades de vegetación (arbóreos/arbustivos/herbáceos) en cada uno de los niveles arqueológicos identificados. Además, y con el apoyo de las dataciones radiométricas de ^{14}C , se ha podido llevar a cabo la correlación entre ambas secuencias, resolviendo así los problemas surgidos en la secuencia estratigráfica del perfil Norte (ATAP-2) referentes a la identificación de los niveles 4 y 6, a la ubicación temporal del nivel de bloques y a la detección del subnivel 6a.

Bajo esta perspectiva se observa que con anterioridad a los 3.910 ± 70 años BP y hasta los 3.680 ± 40 años BP (niveles N-6, N-5 y N-4a), el paisaje vegetal se caracteriza por el dominio del estrato herbáceo, constituido fundamentalmente por taxones de carácter estepario (como *Asteraceae*, *Chenopodiaceae* y *Artemisia*). El componente arbóreo está constituido por *Corylus*, junto a otros elementos de carácter templado (*Castanea*, *Quercus* tipo caducifolio, *Juglans* y *Betula*), de ribera (*Alnus* y *Salix*) y por *Pinus*, de carácter regional. También se detectan presencias de taxones acuáticos. De estas características se deducen, para este momento, unas condiciones climáticas en principio de carácter más templado y húmedo en donde una fuerte antropización del entorno sería la responsable de ese dominio herbáceo. Durante

este periodo se detectan cambios significativos, identificables con los niveles arqueológicos, así podemos distinguir: Nivel 6: desarrollado con anterioridad a 3.910 ± 70 años BP, muestra una tendencia al aumento de la vegetación arbórea debida fundamental al incremento del pinar, ya que el resto de los taxones arbóreos se mantienen porcentualmente muy estables. Dicho aumento se realiza en dos fases, la primera, N-6a (ATAP-2), muestra un aumento muy brusco de *Pinus*, asociado al de *Juniperus* y al fuerte retroceso de los taxones esteparios. Sin embargo, durante la fase N-6b, el desarrollo del pinar es más discreto y va asociado a presencias de taxones termófilos y nitrófilos.

Nivel 5: se ubica temporalmente entre los 3.740 ± 40 años BP (ATAP-2) y los 3.630 ± 40 años BP (ATAP-1). En este nivel tiene lugar la caída gradual del estrato arbóreo, como consecuencia del retroceso de *Pinus* y, en menor medida, de *Corylus*, de los taxones templados (ATAP-1) y por la ausencia de taxones de carácter mediterráneo. Este retroceso favorece la expansión del conjunto arbustivo y sobre todo del herbáceo, más variado que en el caso anterior y dominado por los taxones de carácter estépico. Los taxones nitrófilos y *Poaceae* sufren una fuerte regresión.

Nivel 4: parece representar un claro nivel de transición, desde el punto de vista climático, dado que a lo largo del mismo tiene lugar la instalación progresiva de los taxones de carácter mediterráneo y una mayor expansión del estrato arbustivo. Respecto al componente herbáceo, cuanti-

tativamente muestra diferencias entre ambas secuencias, en cuanto a su representación, que es mayor en el perfil Norte (ATAP-2) y menor en el perfil Sur (ATAP-1). Sin embargo, el comportamiento y la composición guardan un estrecho paralelismo en ambos perfiles.

A este nivel corresponden los bloques de la secuencia ATAP-2, con una datación por debajo de ellos de 3.740 ± 40 años BP y de 3.560 ± 40 años BP por encima. Este periodo está recogido en el perfil ATAP-1. En este perfil, se detecta una primera fase de este nivel (N-4a) caracterizada por: la estabilización de los estratos arbóreo y herbáceo, la expansión del pinar, el retroceso de *Corylus*, taxones templados y taxones de ribera, y una ligera expansión de los taxones mediterráneos.

La fase N-4b, representa el inicio de la etapa suprayacente, donde tiene lugar la instalación de unas condiciones más mediterráneas. Se caracteriza por la una menor representación del estrato arbóreo, debida a la reducción del pinar, coincidiendo con una mayor representación del estrato arbustivo, fundamentalmente de *Juniperus* y, posteriormente, de Ericaceae. Asimismo, se produce la expansión de los taxones de carácter mediterráneo y de Poaceae (ATAP-1), seguidos de la recuperación de los taxones de carácter templado y de *Corylus*. Estos hechos quedan más amortiguados en la secuencia ATAP-2.

Nivel 3: datado en 3.330 ± 70 años BP (ATAP-1), se caracteriza por presentar los mínimos de vegetación arbórea de todo el perfil, debido a la fuerte caída del pinar y, en menor medida, de *Corylus* y taxones templados. Se detecta una ligera recuperación de los taxones mediterráneos, sin llegar a alcanzar los valores del nivel anterior. *Juniperus* aumenta y Ericaceae se estabiliza; continua el retroceso de los taxones estépico y hay un nuevo aumento de Poaceae y de los taxones nitrófilos, todo ello asociado a una pérdida de los elementos acuáticos.

Nivel 2: caracterizado por una expansión del conjunto arbóreo debida a *Pinus*, mucho más acusada en el perfil Norte (ATAP-2) que en el perfil Sur (ATAP-1). Hay un nuevo incremento de los taxones mediterráneos y de *Corylus*, y un ligero retroceso de los taxones templados. Los elementos de ribera muestran una ligera expansión, mientras que los acuáticos se reducen drásticamente. También tiene lugar la máxima expansión de los taxones arbustivos debida a *Juniperus*, efecto mejor detectado en ATAP-1. La reducción del conjunto herbáceo afecta a todos los grupos dando lugar a una baja diversidad taxonómica.

Nivel 1: se detecta nuevamente un retroceso del estrato arbóreo en torno a los 2.040 ± 100 años BP que afecta tanto al pinar como a los taxones termófilos, mediterráneos y a *Corylus*, mientras que los elementos de ribera y los acuáticos, así como las esporas, están más representados.

Hay una ligera reducción de *Juniperus* al tiempo que se produce una ligera expansión de Ericaceae, de los taxones herbáceos estépico, de Poaceae y en menor medida de los taxones nitrófilos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio comparado de las dos secuencias polínicas nos ha permitido conocer y constatar la dinámica de la vegetación, en la zona de estudio, con anterioridad a los 3.910 ± 70 años BP y hasta los 2.040 ± 100 años BP. Los hechos más relevantes acaecidos, desde el punto de vista de la vegetación, en estos más de 2.000 años de la Edad del Bronce, quedan recogidos en los diagramas polínicos y se pueden resumir analizando los taxones más característicos que han configurado el paisaje y los eventos que han determinado su evolución: condiciones climáticas reinantes e intensidad de la presión humana.

En líneas generales, la vegetación presenta una imagen relativamente homogénea que parece ser el resultado de unas condiciones climáticas más o menos estabilizadas, dentro de las cuales el factor antrópico parece ser el responsable de los cambios detectados.

Se trataría de paisajes abiertos, constituídos localmente por avellanos, elementos templados y, en menor medida, taxones mediterráneos, en los que queda patente el comportamiento de *Pinus*, de carácter regional, gracias a que ese bosque abierto no constituye una barrera para la deposición de los pólenes de pino. La representación del polen de los taxones de ribera evidencia la existencia de cauces en las proximidades, por lo que sus fluctuaciones porcentuales pueden ser consideradas como medida de la tasa de humedad. La vegetación acuática asociada a la existencia de charcas, más o menos permanentes, presentan sus máximos asociados con los mínimos del registro de los taxones de ribera y por ello indicativos de pérdida en la disponibilidad de agua encauzada. Los taxones acuáticos tienen una presencia prácticamente constante a lo largo de toda la secuencia, ya que evidentemente no se trata de elementos que puedan desarrollarse en el interior, aunque quizá pudieran hacerlo en la entrada de la misma. Su polen es de corto transporte, por ello su presencia en este registro es interpretado como una introducción antrópica, dada la utilidad de los mismos para, entre otras cosas, labores de cestería.

La estabilización climática queda constatada en la información procedente de los depósitos sedimentarios de origen glaciar de Sierra de la Demanda (Desprat *et al.*, 2003; Peñalba, 1994; Sanchez-Goñi & Hannom, 1999; Vegas *et*

al. 2001, y Ruiz Zapata *et al.* 2002, 2003). En estas áreas, el intervalo temporal considerado (de 4.000 a 2.000 años BP) se caracteriza por el desarrollo de densos bosques de pinos, de cuyo reflejo queda constancia en nuestra zona de estudio, así como por un pobre cortejo arbustivo (*Juniperus* y *Ericaceae*) y herbáceo y, en zonas de menor altitud, abedulares con *Corylus*, *Olea* y ambos tipos de *Quercus*. También en estas áreas de la sierra se detectan, a lo largo de este periodo, fluctuaciones de menor envergadura definidas por las oscilaciones de *Betula*, *Corylus* y, en menor medida, de los taxones templados y mediterráneos. El descenso de *Corylus* (hacia los 3.200 años en la secuencia de Las Pardillas; Sanchez Goñi & Hannon, 1999) y de los taxones templados, favorece en áreas de montaña la expansión de *Fagus* (2.760 $\pm$ 50 años BP, en la Laguna Grande; Ruiz Zapata *et al.*, 2002), mientras que las zonas serranas de menor altitud, así como la Sierra de Atapuerca, actuarían como áreas refugio para otros taxones, explicando así la buena representación de *Corylus* y las presencias de elementos templados (*Castanea*, *Juglans* y *Betula*). Bajo unas condiciones más cálidas tiene lugar el desarrollo de *Olea*.

Por otro lado, la antropización del entorno se manifiesta hacia los 4.000 años (Sanchez Goñi & Hannon, 1999) en la secuencia de las Pardillas, con la presencia de Cereal. En nuestra zona sólo se detecta presencia de Cereal en la secuencia ATAP-2 y en muy bajas proporciones. Sin embargo, hay un gran desarrollo de Poaceae, en la base de ambas secuencias y, sobre todo, en la mitad superior de la secuencia ATAP-1 que podría englobar algunos elementos cultivados. Además, se detecta una pérdida de *Castanea* y *Juglans*, asociada a la expansión de *Corylus* y, temporalmente, de *Olea* que podría ser el resultado del cultivo de estos elementos bajo unas condiciones climáticamente adecuadas.

Por lo tanto, queda constatado en nuestras secuencias la existencia de unas condiciones climáticas que evolucionan desde unas condiciones templadas y relativamente húmedas, durante el desarrollo de los niveles N-6, N-5 y N-4a, a otras más cálidas y algo más secas, correspondientes a los niveles N-4b, N-3, N-2 y N-1, coincidentes con un incremento del aprovechamiento del territorio por parte del hombre, hasta su abandono a techo de la secuencia. Estos eventos se ven interrumpidos por otros de menor envergadura relacionados con fluctuaciones en la tasa de humedad, como es el caso de los niveles N-5 y N-2, más seco y más húmedo respectivamente que los periodos en los que se ubican. También hay otros eventos relacionados con la temperatura, como es el caso de los niveles N-6a y N-1 que son más frescos.

Finalmente, hay que señalar el empobrecimiento florístico observado, con respecto a la información del Pleistoceno Medio en la zona de estudio (García Antón 1989; García Antón & Sainz Ollero, 1991). Aunque hay continuidad en los elementos que conforman el paisaje vegetal, se de-

tectan variaciones porcentuales, como es el caso de la representación de ambos tipos de *Quercus*, menos representados que en el Pleistoceno Medio, o la mayor representación de *Pinus* y *Corylus* en nuestras secuencias. Asimismo, hay una notable diferencia entre esta vegetación que representan las secuencias ATAP-1 y ATAP-2 y la vegetación actual, caracterizada por paisajes muy abiertos, con un gran desarrollo de herbáceas, poca diversidad taxonómica y dominada por bosques mixtos abiertos de *Quercus ilex* y *Q. faginea* con ausencia de *Corylus*.

La correlación de las secuencias polínicas de ambos perfiles ha permitido resolver los problemas planteados en la secuencia ATAP-2, referentes a la identificación de los niveles arqueológicos 4 y 6, como consecuencia de la existencia de un bloque caído, entre los 190 y 250 cm, que interrumpe la continuidad del registro.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad de Alcalá en el marco del proyecto EO12/2001. Queremos expresar nuestro agradecimiento a Raquel Pérez Martínez y al Grupo de Espeleología Edelweiss de la Excma. Diputación de Burgos por la realización de la topografía de la cueva, y a M. Cruz Ortega y Elena Santos por su colaboración en los trabajos de campo.

Bibliografía

- ARSUAGA, J.L.; BERMÚDEZ DE CASTRO, J.M. & CARBONELL, E. (eds.) 1997. The Sima de los Huesos Hominid Site. Special Issue of *Journal of Human Evolution*, 33, (2/3).
- BERMÚDEZ DE CASTRO, J.M.; CARBONELL, E. & ARSUAGA, J.L. 1999. Gran Dolina Site: TD6 Aurora Stratum (Burgos, Spain). Special Issue of *Journal of Human Evolution*, 37, (3/4).
- CLARK, G.A. (ed.) 1979. The North Burgos Archaeology Survey. Bronze and Iron Age Archaeology on the Meseta del Norte (Province of Burgos, North-Central Spain) Arizona State University. Dept. of Anthropology. Anthropological Research Papers, 19. Tempe. Arizona, 156 pp.
- CLARK, R.L. 1982. Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediments. *Pollen et Spores*, 24, 523-535.
- DESPRAT, S.; SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; LOUTRE, M.F. 2003. Revealing climatic variability of the last three millennia in northwestern Iberia using pollen influx data. *Earth and Planetary Science Letters*, 213, 63-78.
- GARCÍA ANTÓN, M. 1989. *Estudio palinológico de los yacimientos mesopleistocenos de Atapuerca (Burgos). Reconstrucción paisajística y paleoclimática*. Tesis Doctoral (inédita). Universidad Autónoma de Madrid.
- GARCÍA ANTÓN, M. & SAINZ OLLERO, H. 1991. Pollen records from the middle Pleistocene Atapuerca site (Burgos, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 85, 199-206.
- GOEURY, CL. & BEAULIEU, J.L. 1979. A propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores*, 21, 239-251.

- MARTÍN MERINO, M.A.; DOMINGO, S. & ANTÓN, T. 1981. Estudio de las cavidades de la zona BU-IV-A (Sierra de Atapuerca) Kaite. *Estudios de Espeleología Burgalesa*, 2, 41-76.
- MARTÍNEZ, I.; ROSA, M.; ARSUAGA, J.L.; JARABO, P.; QUAM, R.; LORENZO, C.; GRACIA, A.; CARRETERO, J.M.; BERMUDEZ DE CASTRO, J.M. & CARBONELL, E. 2004. Autory capacities in Middle Pleistocene humans from the Sierra de Atapuerca in Spain. *Proceedings of National Academy of Sciences of America*, 101, (27), 9976-9981.
- MÍNGUEZ ALVARO, M. 2001. *Los pastores de la Población de Cavernas de Atapuerca y de la Meseta durante el Bronce Final*. (Inédita). Tesis Doctoral. Universidad de Deusto, Bilbao.
- PEÑALBA, C. 1994. The History of Holocene vegetation in northern Spain from pollen analysis. *Journal of Ecology*, 82, 815-832.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; GIL GARCÍA, M.J.; DORADO VALIÑO, M.; VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ, A.; VEGAS, J. & PÉREZ-GONZÁLEZ, A. 2002. Clima y vegetación durante el Tardiglacial y el Holoceno en la Sierra de Neila (Sistema Ibérico Noroccidental). *Cuaternario y Geomorfología*, 16, (1-4): 9-20.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; ORTEGA MARTÍNEZ, A.I.; DORADO VALIÑO, M.; VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ, A.; GIL GARCÍA, M.J.; ARSUAGA FERRERAS, J.L.; CARRETERO DÍAZ, J.M.; MARTÍNEZ MENDIZÁBAL, I. & PÉREZ-GONZÁLEZ, A. 2003. Vegetational history during Bronze and Iron ages in Portalón Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean Region*. M.B. Ruiz Zapata, M. Dorado Valiño, A. Valdeolmillos, M.J. Gil García, T. Bardají, I. de Bustamante & I. Martínez Mendizábal (Eds.). Ministerio de Ciencia y Tecnología-Universidad Alcalá-INQUA. Alcalá de Henares. 99-106.
- SÁNCHEZ GOÑI, M.F. & HANNON, G.E. 1999. High altitude vegetation, pattern on the Iberian Mountain Chain (north-central Spain) during the Holocene. *The Holocene*, 9, (1), 39-57.
- VEGAS, J.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; RUIZ ZAPATA, M.B.; LÓPEZ SA-
EZ, J.A.; DORADO, M.; GIL GARCÍA, M.J.; VALDEOLMILLOS,
A.; RODRÍGUEZ, A.; MCINTOSH, G.; OSETE, M.L.; UZQUIA-
NO, P. & DELGADO, A. 2001. Environmental events occurred during
the Holocene in Laguna Grande and Laguna Hornillo lacustrine records
Northwestern of Iberian Range (Spain). *Terra Nostra*, 2, 57-60.