



Análisis paleoambiental de los depósitos aluviales de la sección de Cenicero a partir de las asociaciones de ostrácodos (Mioceno inferior, NO de la Cuenca del Ebro)

Palaeoenvironmental analysis based on alluvial ostracod assemblages of the Cenicero section (lower Miocene, NW Ebro Basin)

B. Martínez-García^{1*}, O. Suarez-Hernando¹, J.M. Hernández²,
A. Suárez-Bilbao¹, X. Murelaga¹

¹ Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, 48080 Bilbo, Bizkaia, España. Email: blancamaria.martinez@ehu.es

² Fundación Cristina Enea, Paseo Duque de Mandas 66, E-20012 Donostia, Gipuzkoa, España

RESUMEN

En este trabajo se realiza, por vez primera, un análisis paleoambiental y bioestratigráfico de los depósitos aluviales del Mioceno inferior de la sección de Cenicero (sector NO de la Cuenca del Ebro; N de la Península Ibérica), a partir de las asociaciones de ostrácodos y micromamíferos preservadas en estos materiales. Una de las principales características de esta sección es la inusual abundancia de ejemplares de ostrácodos no transportados, en comparación con otras secciones europeas de edad y ambiente sedimentario similares, lo que permite hacer inferencias paleoambientales precisas. La variación en las asociaciones de ostrácodos identificadas, definidas por especies como *Cyclocypris laevis*, *Ilyocypris bradyi*, *Ilyocypris gibba*, *Limnocythere* sp. o *Pseudocandona paralela*, parece sugerir el desarrollo de pequeños cuerpos de agua dulce, someros y efímeros, enmarcados en un ambiente general aluvial distal y/o de llanura de inundación. Hacia techo de la sección, se registra una mayor permanencia temporal de estas acumulaciones y condiciones más estables y favorables del medio para el desarrollo de los ostrácodos. Así mismo, se observan variaciones en la temperatura y salinidad del agua a lo largo de la sección, que podrían estar relacionadas con cambios en el régimen pluviométrico local. La presencia de micromamíferos en uno de los niveles estudiados ha permitido obtener una datación precisa de la sección. Así, la aparición de *Armantomys daamsi* sitúa la sección de Cenicero dentro de la zona local Y2 (MN2) de edad Ageniense (Mioceno inferior).

Palabras clave: ostrácodos; micromamíferos; Paleoecología; Bioestratigrafía; Mioceno inferior; Cuenca del Ebro

ABSTRACT

In this work we perform for the first time a palaeoenvironmental and biostratigraphic analysis of the lower Miocene alluvial deposits of the Cenicero section (NW sector of the Ebro Basin; N Iberian Peninsula), based on the

Recibido el 31 de marzo de 2014 / Aceptado el 8 de agosto de 2014 / Publicado online el 17 de marzo de 2015

Citation / Cómo citar este artículo: Martínez-García, B. et al. (2015). Análisis paleoambiental de los depósitos aluviales de la sección de Cenicero a partir de las asociaciones de ostrácodos (Mioceno inferior, NO de la Cuenca del Ebro). *Estudios Geológicos* 71(1): e024. <http://dx.doi.org/10.3989/egeol.41729.320>.

Copyright: © 2015 CSIC. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial (by-nc) Spain 3.0 License.

ostracod and micromammal assemblages. One of the main characteristics of this section is the unusual abundance on non-reworked ostracods present in the studied samples compared to other European sequences of similar age and sedimentary environment. This fact has allowed us to develop precise palaeoenvironmental reconstructions. The variations of the identified ostracod assemblages, defined by species such as *Cyclocypris laevis*, *Ilyocypris bradyi*, *Ilyocypris gibba*, *Limnocythere* sp. or *Pseudocandona parallela*, record the development of small, ephemeral and shallow ponds in a distal alluvial and/or floodplain environment. Towards the upper part of the section the ponds appear to be less ephemeral, being the aquatic systems more stable for ostracods development. Variations in the water temperature and salinity have been observed along the section, which are related to changes in the local pluviometric regime. On the other hand, the presence of micromammals in one of the studied samples has allowed the precise dating of this section. Thus, the presence of *Armantomys daamsi* dates the Cenicerro section as Agenian (lower Miocene), local zone Y2 (MN2).

Keywords: ostracods; micromammals; Palaeoecology; Biostratigraphy; lower Miocene; Ebro basin

Introducción

Los ostrácodos continentales del Mioceno del sur de Europa han sido poco estudiados hasta la fecha (Carbonel & Cahuzac, 2005). Generalmente, esto es debido a que los afloramientos continentales son menos abundantes que los marinos o transicionales y porque es relativamente difícil realizar dataciones cronológicas fiables en estos materiales. Además, los depósitos aluviales y fluviales miocenos del sur de Europa, menos comunes que los lacustres, suelen ser pobres en ostrácodos y, habitualmente, incluyen restos transportados que, si bien pueden aportar datos sobre el proceso de sedimentación, no proporcionan información paleoecológica (Carbonel & Cahuzac, 2005). De esta manera, en otras cuencas continentales europeas se han efectuado algunas reconstrucciones paleoambientales empleando las asociaciones de ostrácodos, pero, debido a su mejor preservación y control cronológico, generalmente se centran en aquellos de ambientes lacustres del Mioceno medio-superior (e.g. Rundić, 2006; Pipík & Bodergat, 2007; Ligios *et al.*, 2012; Pipík *et al.*, 2012; Stoica *et al.*, 2013).

Un claro ejemplo de la falta de estudios detallados en estos materiales es la ausencia de una calibración cronológica fiable para los pisos continentales del Mioceno inferior (Ageniense y Rambliense) y su tránsito al Mioceno medio (Aragoniense). Esto se debe, principalmente, a que las series estudiadas se encuentran en cuencas continentales de pequeña extensión, lo que hace que cualquier reactivación tectónica genere importantes hiatos en la serie (Larrasoña *et al.*, 2006). Otra razón importante es la escasez de afloramientos bien expuestos. Sin embargo, obtener una biocronología fiable y precisa es indispensable a la hora de realizar reconstrucciones paleoclimáticas a lo largo del tiempo.

Los Materiales de origen aluvial y lacustre de la Cuenca del Ebro presentan unas características idóneas para abordar estudios biocronológicos y paleoecológicos. Esto es debido a la continuidad de la serie, ya que los procesos tectónicos únicamente se manifiestan en los bordes de la cuenca, por lo que son escasos los hiatos y las estructuras geológicas que pueden alterar la secuencia en las zonas alejadas de sus márgenes. Así, en el área riojana de esta cuenca (sector NO), se han encontrado diversos yacimientos de microvertebrados en diferentes niveles estratigráficos, como Fuenmayor (Martínez-Salanova, 1987) y Lardero (Hernández *et al.*, 2003). En este último, además, se destaca la abundante presencia de ostrácodos bien conservados.

Bajo estas premisas, en este trabajo se efectúa, por vez primera, un estudio de las asociaciones de ostrácodos y micromamíferos preservadas en la sección de Cenicerro (La Rioja, sector NO de la Cuenca del Ebro), conformada por una secuencia de materiales aluviales de edad Mioceno inferior. Sin embargo, como hipótesis inicial de trabajo, es necesario responder a dos cuestiones básicas:

- 1) ¿Se han preservado suficientes ejemplares de ostrácodos “in-situ” en estos materiales aluviales como para poder realizar reconstrucciones paleoambientales fiables?
- 2) ¿Es posible encontrar especies de microvertebrados en esta sección que permitan estimar un rango de edad detallado para estos depósitos?

Si ambas respuestas son afirmativas, este trabajo supondrá un claro avance en el conocimiento de las asociaciones de ostrácodos desarrolladas en ambientes continentales miocenos. Además, permitirá realizar correlaciones temporales de esta sección con otras columnas estratigráficas de la Cuenca del Ebro

y de la Península Ibérica, gracias a la datación aportada por los micromamíferos.

Localización geográfica y contexto geológico

El área de estudio se sitúa al norte de la provincia de La Rioja (N de la Península Ibérica), en concreto al SE de la localidad de Cenicero (Fig. 1). La sección estudiada en este trabajo aflora en la N-232, carretera que une Cenicero con la localidad vecina de Fuenmayor, en las coordenadas $42^{\circ}28'21,99''$ de latitud N y $2^{\circ}37'42,90''$ de longitud O. Esta sección ha sido descrita previamente por Díaz-Martínez *et al.* (2011; 2012). Geológicamente, los materiales estudiados forman parte del sector occidental de la

Cuenca Terciaria del Ebro (Fig. 1), que consiste en una gran cuenca de antepaís rellena por depósitos continentales de edad Paleoceno superior – Mioceno superior, que en algunos puntos de la cuenca superan los 5.000 m de potencia (Muñoz *et al.*, 2002; Pardo *et al.*, 2004).

La serie estratigráfica en este punto presenta un buzamiento de 18° hacia el NO, y una orientación general de capa de $N45^{\circ}E$ (Díaz-Martínez *et al.*, 2011). Las facies sedimentarias identificadas están formadas por una sucesión de lutitas (Fig. 2), principalmente de color beige, entre las que se intercalan horizontes de paleosuelos de tipo pseudogley (*sensu* PiPujol & Buurman, 1997). De forma menos frecuente, se identifican tramos de lutitas rojizas o anaranjadas, con horizontes de paleosuelos tipo gley

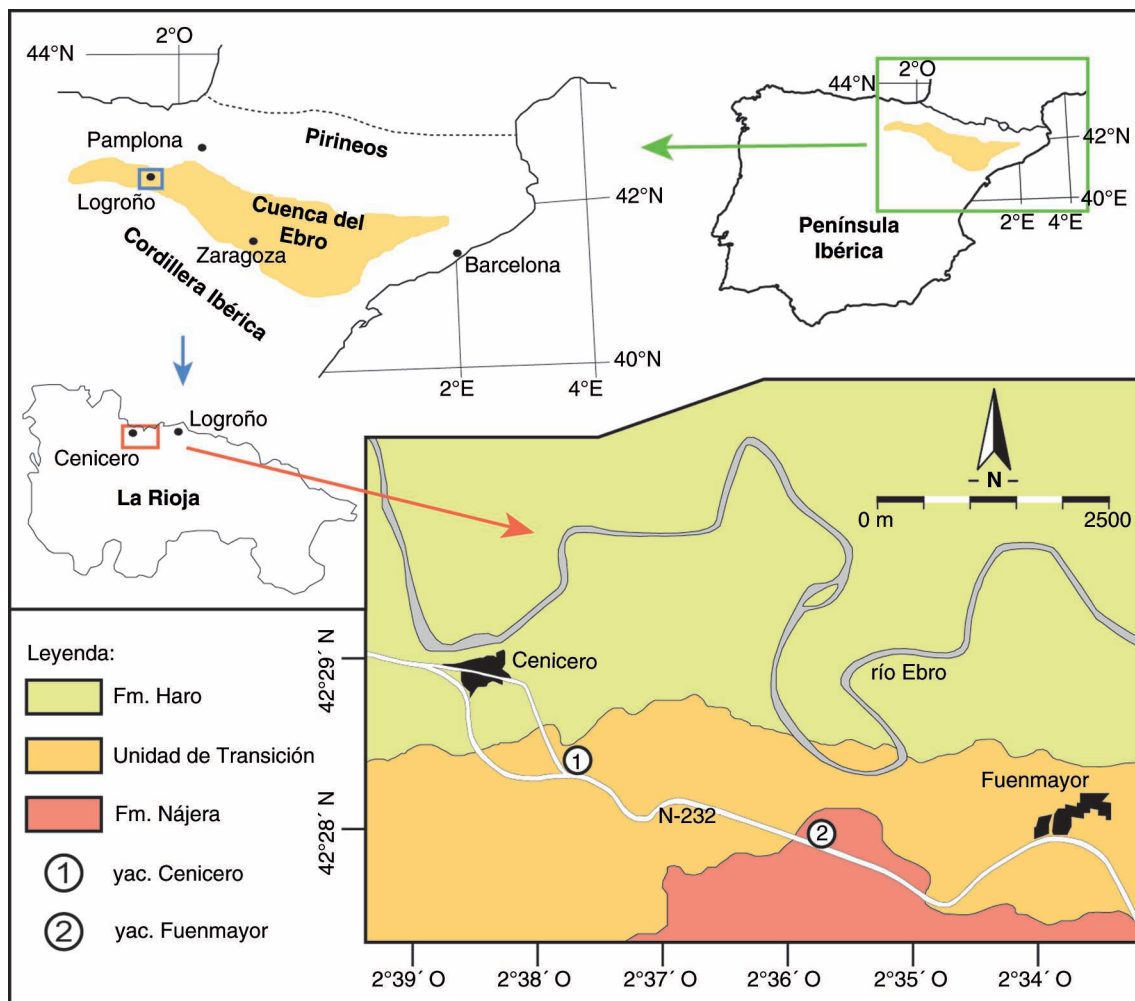


Fig. 1.—Localización geográfica y geológica del área de estudio (modificado de Díaz-Martínez *et al.*, 2011; 2012).

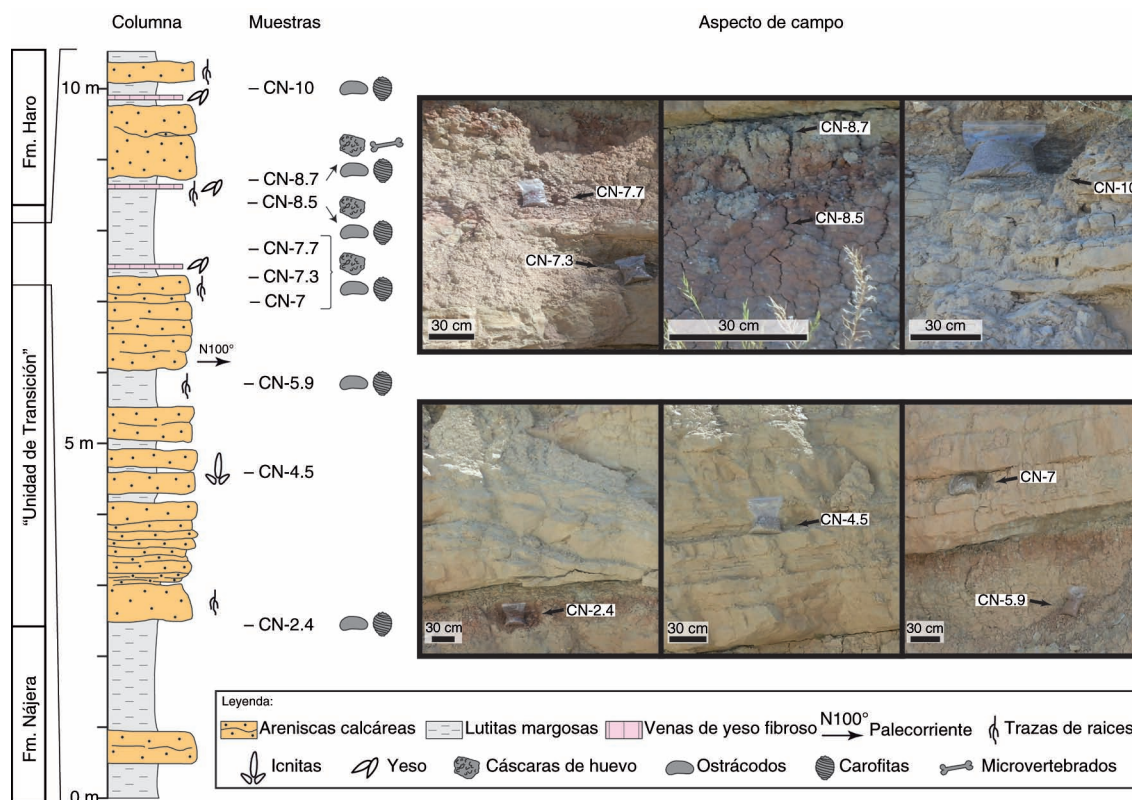


Fig. 2.—Columna estratigráfica de la sección de Cenicer (modificado de Díaz-Martínez *et al.*, 2012) en la que se señalan los niveles muestreados para el análisis de las asociaciones de ostrácodos. Se incluye una fotografía del aspecto de campo de cada uno de estos niveles.

(*sensu* Kraus & Aslan, 1993). Las muestras estudiadas en este trabajo han sido tomadas en estos niveles lutíticos (siglas CN-; Fig. 2). Todos los niveles analizados, excepto la muestra CN-4.5, presentan restos de carofitas, generalmente girogonitos, y valvas de ostrácodos. Hacia techo de la sección (niveles CN-7 a CN-10), abundan los fragmentos de cáscaras de huevo, posiblemente de ave.

Estos materiales detríticos finos se alternan con areniscas calcareníticas, sublitenitas y grauvacas (Fig. 2), organizadas en capas de menos de 30 cm de potencia. Los niveles de areniscas exhiben laminación horizontal y secuencias granodecipientes, mostrando bioturbaciones verticales a techo atribuibles a la acción de raíces durante periodos de exposición subaérea (Hernández *et al.*, 1997). En algunas de estas areniscas se han encontrado icnitas de vertebrados (ver Fig. 2), siendo relevante la definición de un nuevo icnotaxón de ave, *Uvaichnites riojana* (Díaz-Martínez *et al.*, 2011; 2012). De manera ocasional,

se reconocen niveles de yeso, tanto fibroso como en agregados framboidales, cuyo origen es claramente diagenético.

Esta asociación de facies, sugiere que los materiales estudiados se depositaron en la parte media – distal de un sistema de abanico aluvial o en una llanura de inundación fangosa. Los niveles intercalados de areniscas se interpretan como depósitos generados por flujos canalizados distales, encajados entre las facies finas de desbordamiento en la llanura aluvial generadas por inundaciones esporádicas. Los rasgos pedogénicos presentes parecen indicar una exposición subaérea de estos materiales tras los procesos de desbordamiento, con el desarrollo de horizontes de paleosuelos por la circulación vertical de agua y/o aire y, eventualmente, su colonización vegetal. Esto lo atestigua la presencia de rizolitos y bioturbación vertical a techo de capa (Hernández *et al.*, 1997). La aparición de icnitas en las areniscas avala también la exposición subaérea de estos depósitos.

Las paleocorrientes medidas en uno de estos niveles de areniscas (Fig. 2), indican una procedencia SE para los aportes sedimentarios lo que, junto con la naturaleza calcárea de dichas areniscas, permiten aventurar la situación del área fuente de estos depósitos en la Cordillera Ibérica. Sin embargo, diversos autores han constatado la coexistencia de abanicos aluviales procedentes tanto del margen N como S de la Cuenca del Ebro durante el Neógeno (e.g. Muñoz-Jiménez & Casas-Sainz, 1997; Muñoz *et al.*, 2002; Pardo *et al.*, 2004), por lo que no es posible descartar una posible área fuente para estos materiales localizada en el borde norte de la cuenca. Así, en todas las muestras analizadas en este trabajo aparecen, de manera más o menos abundante, ejemplares retrabajados de foraminíferos cretácicos y paleógenos, tanto bentónicos como planctónicos, así como algunas valvas de ostrácodos cretácicos marinos. En el margen occidental de la Cordillera Ibérica no afloran depósitos marinos del Cretácico y el Paleógeno, circunstancia que sí se produce en el sector más occidental de los Pirineos (e.g. Muñoz-Jiménez & Casas-Sainz, 1997). Este hecho confirmaría que el área fuente de estos materiales debería localizarse en dichas rocas sedimentarias marinas que afloran al norte de la Cuenca del Ebro.

Estratigráficamente, la sección estudiada se sitúa dentro de la Unidad Tectosedimentaria A₅ definida por Muñoz (1992) y parece integrarse dentro de la Formación Haro (*sensu* Riba, 1995). Sin embargo, su localización geológica en la zona de intersección entre las facies que conforman las Formaciones Nájera y Haro, llevó a Díaz-Martínez *et al.* (2011) a realizar un análisis sedimentológico más detallado. A partir de este estudio, dichos autores propusieron la definición de una “Unidad de Transición” dispuesta entre ambas formaciones, caracterizada por la alternancia de lutitas de color mayoritariamente anaranjado y areniscas rojas y ocres. De esta manera, sitúan la sección de Cenicero en el tramo superior de dicha “Unidad de Transición” (Fig. 2), inmediatamente por debajo de la Fm. Haro y por encima del yacimiento de microvertebrados de Fuenmayor (Martínez-Salanova, 1987), otorgando a estos niveles una edad de Mioceno inferior, entre Ageniense y Ramblense (zonas locales Y y Z).

Material y métodos

Teniendo en consideración las características de los depósitos, en este trabajo se han seleccionado los 9 niveles en principio más adecuados (CN-2.4 a CN-10) de la sección de Cenicero (ver Fig. 2) para efectuar un estudio paleoecológico con las faunas de ostrácodos. De cada uno de estos niveles se han recogido unos 500 gramos, para poder tener así un número de ejemplares representativo de las asociaciones de ostrácodos preservadas en cada muestra. Este material ha sido lavado y tamizado, analizándose la fracción comprendida entre 0,15 mm y 1 mm y extrayéndose la totalidad de los individuos presentes. Para facilitar la comparación de la riqueza de cada muestra, los ejemplares con el caparazón completo, así como cada valva desarticulada, se han contabilizado como un individuo.

La identificación taxonómica, a nivel de especie, de los ejemplares extraídos está basada en las clasificaciones definidas por Hartman & Puri (1974) y Horne *et al.* (2002), completadas con los trabajos de Kempf (1980-1997) y Meisch (2000). Además, en cada muestra analizada se han calculado los siguientes índices de riqueza: el número de especies (S) y el número de ostrácodos por gramo de sedimento levigado seco (nO).

Por otro lado, en el nivel CN-8.7, constituido por una lutita margosa de color gris, se han recogido unos 400 kilogramos para el estudio biocronológico a partir de los restos de microvertebrados. Se ha optado por muestrear este nivel debido al alto contenido en fragmentos de gasterópodos que presenta, su comparativamente mayor contenido en carbonato cálcico y la coloración anómala respecto al resto de niveles (ver Fig. 2). El sedimento recogido se ha lavado y tamizado utilizando tamices con luz de malla de 0,5 mm y de 3 mm. Esta fracción se ha tratado con ácido acético con el objeto de concentrar los restos óseos fosfáticos. Posteriormente, se han extraído e identificado todos los restos de dientes de microvertebrados.

El esquema bioestratigráfico empleado en este trabajo se corresponde con las unidades MN europeas (European Neogene land Mammal units) definidas por Mein (1975), así como con las zonas locales propuestas por Álvarez-Sierra *et al.* (1987; 1991) y Daams & Freudenthal (1981) para el Mioceno inferior-medio de la Península Ibérica.

Resultados y discusión

Bioestratigrafía

Los mamíferos son los organismos más utilizados a la hora de realizar las correlaciones y dataciones en depósitos continentales. De ahí su empleo en este trabajo para intentar obtener una edad más precisa de los materiales de la sección de Cenicero. El rango temporal definido por la correlación estratigráfica oscila entre las zonas locales Y y Z de edad Ageniense y Ramblense (MN2–MN3) del Mioceno inferior. Por su parte, las especies de ostrácodos identificadas poseen un registro temporal muy amplio, por lo que no aportan una edad precisa para estos materiales.

En el nivel analizado CN-8.7, se han extraído un total de 12 restos identificables de dientes pertenecientes a mamíferos, de los cuales 5 se han clasificado como *Peridyromys murinus* (Pomel) (Figs. 3.1a 3.3), 3 como *Armantomys daamsi* (Álvarez-Sierra et al., 1991) (Figs. 3.4 y 3.5), 2 como cf. *Eucricetodon* y 2 como *Cainotherium* sp.

Salvo *A. daamsi*, que es exclusivo de la zona local Y2 del Ageniense (Álvarez-Sierra et al., 1987;

Daams, 1990), el resto de los taxones identificados tienen una distribución temporal muy amplia (Fig. 4). Además, la sección de Cenicero, se encuentra estratigráficamente unos 130 m por encima del yacimiento de Fuenmayor 2 (Díaz-Martínez et al., 2011) (Fig. 1), situado por Martínez-Salanova (1987) en la zona Y de Daams & Van Der Meulen (1984) y, según trabajos posteriores, concretamente en la zona Y1 (MN2) (Sesé, 2006; Ruiz-Sánchez et al., 2012).

Por tanto, de acuerdo a la fauna identificada en el nivel estudiado y la posición estratigráfica con respecto al yacimiento de Fuenmayor 2, podemos afirmar que la sección de Cenicero está ubicada, bioestratigráficamente, en la zona local Y2 (MN2) del Ageniense (Mioceno inferior).

Paleoecología

En ambientes aluviales, sin cuerpos de agua estables, las poblaciones de ostrácodos aparecen de forma discontinua. Además, en áreas de fuerte hidrodinamismo, el grado de conservación de los ejemplares es muy deficiente debido al transporte y fracturación de los caparazones y valvas, ya de por sí

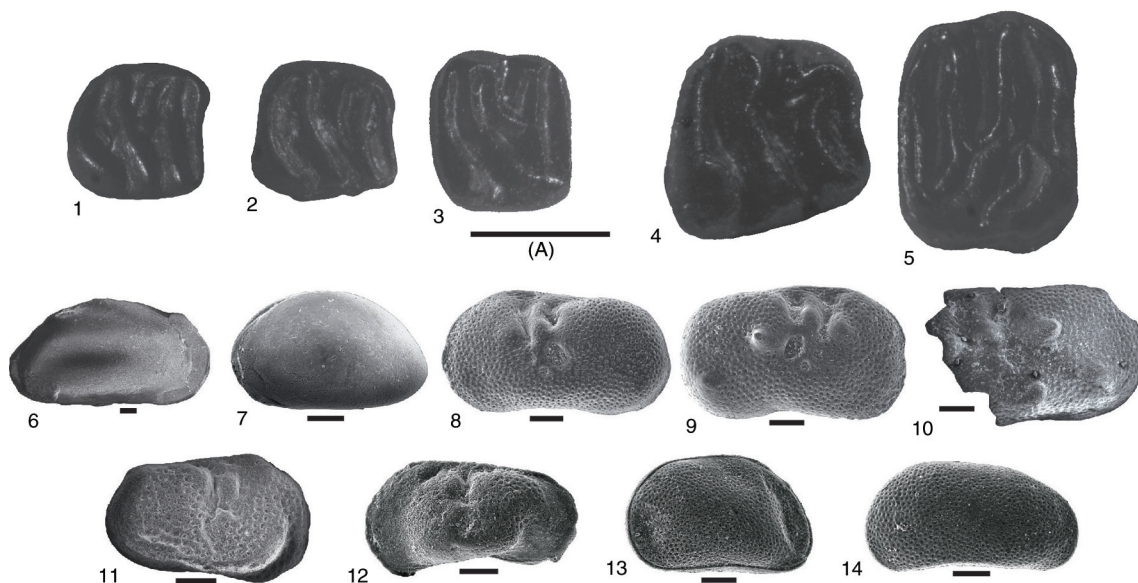


Fig. 3.—Microfósiles de la sección de Cenicero. De 1 a 5, fotografías de lupa binocular de dientes de microvertebrados. Barra de escala (A)=1 mm: 1-3- *Peridyromys murinus* (Pomel). 1, m1,2 derecho; 2, m1,2 derecho; 3, M1,2 izquierdo; 4-5- *Armantomys daamsi* (Álvarez-Sierra et al., 1991). 4, m1 derecho; 5, M1,2 izquierdo. De 6 a 14, fotografías de Microscopio Electrónico de Barrido de las principales especies de ostrácodos identificadas. C = caparazón, VD = valva derecha, VI = valva izquierda, CN- = muestra; barras de escala =100 μ m. Todas las fotografías son vista externa: 6- *Cyclocypris laevis* (O.F. Müller), CVI, CN-7; 7- *Cyclocypris ovum* (Jurine), CDI, CN-7; 8- *Ilyocypris bradyi* G.O. Sars, VI, CN-7.3; 9- *Ilyocypris gibba* (Ramdohr), VD, CN-8.7; 10- *Ilyocypris monstrifica* (Norman), VI, CN-7.7; 11- *Limnocythere* sp., CVD, CN-8.5; 12- *Paralimnocythere* sp., CVI, CN-8.5; 13- *Pseudocandona compressa* (Koch), CVI, CN-10; 14- *Pseudocandona parallela* G.W. Müller, CVD, CN-10.

MIOCENO INFERIOR			Época
Aquitaniense			Piso marino
Ageniense	Ramblense		Piso continental
2	3		Zonas MN
Y	z	A	Zonas locales
Y1	Y2		
x			<i>Peridyromys murinus</i>
x			<i>Armantomys daamsi</i>
cf.			<i>Eucricetodon</i> sp.
sp.			<i>Caenotherium</i>

Fig. 4.—Distribución bioestratigráfica de los vertebrados estudiados en este trabajo: *Peridyromys murinus* (Pomel, 1853), *Armantomys daamsi* (Álvarez-Sierra et al., 1991), cf. *Eucricetodon* y *Caenotherium* sp.

bastante delicados, por lo que la presencia de ostrácodos “in situ” en estos ambientes es rara (Carbonel & Cahuzac, 2005). En las muestras analizadas se han obtenido gran cantidad de fragmentos de valvas de ostrácodos, muchos de ellos inidentificables siquiera a nivel de género. No obstante, se han extraído un total de 416 ostrácodos clasificables, identificándose 12 especies pertenecientes a 8 géneros (Tabla 1). Es de reseñar, por tanto, la elevada riqueza de ejemplares no transportados obtenidos en estos niveles, que permiten obtener conclusiones paleoecológicas bastante precisas.

A continuación se describen las asociaciones de ostrácodos identificadas en los niveles estudiados, de base a techo de la columna:

En la muestra CN-2.4 se han obtenido un total de 28 ejemplares de ostrácodos clasificables, pertenecientes a 7 especies (Tabla 1), siendo las más abundantes *Pseudocandona parallela* G.W. Müller y *Limnocythere* sp. (Fig. 5). *Pseudocandona parallela* (Fig. 3.14) es una especie que habita en los bordes de los lagos, preferentemente en sustratos limo-arcillosos con abundante vegetación, tanto en aguas estancadas como en fluyentes, aunque prefiere las aguas corrientes, de temperaturas templadas a frías y una salinidad de oligohalina a mesohalina (menor de 5,5‰) (Diebel & Pietrzenuk, 1990; Meisch, 2000). El género *Limnocythere* (Fig. 3) también vive en los bordes someros de lagos, en aguas ligeramente salinas y altamente alcalinas (Meisch, 2000). Por tanto, la presencia de ambas especies implica el desarrollo

Tabla 1.—Distribución, en valores absolutos, de las especies de ostrácodos identificadas en las muestras estudiadas de la sección de Cenicero. En negrita y sombreado se remarcan las especies más abundantes. Se incluyen los índices de riqueza calculados

muestra	<i>Candona arguata</i> G.W. Müller, 1900	<i>Ilyocypris monstifica</i> (Norman, 1862)	<i>Limnocythere</i> sp.	<i>Ilyocypris gibba</i> (Ramdohr, 1808)	<i>Paralimnocythere</i> sp.	<i>Pseudocandona compressa</i> (Koch, 1838)	<i>Pseudocandona parallela</i> G.W. Müller, 1900	<i>Cyclocypris laevis</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Ilyocypris bradyi</i> G.O. Sars, 1890	<i>Cyclocypris ovum</i> (Jurine, 1820)	<i>Danwinula stevensoni</i> (Brady & Robertson, 1870)	<i>Nannocandona</i> sp.	total valvas clasificables	especies identificadas (S)	nº ostrác./gr sedim. (nO)
CN-10					3	20	53		2	1			79	5	27
CN-8.7				8	22	9	55	5	4	1	3	3	110	9	27
CN-8.5		2	77	6	18	2	8	2		1	1		117	9	41
CN-7.7		14	7	3	9	3	24		1				61	7	9.5
CN-7.3					1		1		4				6	3	0.9
CN-7				4			1	2		1			3	2	0.5
CN-5.9		4					1	1	2				12	5	4.3
CN-4.5													—	—	—
CN-2.4	1	1	7	3	3	2	11						28	7	16
total													416		

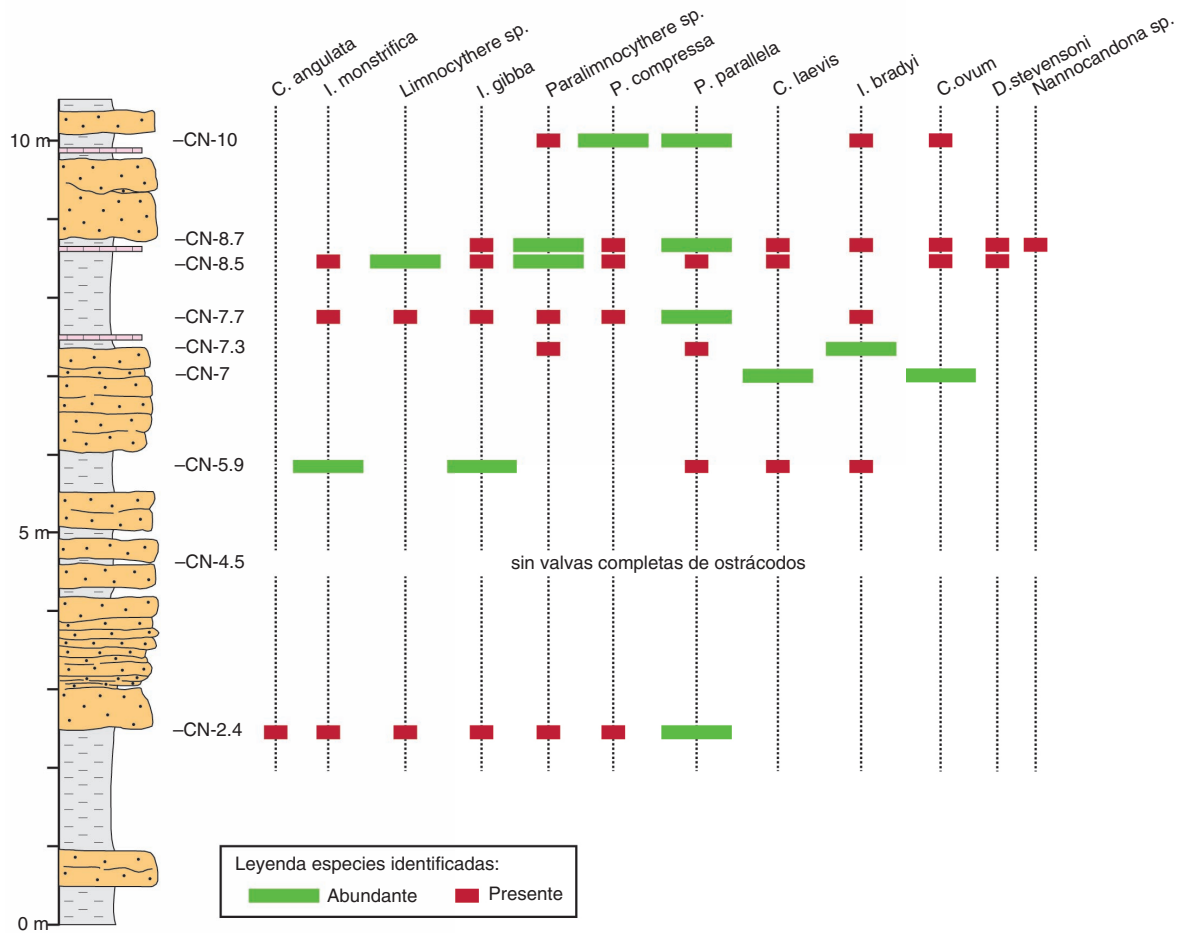


Fig. 5.—Distribución estratigráfica de las especies de ostrácodos identificadas en las muestras estudiadas, separadas en abundantes (en verde) y presentes (en rojo).

de pequeños cuerpos de agua, someros y efímeros, con cierta hidrodinámica, de temperatura templada a fría, preferentemente oligohalina (salinidad <5,5‰) y de alta alcalinidad (Fig. 6), en la base de la columna.

La ausencia de valvas y caparazones completos de ostrácodos en la muestra CN-4.5 (Tabla 1) y el predominio de materiales fragmentados, implicaría un importante transporte de los restos. Así, esta muestra definiría el desarrollo de un medio más energético que el de la muestra previa, tratándose posiblemente de una zona de tránsito dentro del sistema aluvial. Desde un punto de vista sedimentológico, este nivel lutítico se encuentra intercalado entre capas poco potentes de arenisca (ver Fig. 2), que se depositaron en canales distales encajados entre las facies finas de desbordamiento en la llanura aluvial.

Esto confirmaría la existencia de periodos puntuales de mayor energía en el medio y el transporte de elementos bioclásticos junto a sedimentos finos a zonas de desaceleración de las corrientes hídricas adyacentes a los canales.

Del nivel CN-5.9 se han extraído 12 ejemplares de ostrácodos, identificándose 5 especies (Tabla 1), siendo las más abundantes *Ilyocypris gibba* (Ramdohr) e *Ilyocypris monstrosa* (Norman) (Fig. 5). *Ilyocypris gibba* (Fig. 3.9) es una especie típica de bordes poco profundos de lagos, preferentemente de aguas permanentes, que habita sobre sustratos algo arenosos con abundante vegetación, en aguas tanto fluyentes como estancadas, templadas y cálidas (14°–29° C) y de dulces a oligohalinas (0,1–0,8‰) (Neale, 1964; Delorme & Donald, 1969; Meisch, 2000). Por su parte, *I. monstrosa*

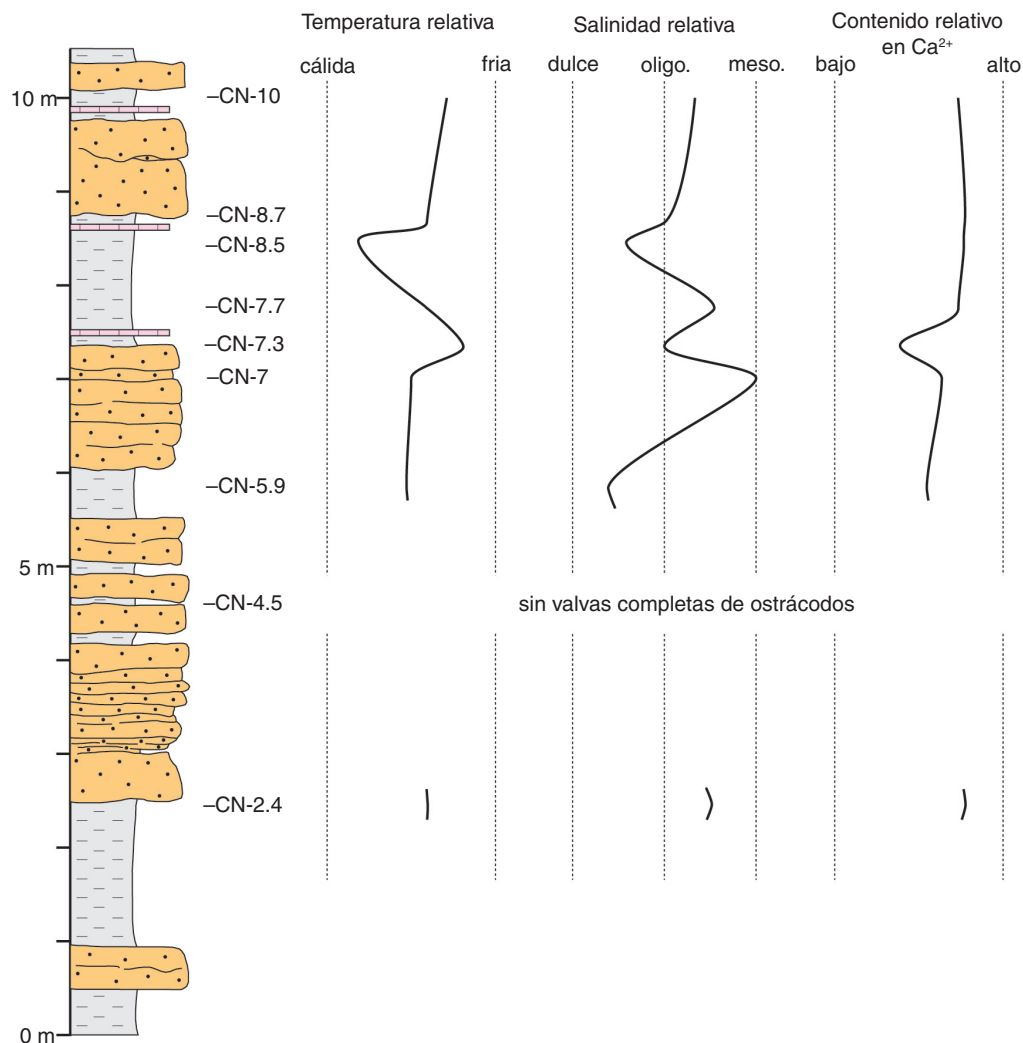


Fig. 6.—Variación relativa de los principales parámetros físico-químicos del agua (temperatura, salinidad y contenido en Ca^{2+}) a lo largo de la sección de Cenicero, estimada a partir de las especies de ostrácodos identificadas. En la salinidad: oligo. = oligohalina, meso. = mesohalina.

(Fig. 3.10) es una especie lacustre y euritérmica que vive en aguas de baja salinidad (Meisch, 2000). Esta asociación define, por tanto, el desarrollo de un nuevo cuerpo de agua somero y efímero de pequeñas dimensiones, pero de aguas relativamente más cálidas y menos salinas que las presentes en la base de la columna (nivel CN-2.4) (Fig. 6).

En la muestra CN-7 únicamente se han extraído 3 valvas clasificables de ostrácodos, pertenecientes a dos especies (Tabla 1): *Cyclocypris laevis* (O.F. Müller) y *Cyclocypris ovum* (Jurine) (Fig. 5). La especie *C. laevis* (Fig. 3.6) aparece en estanques permanentes y temporales con y sin vegetación,

manantiales, arroyos y bordes someros de lagos, con aguas corrientes, mesohalinas y de alta alcalinidad, siendo además una especie euriplástica para la temperatura y el pH. Por su parte, *C. ovum* (Fig. 3.7) ha colonizado casi todos los medios acuáticos continentales, siendo común en bordes someros de lagos en aguas fluyentes y estancadas, apareciendo también en aguas temporales de manantiales y, ocasionalmente, aguas subterráneas, en condiciones mesohalinas (Meisch, 2000). Además, es una especie euriplástica para el pH y la temperatura, aunque prefiere aguas con temperaturas inferiores a 20°C . De esta manera, las especies identificadas definen la

presencia de agua relativamente corriente, templada a cálida, mesohalina y de alta alcalinidad, en estos cuerpos de agua someros (Fig. 6). Tanto la asociación de ostrácodos identificada, como la baja riqueza obtenida ($S=2$; $nO=0,5$; ver Tabla 1) y la disposición de esta muestra intercalada entre niveles de areniscas canaliformes (ver Fig. 2), implicaría su depósito en un ambiente más energético que el de la muestra CN-5.9.

En la muestra CN-7.3 se han obtenido 6 valvas clasificables de ostrácodos pertenecientes a 3 especies (Tabla 1), siendo la más abundante *Ilyocypris bradyi* G.O. Sars (Figs. 3.8 y 5). Esta especie habita en aguas frías ($<12^{\circ}\text{C}$), oligohalinas, de alta alcalinidad y poca corriente, tanto en arroyos como en pantanos o zonas poco profundas de lagos ($<4\text{ m}$ de profundidad), siendo capaz de tolerar concentraciones bajas de oxígeno (3 mg/l) (Victor *et al.*, 1981; Curry, 1999; Mezquita *et al.*, 1999; Niinemets, 1999). Por tanto, en este nivel se constata la influencia de las aguas más frías de toda la sección estudiada (Fig. 6). El cambio en la asociación de ostrácodos, así como el ligero incremento observado en los índices de riqueza obtenidos en esta muestra ($S=3$; $nO=0,9$; ver Tabla 1), definirían una disminución en la energía de las corrientes de agua con respecto al nivel CN-7.

De la muestra CN-7.7 se han extraído 67 ejemplares de ostrácodos, identificándose 7 especies (Tabla 1), siendo las más comunes *P. parallela* e *I. monstifrica* (Fig. 5). La asociación descrita define el desarrollo de un cuerpo de agua somero y efímero, afectado por aguas templadas a frías y de una salinidad que oscila entre oligohalina y mesohalina (Diebel & Pietrzeniuk, 1990; Meisch, 2000) (Fig. 6). El aumento en la riqueza de ostrácodos observada en este nivel con respecto a las dos muestras previas ($S=7$; $nO=9,5$; ver Tabla 1), indicaría una estabilización del medio acuático aluvial para el desarrollo de los ostrácodos hacia techo de la sección de Cenicero. Esta estabilización del medio, parece tener relación con un mayor tiempo de permanencia de las acumulaciones acuosas en el sistema aluvial.

En el nivel CN-8.5 se han obtenido 117 ejemplares clasificables de ostrácodos, pertenecientes a 9 especies (Tabla 1), siendo la más abundante *Limnocythere*

sp., estando acompañada por *Paralimnocythere* sp. (Fig. 5). El género *Limnocythere* (Fig. 3.11) habita en los bordes someros de lagos, con aguas ligeramente salinas y altamente alcalinas. Por su parte, el género *Paralimnocythere* (Fig. 3.12) es típico de ambientes con aguas estancadas poco profundas, cálidas y de dulces a oligohalinas (Meisch, 2000). Por tanto, esta asociación define la presencia de cuerpos de agua someros con poca corriente, de agua cálida, ligeramente salina y con alta alcalinidad, en este nivel de la columna (Fig. 6). Atendiendo a los índices de riqueza obtenidos en esta muestra ($S=9$; $nO=41$; ver Tabla 1), se constataría el desarrollo de un medio más estable para las especies de ostrácodos hacia techo de la columna.

En la muestra CN-8.7 se han extraído 110 individuos de ostrácodos, identificándose 9 especies (Tabla 1). *Pseudocandona parallela* (Fig. 3.14) es la especie más abundante, estando de nuevo acompañada por *Paralimnocythere* sp. (Fig. 5). La asociación identificada define un enfriamiento además de un incremento de la salinidad del agua con respecto al nivel CN-8.5 previo (Fig. 6).

Finalmente, en la muestra CN-10, localizada en el techo de la sección, se han obtenido 79 ejemplares clasificables de ostrácodos, pertenecientes a 5 especies (Tabla 1), siendo la más común de nuevo *P. parallela*, acompañada en esta ocasión por *Pseudocandona compressa* (Koch) (Figs. 3.13 y 5). Esta última especie habita, al igual que *P. parallela*, en los bordes de medios lacustres ($<8\text{ m}$ de profundidad), tanto en aguas temporales como permanentes, aunque es más común en aguas con algo de turbulencia, de templadas a frías y con poca corriente (Diebel & Pietrzeniuk, 1990; Meisch, 2000). Se trata de una especie oligohalina – mesohalina ($0,5\text{--}18\text{‰}$). De esta manera, la asociación identificada define, de nuevo, un aumento de la salinidad y un enfriamiento del agua con respecto a la parte media y baja de la sección (Fig. 6).

Por tanto, en conjunto, el ambiente de depósito de la sección de Cenicero, basado en su análisis sedimentario (Díaz-Martínez *et al.*, 2011) y las asociaciones de ostrácodos identificadas, se caracterizaba por amplias llanuras aluviales, entre las que se establecía un sistema de transporte de sedimentos canalizados. Estos sistemas eventualmente

sufrían inundaciones debido al desbordamiento de estos flujos canalizados. A causa de estas inundaciones se depositarían materiales finos en la llanura aluvial adyacente, pudiendo generarse, de manera ocasional, acumulaciones de agua dulce en las que se desarrollaban los ostrácodos. Así, estas zonas encharcadas serían pequeños cuerpos de agua, someros y efímeros, probablemente con un escaso desarrollo lateral y posiblemente desconectados entre sí.

Debido al pequeño tamaño de estos cuerpos de agua, cualquier oscilación en las condiciones ambientales locales tendría un importante efecto en las características físico-químicas del agua. Por tanto, las variaciones en las asociaciones de ostrácodos identificadas en las muestras estudiadas, parecen responder a cambios locales del propio sistema aluvial. De esta manera, la escasez (CN-7 y CN-7.3; ver Tabla 1) o ausencia total (CN-4.5; ver Tabla 1) de ejemplares no transportados en las muestras obtenidas entre los niveles de areniscas canaliformes (ver Fig. 2), probablemente refleje la llegada de corrientes de mayor energía y el desbordamiento de los sistemas de canales aluviales. Así mismo, los cambios observados en la temperatura y salinidad relativa del agua a lo largo de la columna (ver Fig. 6) parecen responder a cambios en el régimen pluviométrico local. El posible carácter estacional de estas precipitaciones favorecería la evaporación, tanto parcial como total, del agua presente en estos cuerpos someros en épocas de sequía, lo que produciría un aumento del grado de salinidad y/o de la dureza de la misma.

Es de destacar que la permanencia de estas acumulaciones acuosas es más prolongada hacia techo de la sección (niveles CN-7.7 a CN-10; ver Fig. 2), lo que permite el desarrollo de unas condiciones más estables para el desarrollo de los ostrácodos en estos niveles. Este hecho parece indicar que habría una mayor disponibilidad de agua en esta área, pudiendo aludir a diversas causas locales para su explicación, bien actuando de manera individualizada, bien ejerciendo un efecto combinado entre sí: un mayor aporte de agua por el propio sistema aluvial, mayor pluviometría en esta zona, cambios en la temperatura (condiciones relativamente más frías) y/o un menor grado de insolación.

Comparación de los resultados obtenidos en la sección de Cenicero con otras secciones de la Península Ibérica y el sur de Europa

Es de reseñar la escasez de trabajos en los que se efectúen reconstrucciones paleoambientales con asociaciones de ostrácodos en otras secciones continentales del Mioceno inferior, tanto en la Península Ibérica como en el sur del continente Europeo. Este motivo pone de relieve la importancia y novedad del presente trabajo.

Dentro de un ámbito regional, en el sector Navarro de la Cuenca del Ebro (Bardenas Reales de Navarra) se han realizado algunos estudios muy preliminares sobre la sistemática de las asociaciones de ostrácodos y la evolución paleoecológica en diversas secciones del Mioceno inferior-medio (Ramblense-Aragoniense) (Berrio-Rodríguez, 1989; Murelaga *et al.*, 1997; Rodríguez-Lázaro *et al.*, 1998; Martín-Rubio *et al.*, 2008; Martínez-García *et al.*, 2013). De esta manera, en las asociaciones de ostrácodos identificadas en estas secciones estratigráficas, son abundantes las especies *C. laevis*, *Heterocypris* sp., *I. bradyi*, *I. gibba*, *Limnocythere* sp., *Nannocandona faba* Ekman, *Paralimnocythere* sp., *P. compressa* y *P. parallela*. La variación en dichas asociaciones de ostrácodos en las Bardenas Reales de Navarra, evidencia el desarrollo de pequeños lagos someros de aguas estables durante el Mioceno inferior-medio en la Cuenca del Ebro, que se alternan en el tiempo con secuencias aluviales en las que se generan cuerpos de agua inestables. Estas variaciones en el medio parecen estar relacionadas con cambios ambientales de escala regional, tales como oscilaciones en la temperatura y la humedad condicionadas por el régimen hídrico de la zona.

En el resto de cuencas con depósitos continentales del Mioceno de la Península Ibérica, únicamente se cita la presencia de ostrácodos en algunas secciones estratigráficas, sin realizar un estudio ni sistemático, ni paleoecológico detallado empleando dichas asociaciones (e.g. Anadón *et al.*, 1998). Una de las pocas excepciones es la sección de Salar, en la Cuenca de Granada, del Mioceno superior (Turolense). En esta sección, la abundancia de especies tales como *C. angulata*, *Candona neglecta* Sars, *D. stvensoni*, *Fabaeformiscandona fabaeformis*

(Fischer), *Heterocypris reptans* (Kaufmann), *I. gibba* o *Pseudocandona albicans* (Brady), define el desarrollo de un medio palustre a lacustre somero con cierta salinidad (Bekkali *et al.*, 2003).

En algunas cuencas del este de Europa se han efectuado reconstrucciones paleoambientales en medios lacustres del Mioceno superior a partir de las asociaciones de ostrácodos. Destacan, entre ellas, la Cuenca Panónica de Serbia (Rundić, 2006), la Cuenca Dácica de Rumanía (Stoica *et al.*, 2013), o la Cuenca de Turiec en Eslovaquia (Pipík & Bodergat, 2007; Pipík *et al.*, 2012). Sin embargo, en el suroeste europeo, el único trabajo que emplea los ostrácodos como indicadores paleoecológicos en medios continentales miocenos es el llevado a cabo por Carbonel & Cahuzac (2005) en el Sur de Francia. Estos autores identifican un total de 18 géneros (26 especies) de ostrácodos continentales durante el Mioceno inferior (Aquitaniense) en esta área, entre los que destacan *Candonopsis*, *Darwinula*, *Ilyocypris*, *Kovalevskiella* o *Paralimnocythere*. Estos géneros definen el desarrollo de ambientes lacustres con aguas bien oxigenadas y con cierta salinidad en estas secciones.

Esta comparativa pone en evidencia el aspecto novedoso del presente trabajo, así como su utilidad, tanto desde un punto de vista sistemático como paleoecológico, para otros estudios similares basados en las asociaciones de ostrácodos continentales miocenos. Así mismo, la posibilidad de obtener una datación concreta a partir de los micromamíferos preservados en estos materiales, permite realizar correlaciones regionales con otras secciones próximas de la Cuenca del Ebro. De esta manera, en un futuro se podrá efectuar una reconstrucción paleoambiental más completa para esta cuenca durante el Mioceno inferior-medio, a partir de un estudio sedimentológico y microfaunístico detallado.

Conclusiones

El análisis micropaleontológico realizado en la sección de Cenicero, ha puesto de manifiesto el alto potencial fosilífero de los depósitos aluviales del sector Noroccidental de la Cuenca del Ebro durante el Mioceno inferior, lo que ha permitido efectuar una

reconstrucción paleoambiental detallada, así como una asignación temporal muy precisa, para estos materiales.

Así, se ha localizado un nuevo yacimiento de micromamíferos en el que se han identificado los siguientes cuatro taxones: *P. murinus*, *A. daamsi*, cf. *Eucricetodon* y *Cainotherium* sp. La presencia de *A. daamsi* indica que los sedimentos que conforman la sección estudiada se depositaron durante la zona local Y2 (MN2) del Ageniense (Mioceno inferior). Por otro lado, destaca la abundancia de ejemplares no transportados de ostrácodos en las 9 muestras estudiadas, encontrándose un total de 416 individuos pertenecientes a 12 especies, que permiten realizar reconstrucciones paleoambientales precisas en esta sección. En concreto, la variación en las asociaciones identificadas define el desarrollo de pequeños cuerpos de agua, someros y efímeros, en un ambiente aluvial y de llanura de inundación. Hacia techo de la sección, el medio sería más propicio para el desarrollo de los ostrácodos, posiblemente debido al desarrollo de cuerpos de agua más estables. Las variaciones en la temperatura y salinidad del agua detectadas a lo largo de la columna, así como la presencia de niveles con un mayor hidrodinamismo asociados a los canales de arenisca, parecen estar relacionados con variaciones locales en el régimen pluviométrico. El posible carácter estacional de estas precipitaciones, favorecería la evaporación del agua en estas zonas encharcadas durante los momentos de sequía, provocando así el aumento de la salinidad y/o dureza del agua.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la inestimable ayuda, durante la recogida y procesado de las muestras estudiadas, de Salvador García, Director del Aula Paleontológica de Cenicero, así como del Dr. Iván Hernández-Almeida, la Dra. Mariem Saavedra, Xabier Sáez de Lafuente, Ana Fernández, Juan Carlos Martínez, Maite Aguado y Amaia Ordiales. Así mismo, quieren dar las gracias a la Dra. Arantxa Bodego, de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), por sus críticos comentarios y recomendaciones durante la redacción de este manuscrito. Este trabajo se ha financiado con el proyecto GIU12/35 de la UPV/EHU y una beca predoctoral (ref. BFI-2012-118) del Gobierno Vasco (O.Suarez-Hernando). Finalmente, los autores quieren agradecer al Dr. Arsenio Muñoz Jiménez y a otro revisor anónimo sus sugerencias y correcciones, que han mejorado sustancialmente el presente trabajo.

Referencias

- Álvarez-Sierra, M.A.; Daams, R.; Lacomba, J.I.; López-Martínez, N. & Sacristán-Martín, M.A. (1987). Succession of micromammal faunas in the Oligocene of Spain. *Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, 10: 43–48.
- Álvarez-Sierra, M.A.; Daams, R.; Lacomba, J.I.; López-Martínez, N.; Meulen, A.J.; van der, Sesé, C. & de Visser, J. (1991). Palaeontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta Geologica*, 94: 1–77.
- Anadón, P.; Robles, F.; Roca, E.; Utrilla, R. & Vázquez, A. (1998). Lacustrine sedimentation in the diapir-controlled Miocene Bicorn Basin, eastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140: 217–243. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00045-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00045-5).
- Bekkali, R.; Nachite, D.; Rodríguez-Lázaro, J. & Martín-Rubio, M. (2003). Los ostrácodos lacustres del Mioceno terminal de Salar (Margen NO de la Cuenca de Granada, España). *Geogaceta*, 34: 91–94.
- Berrio-Rodríguez, I. (1989). Asociaciones de ostrácodos del Mioceno continental de las Bardenas (Navarra, depresión del Ebro). Trabajo de investigación presentado para el Programa de Doctorado: Geología: Investigación Fundamental, Exploración de Recursos y Geología Ambiental, Universidad del País Vasco, 47 pp.
- Carbonel, P. & Cahuzac, B. (2005). Les ostracodes continentaux au Néogène en Aquitaine (Sud-Ouest France). Répartition spatio-temporelle: le point sur la question. *Revue de micropaléontologie*, 48: 3–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.revmic.2004.12.002>.
- Curry, B.B. (1999). An environmental tolerance index for ostracodes as indicators of physical and chemical factors in aquatic habitats. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148: 51–63. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00175-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00175-8).
- Daams, R. (1990). Hypsodont Myomiminae (Gliridae, Rodentia) from the Miocene and the Oligocene-Miocene boundary interval of Spain. *Scripta Geologica*, 95: 1–63.
- Daams, R. & Freudenthal, M. (1981). Aragonian: The stage concept versus Neogene mammal zones. *Scripta Geologica*, 62: 1–17.
- Daams, R. & Van Der Meulen, A.J. (1984). Paleoenvironmental and paleoclimatic interpretation of micromammal faunal successions in the upper Oligocene and Miocene of north central Spain. In: *Paleoenvironnements continentaux en Méditerranée au Néogène et évolution paléoclimatique* (Meulenkamp, J., ed.). *Paléobiologie Continentale*, 14: 241–257.
- Delorme, L.D. & Donald, D. (1969). Torpidity of freshwater ostracods. *Canadian Journal of Zoology*, 47: 997–999. <http://dx.doi.org/10.1139/z69-160>.
- Díaz-Martínez, I.; García Fernández, S.; Hernández, J.M.; Murelaga, X. & Pérez-Lorente, F. (2011). Lower Miocene bird and mammal footprints from La Rioja (Ebro Basin, Spain). *Ameghiniana*, 48: 139–153. [http://dx.doi.org/10.5710/AMGH.v48i2\(296\)](http://dx.doi.org/10.5710/AMGH.v48i2(296)).
- Díaz-Martínez, I.; Hernández, J.M.; García Fernández, S.; Murelaga, X. & Pérez-Lorente, F. (2012). *Uvaichnites riojana*: A new crane-like bird ichnotaxon from the lower Miocene of La Rioja (Ebro Basin, Spain). *Proceedings of the Geologists' Association*, 123: 464–470. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.02.003>.
- Diebel, K. & Piertrzeniuk, E. (1990). Pleistocene ostracods from Vértesszölös. In: *Vértesszölös: site, man and culture* (Kretzoi, M. & Dobosi, V.T., Eds.). *Akadémiai Kiadó, Budapest*, 145–161.
- Hartman, G. & Puri, H.S. (1974). Summary of Neontological and Paleontological classification of Ostracoda. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, 70: 7–73.
- Hernández, J.M.; García Fernández, S.; Caballero, F.; Muñoz-Jiménez, A. & Murelaga, X. (2003). Estudio sedimentológico de la sucesión con nuevos niveles de vertebrados fósiles del Mioceno inferior de Lardero (La Rioja). *Geogaceta*, 34: 55–58.
- Hernández, J.M.; Pujalte, V. & Robles, S. (1997). Los rizo-litos de la Fm. Aguilar (Kimmeridgiense-Berriasiense, Palencia, Burgos y Cantabria): caracterización, génesis y significado. *Geogaceta*, 22: 93–96.
- Horne, D.J.; Cohen, A. & Martens, K. (2002). Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living ostracoda. In: *The Ostracoda. Applications in Quaternary Research* (Holmes, J. & Chivas, A.R., Eds.). *American Geophysical Union, Washington*, 5–36. <http://dx.doi.org/10.1029/131GM02>.
- Kempf, E.K. (1980–1997). Index and bibliography of nonmarine Ostracoda. *Geologisches Institut der Universität zu Köln*, 35: 188 pp.; 36: 180 pp.; 37: 204 pp.; 38: 186 pp.; 77: 232 pp.; 109: 142 pp.; 110: 134 pp.; 111: 152 pp.; 112: 144 pp.
- Kraus, M. & Aslan, A. (1993). Eocene hydromorphic paleosols: significance for interpreting ancient floodplain processes. *Journal of Sedimentary Petrology*, 63: 453–463. <http://dx.doi.org/10.1306/D4267B22-2B26-11D7-8648000102C1865D>.
- Larrasoana, J.C.; Murelaga, X. & Garcés, M. (2006). Magnetobiochronology of Lower Miocene (Ramblian) continental sediments from the Tudela Formation (western Ebro basin, Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 243: 409–423. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2006.01.034>.
- Ligios, S.; Anadón, P.; Castorina, F.; D'Amico, C.; Esu, D.; Gliozzi, E.; Gramigna, P.; Mola, M. & Monegato, G. (2012). Ostracoda and Mollusca biodiversity and hydrochemical features in Late Miocene brackish basins of Italy. *Geobios*, 45: 351–367. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geobios.2011.10.008>.

- Martín-Rubio, M.; Pascual, A.; Rodríguez-Lázaro, J.; Larrasoña, J.C.; Garcés, M. & Murelaga, X. (2008). Ostrácodos del Mioceno inferior-medio de las Bardenas Reales de Navarra (sector occidental de la Cuenca del Ebro). In: Libro de resúmenes, XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Ruiz-Omeñaca, J.I.; Piñuela, L. & García-Ramos, J.C., Eds.), Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, 150.
- Martínez-García B.; Suarez-Hernando O.; Suárez-Bilbao A.; Pascual A.; Ordiales A.; Larrasoña J.C.; Murelaga X. & Ruiz-Sánchez F.J. (2013). Asociaciones de ostrácodos y carófitas del Mioceno inferior-medio de Loma Negra (Bardenas Reales de Navarra, Cuenca del Ebro): evolución paleoambiental de un medio lacustre. In: Two decades of Atlantic Neogene study, V RCANS Congress Abstract Book (Abad, M.; Izquierdo, T. & Ruiz, F., Eds.), Universidad de Huelva, Huelva, 61.
- Martínez-Salanova, J. (1987). Estudio paleontológico de los micromamíferos del Mioceno inferior de Fuenmayor (La Rioja). *Ciencias de la Tierra*, 10: 1–99.
- Mein, P. (1975). Biozonation du Néogene Méditerranéen à partir des Mammifères. In: Report on activity of the RCMNS-Working groups (1971–1975). RCMNS, Bratislava, 78–81.
- Meisch, C. (2000). Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In: *Suesswasserfauna von Mitteleuropa 8/3* (Schwoerbel, J. & Zwick, P., Eds.). Spektrum Akademischer, Verlag, Heidelberg, 522 pp.
- Mezquita, F.; Tapia, G. & Roca, J.R. (1999). Ostracoda from springs on the eastern Iberian Peninsula: ecology, biogeography and palaeolimnological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148: 65–85. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00176-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00176-X).
- Muñoz, A. (1992). Análisis tectosedimentario del Terciario del sector occidental de la Cuenca del Ebro (Comunidad de La Rioja). *Instituto de Estudios Riojanos, Logroño*, 347 pp.
- Muñoz-Jiménez, A. & Casas-Sainz, A.M. (1997). The Rioja Trough (N Spain): tectosedimentary evolution of a symmetric foreland basin. *Basin Research*, 9: 65–85. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2117.1997.00031.x>.
- Muñoz, A.; Arenas, C.; González, A.; Luzón, A.; Pardo, G.; Pérez, A. & Villena, J. (2002). Ebro Basin (Northeastern Spain). In: *The Geology of Spain* (Gibbons, W. & Moreno, T., Eds.), Geological Society, London, 301–309.
- Neale, J.W. (1964). Some factors influencing the distribution of recent British Ostracoda. *Plubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli*, 33: 247–307.
- Niinemets, E. (1999). Ostracods. In: *Lake Peipsi. Geology* (Miidel, A. & Raukas, A., Eds.). Sulemees Publishers, Tallinn, 90–97.
- Pardo, G.; Arenas, C.; González, A.; Luzón, A.; Muñoz, A.; Pérez, A.; Pérez-Rivarés, F.J.; Vázquez-Urbez, M. & Villena, J. (2004). La cuenca del Ebro. En: *Geología de España* (Vera, J.A., Ed.), IGME y Sociedad Geológica de España, Madrid, 533–543.
- Pipík, R. & Bodergat, A.M. (2007). Candoninae trapézoidales (Crustacea, Ostracoda) du Bassin de Turiec (Slovaquie) du Miocène supérieur-système, écologie et évolution. *Geobios*, 40: 645–676. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geobios.2006.02.003>.
- Pipík, R.; Bodergat, A.M.; Briot, D.; Kováč, M.; Král', J. & Zielinski, G. (2012). Physical and biological properties of the late Miocene, long-lived Turiec Basin, Western Carpathians (Slovakia) and its paleobiomes. *Journal of Paleolimnology*, 47: 233–249. <http://dx.doi.org/10.1007/s10933-011-9573-2>.
- PiPujol, M.D. & Burman, P. (1997). Dynamics of iron and calcium carbonate redistribution and palaeohydrology in middle Eocene alluvial paleosols of the southeast Ebro Basin margin (Catalonia, northeast Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134: 87–107. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182\(97\)00076-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(97)00076-X).
- Riba, O. (1955). Sur le type de sédimentation du Tertiaire Continental de la part Ouest du Bassin de l'Ebre. *Geologische Rundschau*, 43: 363–371. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01764017>.
- Rodríguez-Lázaro, J.; Martín-Rubio, M. & Caballero, F. (1998). Ostrácodos del Mioceno continental de las Bardenas Reales (Navarra): sistemática y paleoecología. In: *XIV Jornadas de Paleontología, Tenerife* (Castillo, C. & Martín, M., Eds.), Sociedad Española de Paleontología, 147–148.
- Ruiz-Sánchez, F.J.; Murelaga, M.; Freudenthal, M.; Larrasoña, J.C.; Furió, M.; Garcés, M.; González-Pardos, M. & Suarez-Hernando, O. (2012). Rodents and insectivores from the Lower Miocene (Agenian and Ramblian) of the Tudela Formation (Ebro Basin, Spain). *Journal of Iberian Geology*, 38: 349–372. http://dx.doi.org/10.5209/rev_JIGE.2012.v38.n2.40463.
- Rundić, L.M. (2006). Late Miocene ostracodes of Serbia: morphologic and palaeoenvironmental considerations. *Annales Géologiques de la Péninsule Balkanique*, 67: 89–100. <http://dx.doi.org/10.2298/GABP0667089R>.
- Sesé, C. (2006). Los roedores y lagomorfos del neógeno continental de España. *Estudios Geológicos*, 62: 429–480. <http://dx.doi.org/10.3989/egol.0662138>.
- Stoica, M.; Lazăr, I.; Krijgsman, W.; Vasiliev, I.; Jipa, D. & Floroiu, A. (2013). Palaeoenvironmental evolution of the East Carpathian foredeep during the late Miocene-early Pliocene (Dacian Basin; Romania). *Global and Planetary Change*, 103: 135–148. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.04.004>.
- Victor, R.; Dance, K.W. & Hynes, H.B.N. (1981). Drift of ostracod crustaceans in adjacent intermittent and permanent streams. *Hydrobiologia*, 80: 219–224. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00018360>.