

# Evolución paleoambiental del registro Holoceno de la laguna de Añavieja (Soria, NE Península Ibérica) a partir del estudio de las asociaciones de ostrácodos

**Palaeoenvironmental evolution of the Holocene record of the Añavieja lake (Soria, NE Iberian Peninsula) based on the study of the ostracod assemblages**

Blanca Martínez-García<sup>1,2</sup>, Amaia Ordiales<sup>2</sup>, Antonio Pérez<sup>3</sup>, Arsenio Muñoz<sup>3</sup>, Aránzazu Luzón<sup>3</sup> y Xabier Murelaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 48080-Bilbao, España.

blancamaria.martinez@ehu.eus, xabier.murelaga@ehu.eus

<sup>2</sup> SciGea Servicios de apoyo a la investigación geológica y la divulgación científica, Zitek Leioa. Edificio de Rectorado, Planta baja, módulo 12, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 48080-Bilbao, España. servicios.scigea@gmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, 50009-Zaragoza, España. anperez@unizar.es, armunoz@unizar.es, aluzon@unizar.es

## ABSTRACT

In this work, the palaeoenvironmental reconstruction of the Añavieja lake (Soria) for the Holocene is proposed, based on the ostracod assemblages preserved in core AÑ1. In the core base, the assemblage 1 is formed mostly by Cyclocypris ovum, Pseudocandona albicans and Ilyocypris bradyi and defines the establishment of a highly vegetated wetland reached by cyclic energetic water supplies during the first half of the Holocene, which coincides with a wet and temperate climatic period. At the beginning of the Late Holocene a decrease of the water level is detected, which seems to correspond with more arid conditions. Assemblage 2, composed among other species by Prionocypris zenkeri and Darwinula stevensoni, is recognizable at the end of the Upper Holocene and implies the development of wetlands fed by freshwater streams or springs, once again as a result of wet climatic conditions. This study highlights the utility of ostracods as bioindicators for palaeoenvironmental reconstructions in Holocene continental aquatic environments in the Iberian Peninsula.

**Key-words:** Ostracods, Holocene, palaeoenvironmental reconstruction, Añavieja lake, Soria.

## RESUMEN

En este trabajo se realiza la reconstrucción paleoambiental del entorno de la laguna de Añavieja (Soria) para el Holoceno a partir de las asociaciones de ostrácodos preservadas en el sondeo AÑ1. Así, en la base se identifica una asociación 1 conformada mayoritariamente por Cyclocypris ovum, Pseudocandona albicans e Ilyocypris bradyi, que define el establecimiento de un humedal muy vegetado, con entradas cíclicas de corrientes de agua de alta energía durante la primera mitad del Holoceno, que coincide con un periodo climático cálido y húmedo. A comienzos de la parte superior del Holoceno se detecta un descenso de la lámina de agua que parece corresponderse con momentos más áridos. La asociación 2, que incluye, entre otras especies, a Prionocypris zenkeri y Darwinula stevensoni, se reconoce en el Holoceno más tardío e implica el desarrollo de humedales alimentados por surgencias o manantiales de agua dulce fruto de la influencia, nuevamente, de condiciones climáticas húmedas. Este estudio pone de manifiesto la utilidad de los ostrácodos como bioindicadores para las reconstrucciones paleoecológicas en ambientes acuáticos continentales holocenos en la Península Ibérica.

**Palabras clave:** Ostrácodos, Holoceno, reconstrucción paleoambiental, laguna de Añavieja, Soria.

Geogaceta, 62 (2017), 43-46

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 27 de enero de 2017

Revisión: 13 de marzo de 2017

Aceptación: 26 de abril 2017

## Introducción

Los ostrácodos son un grupo de microcrustáceos que habitan en cualquier medio acuático. En ambientes continentales su distribución está condicionada por las propiedades físico-químicas del agua, así como por las características del sedimento donde viven estas especies (Ruiz *et al.*, 2013). Su rápida respuesta ante cambios en estos parámetros ecológicos los convierte en excelentes herra-

mientas para efectuar reconstrucciones paleoambientales en medios acuáticos en los que no pueden usarse otros grupos faunísticos, tales como aguas estacionales o semipermanentes (Ruiz *et al.*, 2013).

## Localización Geográfica y Contexto Geológico

La laguna de Añavieja, desecada en 1866, se localizaba al norte de la provincia

de Soria, en el sector centro-occidental de la Cordillera Ibérica, formando parte del sistema fluvio-lacustre del río Añamaza (Fig. 1). Situada a una cota aproximada de 960 m s.n.m. se alimentaba principalmente por descarga de aguas subterráneas; tenía un área de alimentación de unos 140 km<sup>2</sup> y una superficie de 5,2 km<sup>2</sup> (Coloma, 1999). El contexto geológico del entorno en el que se desarrolló la laguna está conformado por materiales carbonáticos y detriticos del Ju-

rásico medio-Cretácico inferior y del Neógeno, parcialmente cubiertos por depósitos cuaternarios (Fig. 1).

Con el objetivo de caracterizar la evolución sedimentaria de este sistema fluvio-lacustre a lo largo del Holoceno, Luzón *et al.* (2008, 2011) y Pérez *et al.* (2010) realizaron una descripción sedimentológica pormenorizada de tres sondeos extraídos tanto en la laguna de Añavieja como de aguas abajo de la misma. De acuerdo con estos autores, el sondeo AÑ1 (Fig. 1), extraído por rotación en noviembre de 2005, es el que, *a priori*, presenta una mayor abundancia de restos de ostrácodos, que podría permitir una reconstrucción microfaunística lo más completa posible del registro sedimentario. Con 16,6 m de longitud (Fig. 2), de acuerdo a las dataciones de  $^{14}\text{C}$  AMS realizadas por Pérez *et al.* (2010), este sondeo abarca la casi totalidad del Holoceno (10373 años cal BP en la base). Estos autores describen 5 unidades sedimentarias a lo largo del mismo (Fig. 2), que responden a cambios ambientales holocenos descritos en otros ambientes lacustres de la Península Ibérica (Luzón *et al.*, 2011). De esta manera, el objetivo de este trabajo es realizar una reconstrucción paleoambiental de los alrededores de la laguna de Añavieja durante el Holoceno a partir de las variaciones en las asociaciones de ostrácodos preservadas en el sondeo AÑ1, complementando así los estudios sedimentológicos previamente efectuados.

## Metodología

En este trabajo se han estudiado 16 muestras seleccionadas del sondeo AÑ1 para identificar las asociaciones de ostrácodos. Las muestras fueron previamente lavadas y tamizadas, analizándose la fracción superior a 150  $\mu\text{m}$ , de la que se han extraído la totalidad de los ostrácodos presentes en las mismas. Para la determinación taxonómica de estos ejemplares se han empleado los criterios morfológicos del caparazón, de acuerdo con las clasificaciones de Meisch (2000) y Fuhrmann (2012). Así mismo, se han calculado varios índices de riqueza y diversidad específica para cada muestra: número de especies, número de ejemplares por gramo de sedimento levigado seco ( $nO$ ) e índice de Shannon. Por último, para facilitar la delimitación de las asociaciones específicas de ostrácodos a lo

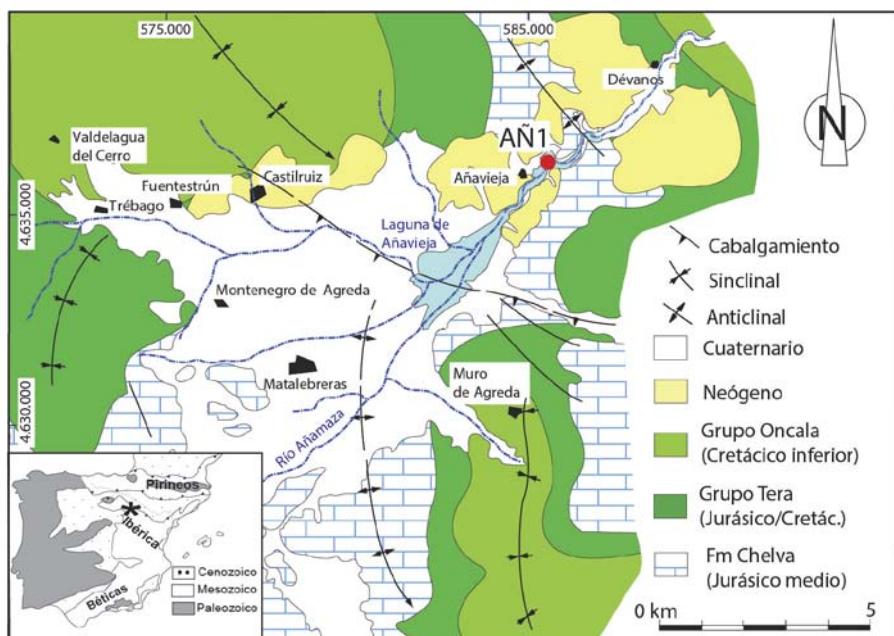


Fig. 1.- Localización geográfica y contexto geológico del área de estudio. El círculo señala la situación del sondeo analizado. Imagen modificada de Pérez *et al.* (2010). Ver figura en color en la web.

Fig. 1.- Geographic location and geological framework of the study area. The circle indicates the situation of the studied core. Figure modified from Pérez *et al.* (2010). See color figure in the web.

largo del sondeo, se ha realizado un análisis estadístico tipo cluster-Q (*unweighted pair-group average*, índice *correlation*, opción *stratigraphically constrained*) empleando el programa estadístico Past v.3.14 (Hammer *et al.*, 2001).

## Resultados y discusión

Para evitar las asociaciones mezcladas producto de procesos de transporte post mortem (Poquet y Mesquita-Joanes, 2011), se ha efectuado un análisis de la estructura poblacional de los ostrácodos de acuerdo con Whatley (1988). Así, la presencia en las muestras estudiadas de una mezcla de ejemplares adultos y juveniles y de caparazones completos y valvas desarticuladas de las especies identificadas, indica que dichos ejemplares apenas han sufrido transporte y que las asociaciones específicas pueden considerarse autóctonas o paraautóctonas, implicando que serían buenas indicadoras del medio de vida de estos organismos (Whatley, 1988).

De esta manera, en las 16 muestras estudiadas se han obtenido un total de 8329 ejemplares (entre valvas y caparazones) de ostrácodos pertenecientes a 19 especies (Fig. 2), siendo las más abundantes *Cyclocypris ovum* (Jurine, 1820), *Prionocypris zenkeri* (Chyzer y Toth, 1858), *Pseudocandona albicans* (Brady, 1864) e *Ilyocypris*

*bradyi* (Sars, 1890). De acuerdo con la variación en la abundancia de dichas especies a lo largo del sondeo, se han definido dos asociaciones específicas de ostrácodos que coinciden aproximadamente con las 5 unidades descritas previamente y confirman las interpretaciones de Luzón *et al.* (2008, 2011).

La asociación 1 se ha identificado entre los 15,8 m y 3,8 m (unidades sedimentarias 1, 2 y 3; Holoceno inferior a comienzos del Holoceno superior), donde domina *C. ovum* acompañada por *P. albicans* y, en menor medida, *I. bradyi* (Fig. 2). Los valores relativamente bajos de riqueza y diversidad específica calculados (promedios: número de especies = 11;  $nO$  = 12; Shannon = 1,5) indicarían el establecimiento de un ambiente relativamente estresado para el desarrollo de los ostrácodos. Las especies, *C. ovum* y *P. albicans* son típicas de bordes someros de lagos con cierto hidrodinamismo y abundante vegetación, mientras que *I. bradyi* es característica de corrientes de agua, como arroyos y riachuelos, también muy vegetadas (Meisch, 2000). Esto implica el desarrollo de un humedal muy vegetado durante casi todo el Holoceno, con entradas puntuales de aguas más energéticas ligadas al incremento en el porcentaje de *I. bradyi*. En detalle, la tendencia ascendente en la abundancia de *P. albicans* entre los metros 15,8 y 7,4 (Fig.

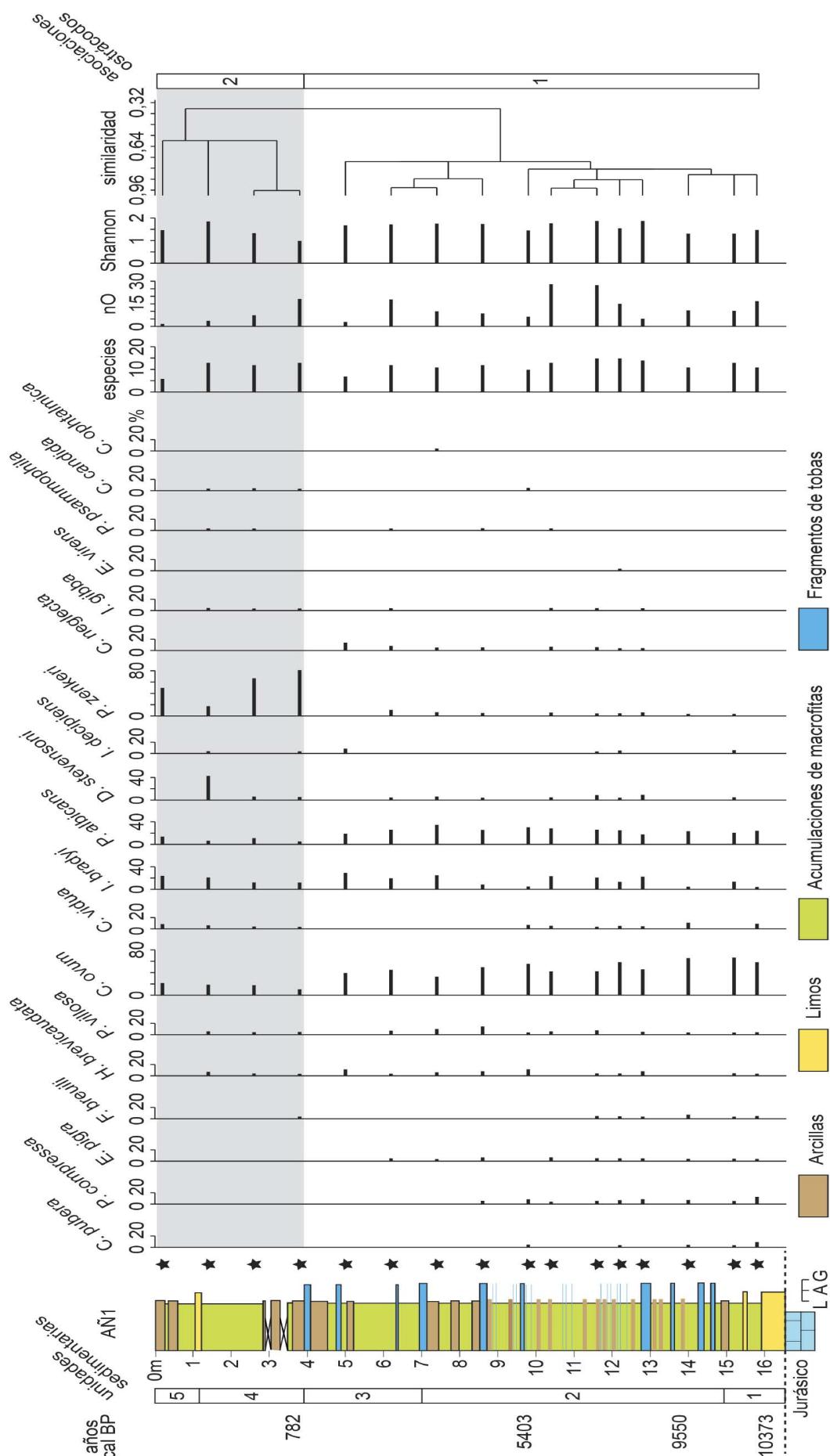


Fig. 2.- Distribución estratigráfica, en porcentaje, de las especies de ostrácodos identificadas en las muestras estudiadas. Se incluyen los valores de los índices de riqueza y diversidad calculados para cada muestra, así como el diagrama cluster-Q que delimita las asociaciones específicas de ostrácodos (en gris se resalta la asociación 2). Las estrellas se corresponden con las muestras analizadas. La columna litológica del sondeo AN1, con las unidades sedimentarias y las edades 14C AMS calibradas, se han modificado de Luzón et al. (2008; 2011). L = lutita, A = lutita, G = grava. Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Stratigraphic distribution, in percentage, of the ostracod species identified in the studied samples. The values of the richness and diversity indices calculated for each sample are included, as well as the cluster-Q diagram that delimits the specific ostracod assemblages (in grey the assemblage 2 is highlighted). The stars correspond to the analysed samples. The lithological column of AN1 core, with the sedimentological units and the calibrated 14C AMS ages, have been modified from Luzón et al. (2008, 2011). L = lutite, A = sand, G = gravel. See color figure in the web.

2) parece corresponderse con un aumento relativo de la lámina de agua, posiblemente relacionado con el desarrollo de condiciones climáticas cálidas y húmedas que caracterizan la primera mitad del Holoceno en la Península Ibérica (e.g. Morellón *et al.*, 2008). El posterior descenso en el porcentaje de *P. albicans* hasta 3,8 m (Fig. 2) parece deberse a una disminución de la lámina de agua, que respondería al tránsito a condiciones ambientales más áridas que se han descrito en otras zonas de la Península a comienzos del Holoceno superior (e.g. Morellón *et al.*, 2008).

La asociación específica 2 se ha definido entre 3,8 m y el techo del sondeo (unidades sedimentarias 4 y 5; finales del Holoceno superior), siendo la especie más común *P. zenkeri*, acompañada por *Darwinula stevensoni* (Brady y Robertson, 1870) en el nivel 1,4 m (Fig. 2). Los valores de riqueza y diversidad específica son inferiores a los calculados para la asociación 1 (promedios: número de especies = 10; nO = 6,5; Shannon = 1,3), lo que indica el establecimiento de un ambiente menos favorable para los ostrácodos. De acuerdo a sus requisitos ecológicos, *P. zenkeri* es una especie típica de aguas asociadas a manantiales con abundante vegetación (Meisch, 2000), mientras que *D. stevensoni* ha sido encontrada previamente de manera abundante en el manantial hidrotermal de Añavieja (Martínez-García *et al.*, 2016). Esto implica el desarrollo de humedales asociados a la presencia de surgencias y manantiales durante la parte final del Holoceno, probablemente relacionado con el retorno a unas condiciones climáticas más húmedas y cálidas que las registradas a comienzos del Holoceno superior (e.g. Morellón *et al.*, 2008). Sin embargo, no se puede descartar la influencia humana en el cambio ecológico registrado en esta parte final del sondeo estudiado.

## Conclusiones

El estudio de las asociaciones de ostrácodos preservadas en el sondeo AÑ1 ha permitido caracterizar la evolución paleo-

ambiental del entorno de la laguna de Añavieja a lo largo de la mayor parte del Holoceno.

Entre el Holoceno inferior y comienzos del superior, la asociación específica está conformada por *C. ovum*, *P. albicans* e *I. bradyi*, que caracterizan el desarrollo de un humedal muy vegetado, con entradas cíclicas de aguas energéticas a partir de arroyos o riachuelos cercanos. En detalle, se identifica un aumento de la lámina de agua hacia momentos más recientes, que parece corresponderse con un clima relativamente cálido y húmedo, seguido por un marcado descenso de dicha lámina de agua durante los inicios del Holoceno superior, fruto de un cambio hacia climas más áridos.

Al final del Holoceno, *P. zenkeri* y *D. stevensoni* son las especies más abundantes, señalando el desarrollo de humedales afectados por manantiales y surgencias. Este cambio ecológico parece relacionarse con el establecimiento de condiciones climáticas nuevamente húmedas y cálidas, pero no es posible despreciar la influencia humana en esta variación del medio acuático.

En este trabajo se pone de manifiesto la utilidad de los ostrácodos como herramientas bióticas para reconstrucciones paleoambientales holocenas en medios acuáticos continentales del norte de la Península Ibérica.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Dr. Julio Rodríguez Lázaro (UPV/EHU) y a otro revisor anónimo sus comentarios. Este estudio ha sido financiado con los proyectos GIU15/34 de la UPV/EHU, E-28 de la DGA y FEDER y CGL2009-09165 del MINECO y una beca postdoctoral (B. Martínez-García) modalidad "Contratación para la especialización de personal investigador doctor" de la UPV/EHU.

## Referencias

- Brady, G.S. (1864). *The Annals and Magazine of Natural History* 3, 59-64.  
 Brady, G.S. y Robertson, D. (1870). *The Annals and Magazine of Natural History* 4, 1-33.  
 Chyzer, C. y Toth, A. (1858). *Verhandlungen*

*Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien* 8, 505-515.

Coloma, P. (1999). *Funcionamiento hidrogeológico de las cuencas riojanas orientales: Iregua, Leza, Cidacos y Alhama (Cuenca del Ebro)*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 506 p.

Fuhrmann, R. (2012). *Atlas quartärer und rezenten Ostrakoden Mitteldeutschlands*. Natural History Museum Mauritianum, Altenburg, Germany, 320 p.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., y Ryan, P.D. (2001). *Palaeontology Electronica* 4, 9 p.

Jurine, L. (1820). *Histoire des Monocles, qui se trouvent aux environs de Genève*. J. J. Paschoud, París, 260 p.

Luzón, A., Pérez, A., González, A., Sánchez, J.A., Coloma, P. y Soria, A.R. (2008). *Geotemas* 10, 207-210.

Luzón, M.A., Pérez, A., Borrego, A.G., Mayayo, M.J. y Soria, A.R. (2011). *Sedimentary Geology* 239, 87-103.

Martínez-García, B., Ordiales, A., Pérez, A., Muñoz, A., Luzón, A. y Murelaga, X. (2016). *Geogaceta* 59, 55-58.

Meisch, C. (2000). *Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 522 p.

Morellón, M., Valero-Garcés, B., Moreno, A., González-Sampériz, P., Mata, P., Romero, O., Maestro, M. y Navas, A. (2008). *Quaternary International* 181, 15-30.

Pérez, A., Luzón, A., Soria, A.R., Borrego, A.G., Holmes, H. y Mayayo, M.J. (2010). *Geogaceta* 48, 39-42.

Poquet, J.M. y Mesquita-Joanes, F. (2011). *Freshwater Biology* 56, 448-469.

Ruiz, F., Abad, M., Bodergat, A.M., Carbonel, P., Rodríguez-Lázaro, J., González Regalado, M.L., Toscano, A., García, E.X. y Prenda, J. (2013). *International Journal of Environmental Science and Technology* 10, 1115-1128.

Sars, G.O. (1890). *Oversigt af Norges crustaceer med foreløbige bemærkinger over de nye eller mindre bej kendte arter: 2 (Branchiopoda, Ostracoda, Cirripedia)*. Forhandt VidenskSelsk, Christiania, 80 p.

Whatley, R.C. (1988). En: *Ostracoda in the Earth Sciences* (P. De Decker, J.P. Colin y J.P. Peyrouquet, Eds.). Elsevier, 245-256.