

Composición isotópica de gasterópodos en secuencias aluviales holocenas de Bardenas Reales (Navarra): implicaciones paleoambientales

Isotopic composition of gastropods in Holocene alluvial sequences from Bardenas Reales (Navarra): paleoenvironmental implications

Luis Angel Ortega ⁽¹⁾, Xabier Murelaga ⁽²⁾, Carlos Sancho ⁽³⁾, Arsenio Muñoz ⁽³⁾, Cinta Osácar ⁽³⁾ y Mariano Larraz ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Universidad del País Vasco/EHU, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Mineralogía y Petrología, Apartado 644, E-48080 Bilbao. luis.ortega@ehu.es

⁽²⁾ Universidad del País Vasco/EHU, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Apartado 644, E-48080 Bilbao. xabier.murelaga@ehu.es

⁽³⁾ Universidad de Zaragoza, Departamento de Ciencias de la Tierra, Pedro Cerbuna 12, E-50009 Zaragoza. csancho@unizar.es; armunoz@unizar.es; cinta@unizar.es

⁽⁴⁾ Universidad de Navarra, Facultad de Ciencias, Departamento de Zoología y Ecología, Apartado 177, E-31080. mlarraz@unav.es

ABSTRACT

Stable isotope composition of five species of gastropods from the Late Holocene alluvial record was studied in Bardenas Reales Natural Park (Navarre province) in order to deduce palaeoenvironmental information. Snails shells of five species from three morphosedimentary units (UM2: 4.245 ± 55 to 3.005 ± 55 BP, UM3: 2.745 ± 55 to 925 ± 65 BP and UM4: 210 ± 45 to 85 ± 45 BP) have been analyzed. Mean values of $\delta^{18}\text{O}$ (V-PDB) and $\delta^{13}\text{C}$ (V-PDB) are -2.19‰ and -6.0 for UM2, -1.17‰ and -6.7 for UM3 and -1.83‰ and -6.4 for UM4. Variability in isotopic signal among different gastropods species has also been observed. Changes in $\delta^{18}\text{O}$ composition are controlled by isotopic composition of meteoric waters and, as a consequence, the warmer and drier environmental conditions during MU3 stage can be inferred.

Key words: Isotopes, gastropods, alluvial record, Late Holocene, Navarre

Geogaceta, 46 (2009), 139-142

ISSN: 0213683X

Introducción

El significado de la composición isotópica de las conchas en caracoles terrestres ha sido utilizado durante las tres últimas décadas como herramienta en las reconstrucciones paleoecológicas y paleoambientales (Magaritz y Heller, 1980; Magaritz *et al.*, 1981; Lécolle, 1985; Goodfriend y Magaritz, 1987; Goodfriend, 1988, 1992; Goodfriend y Ellis, 2000, 2002). En este sentido, la relación $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ se aplica con el fin de reconstruir el tipo de cobertera vegetal a través de la paleodieta (Metref *et al.*, 2003; Stott, 2002; Goodfriend, 1988, 1990), mientras que la relación $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ depende del clima local, fundamentalmente de la composición del agua ambiental ingerida por los caracoles (p.e. vapor de agua, rocío, precipitación meteórica local, cf. Goodfriend *et al.*, 1988; Lécolle, 1985; Zanchetta *et al.*, 2005) o con la humedad relativa (Balakrisham y Yapp, 2004).



Fig. 1.- Localización de Bardenas Reales de Navarra.

Fig. 1.- Location of Bardenas Reales area.

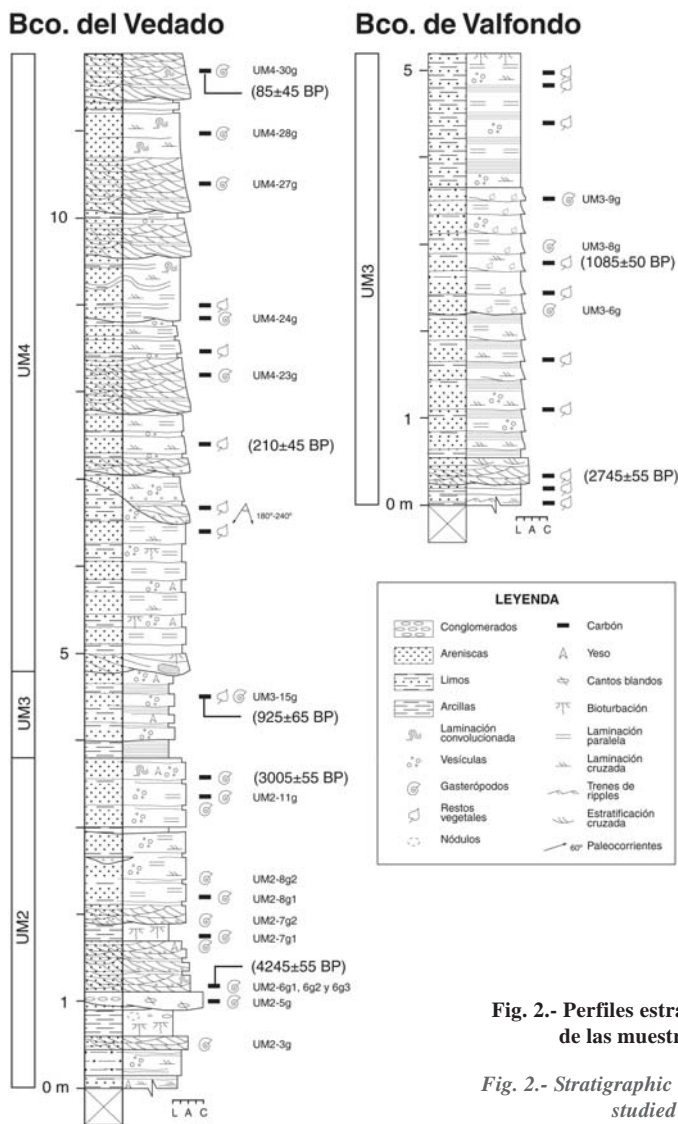


Fig. 2.- Perfiles estratigráficos y situación de las muestras estudiadas.

Fig. 2.- Stratigraphic logs and distribution of studied samples.

Contexto geológico

La depresión erosiva de la Bardena Blanca es un área semiárida incluida en el Parque Natural de las Bardenas Reales de Navarra (Fig. 1). Queda enmarcada por relieves tabulares asociados al sustrato terciario (Larrasoña et al., 2006) y por niveles aluviales cuaternarios culminantes (Leranz, 1993). El fondo de esta depresión aparece tapizado por una completa secuencia de registros aluviales holocenos compuesta por varias unidades morfosedimentarias organizadas en dos estadios paleogeográficos (Sancho et al., 2008). El episodio más extenso corresponde al desarrollo de llanuras de arena-lutita y áreas encharcadas entre 9.200-7.900 cal BP bajo condiciones áridas. El segundo estadio registra la actividad aluvial durante los últimos 6.000 años y se caracteriza por una alta inestabilidad geomorfológica con alternancia de etapas de rápida sedimentación y

encajamiento de la red de drenaje. Como consecuencia aparece una secuencia constituida por tres unidades morfosedimentarias (UM2, UM3 y UM4) relacionadas con fases de mayor aridez y/o alta variabilidad hidrológica (Sancho et al., 2008).

Materiales y métodos

Los gasterópodos se han extraído de dieciocho niveles arenosos del Barranco del Vedado y el Barranco de Valfondo (Fig. 2). Se han tamizado unos 2 kg de muestra de cada nivel usando como tamiz inferior el de luz de malla de 0,5 mm. Posteriormente se han extraído las conchas con la ayuda de una lupa binocular, habiéndose reconocido 2689 individuos correspondientes a 7 especies diferentes (Murelaga et al., 2008). Se han analizado isotópicamente 84 muestras mediante un espectrómetro de masas MAT 252 (Universidad de Barcelona). De las 7 especies estudiadas por Murelaga et al. (2008) úni-

camente se han considerado 5: *Vallonia pulchella*, *Xeroplexa* sp., Chondrinidae indet., *Lymanea truncatula* y *Granopupa granum*. La posición de las muestras en los perfiles, la unidad morfosedimentaria a la que pertenecen y el intervalo temporal registrado (desde 4.245±55 BP hasta la actualidad) aparecen en la figura 2.

Composición isotópica de los gasterópodos

La composición de los valores del δ¹³C y δ¹⁸O promedio de las conchas de gasterópodos estudiados en este trabajo es la siguiente: *V. pulchella* presenta valores del δ¹⁸O que varían entre -1,0 y -3,9‰ (δ¹⁸O = -2,4±0,8‰, n=15) y valores de δ¹³C entre -5,3 y -8,8‰ (δ¹³C = -7,3±0,8‰; n=15), *Xeroplexa* sp. presenta un intervalo de valores del δ¹⁸O entre -0,6 y -2,8‰ (δ¹⁸O = -1,5±0,6‰, n=20) y de δ¹³C entre -3,4 y -8,2‰ (δ¹³C = -5,4±1,1‰; n=20), Chondrinidae indet. muestra valores del δ¹⁸O entre -1,0 y -3,3‰ (δ¹⁸O = -2,2±0,6‰, n=17) y de δ¹³C entre -4,5 y -6,6‰ (δ¹³C = -5,3±0,6‰; n=17), *L. truncatula* presenta valores del δ¹⁸O que varían entre +0,3 y -4,0‰ (δ¹⁸O = -2,2±1,4‰, n=14) y valores de δ¹³C entre -5,5 y -11,8‰ (δ¹³C = -8,2±1,6‰; n=14), y *G. granum* su composición en el δ¹⁸O varía entre -0,2 y -6,6‰ (δ¹⁸O = -1,9±1,4‰, n=18) y en el δ¹³C entre -3,9 y -7,9‰ (δ¹³C = -5,5±1,2‰; n=18).

El intervalo de variación del δ¹⁸O es muy reducido para la mayoría de las especies estudiadas, así *V. pulchella*, *Xeroplexa* sp. y Chondrinidae indet., presentan variaciones inferiores al 2,5‰, mientras que la diferencia composicional es del 4,5‰ para *L. truncatula* y del 6,5‰ en el caso de *G. granum*. El intervalo de variación es similar al que han encontrado otros autores para los mismos géneros de gasterópodos terrestres (*Lymanea* y *Vallonia*) en el registro geológico (Zanchetta et al., 1999), y ligeramente superiores al de otras especies de gasterópodos actuales terrestres en el oeste de la cuenca mediterránea (Lécolle, 1985; Zanchetta et al., 2005).

Aunque la variación del valor del δ¹⁸O en el conjunto de los gasterópodos estudiados cubre un intervalo de 7‰, desde +0,3‰ hasta -6,6‰, las variaciones en el δ¹⁸O son mucho más reducidas para los diferentes organismos del mismo nivel sedimentario estudiado. Las diferencias entre especies son de ~1‰ (±0,3‰) para el conjunto de la serie estudiada, con una variación máxima de 1,56‰. Esta variación es ligeramente superior a la encontrada por Zanchetta et al. (2005) en la

península itálica sobre diferentes especies en poblaciones actuales. Las diferencias en el valor del $\delta^{18}\text{O}$ son máximas cuando se comparan las diferentes especies con *L. trunculata*, la única especie acuática que ha sido considerada en este estudio.

El hecho de que los diferentes individuos de los mismos niveles estratigráficos presenten composición isotópica similar es indicativo de que los gasterópodos estaban en equilibrio con el agua meteórica local. Sin embargo, al considerar la composición isotópica promedio de los gasterópodos en cada uno de los niveles estratigráficos, podemos observar pequeñas, pero significativas, variaciones entre las diferentes unidades morfosedimentarias (Fig. 3). La UM2 presenta una composición promedio bastante constante en torno a valor del $\delta^{18}\text{O}$ de $-2,19\%$, y con una fuerte dispersión de valores en cada uno de los niveles. La UM3 presenta valores del $\delta^{18}\text{O}$ ligeramente menos negativos, en torno a valores del $\delta^{18}\text{O} = -1,17\%$, y la unidad UM4 nuevamente se hace ligeramente más negativa con valores del $\delta^{18}\text{O}$ de $-1,83\%$.

Las diferencias de composición isotópica en los gasterópodos procedentes de las distintas unidades morfosedimentarias están de acuerdo con la variación en la frecuencia y aparición de las especies (Murelaga *et al.*, 2008). La abundancia entre el 10% y 30% de la especie acuática *L. trunculata* en la UM2 se asocia a un mayor empobrecimiento en los valores del $\delta^{18}\text{O}$. La unidad UM3, con los valores de $\delta^{18}\text{O}$ menos empobrecidos se caracteriza por la ausencia de dicha especie acuática, mientras que en la unidad UM4 aparece esporádicamente y en proporción siempre inferior al 4%. Por otro lado, el fuerte empobrecimiento en el $\delta^{18}\text{O}$ a la altura del nivel UM4-23g se relaciona con la presencia de la especie acuática *Ancylus fluviatilis*, lo que indica un periodo de mayor humedad.

Las unidades UM2 y UM4 presentan mayor dispersión en la composición isotópica, fenómeno que se ha interpretado como consecuencia de un aumento en el estrés ambiental debido a periodos de aridez (Zanchetta *et al.*, 2005 y Colonese *et al.*, 2007); de modo que estas diferencias representarían aguas de características diferentes y fuertemente variables (precipitación y/o evaporación). Otros factores fisiológicos como la hibernación o la estacionalidad de la actividad también pueden inducir variaciones en la señal isotópica. No obstante, en Bardenas Reales la mayor dispersión se presenta cuando aparecen especies acuáticas de gasterópodos, por lo que parece más ra-

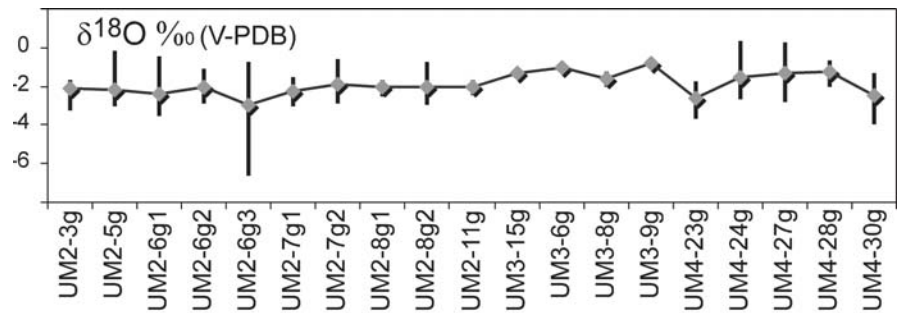


Fig. 3.- Valores promedio e intervalo de variación del $\delta^{18}\text{O}$ ‰ (V-PDB) en los diferentes niveles estudiados.

Fig. 3.- $\delta^{18}\text{O}$ ‰ (V-PDB) average and range variations of gastropod-bearing beds.

znable atribuir la dispersión observada a factores relacionados con la composición del agua meteórica durante su periodo de actividad, que se refleja en la composición isotópica del oxígeno de los gasterópodos (Balakrisham y Yapp, 2004). Diferentes periodos de actividad permitirían, sin embargo, explicar las diferencias encontradas entre *Chondrinidae indet.* y *G. Granum*, si realmente la primera fuera la fase juvenil de *Granopupa*, tal y como sugieren Murelaga *et al.* (2008). Por otro lado, *L. trunculata* podría representar la composición isotópica del agua meteórica de periodos más largos.

La variación de la composición isotópica de las conchas de los gasterópodos parece estar controlada fundamentalmente por la del agua meteórica, como indican las buenas correlaciones en poblaciones de caracoles actuales que han encontrado diferentes autores para

entornos variados (Lecolle, 1985; Goodfriend y Ellis, 2002; Zanchetta *et al.*, 2005). Zanchetta *et al.* (2005) y Lécolle (1985) proponen diferentes ecuaciones que relacionan la composición isotópica de la concha con la temperatura media anual (T_z y T_L respectivamente) en la suposición de que a mayores temperaturas aumenta la evaporación y se asocian con menor una cantidad de agua de lluvia.

Según las ecuaciones propuestas por estos autores se obtienen valores de temperatura de $T_z = 13,4 \text{ °C} \pm 0,5 \text{ °C}$ o $T_L = 11,4 \text{ °C} \pm 0,7 \text{ °C}$ para el promedio de la UM2, valores que aumentan hasta $T_z = 14,5 \pm 0,9 \text{ °C}$ o $T_L = 13,5 \pm 1,3 \text{ °C}$ para la UM3 y volviendo enfriar ligeramente en el caso de la UM4 donde los valores promedio son $T_z = 13,7 \text{ °C} \pm 0,7 \text{ °C}$ o $T_L = 12,3 \pm 1,1 \text{ °C}$. Estos valores de temperatura son equivalentes a la temperatura media anual del aire registrada en la mis-

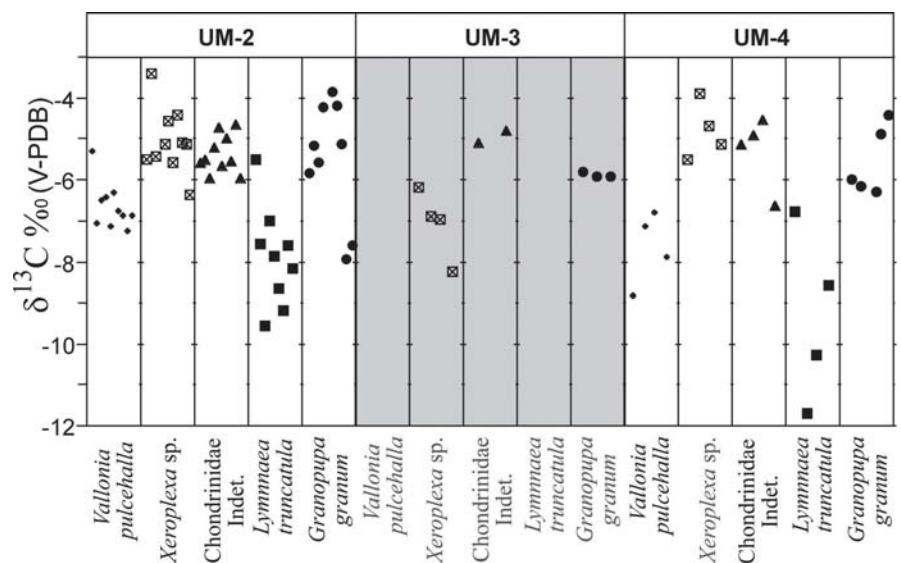


Fig. 4.- Diagrama comparativo de la composición del $\delta^{13}\text{C}$ ‰ (V-PDB) de las especies estudiadas según las unidades morfosedimentarias.

Fig. 4.- $\delta^{13}\text{C}$ ‰ (V-PDB) comparative plot of studied species and morfosedimentary units.

ma región durante las dos últimas décadas: la temperatura promedio anual en Bardenas Reales, entre 1993 y 2007, varía entre 16,1 °C y 11,32 °C, con el valor promedio de 12,7 °C ± 0,5 °C en la estación de Loma Negra, y de 14,4 °C ± 0,8 °C en la estación de Barranco (datos del Gobierno de Navarra).

La composición isotópica del carbono en las muestras de *Xeroplexa* sp, Chondrinidae indet. y *G. granum*, presentan valores promedio similares de $\delta^{13}\text{C} \sim -5,4\text{‰}$, mientras que las otras dos especies presentan valores del $\delta^{13}\text{C}$ mucho más negativos. No obstante, cuando se considera la composición isotópica de estas especies para cada una de las unidades morfosedimentarias se observan diferencias significativas. *Xeroplexa* presenta un notable empobrecimiento en el $\delta^{13}\text{C}$ en la UM3 con respecto a las unidades UM2 y UM4 (Fig. 4), y *V. puchella* y *L. trunculata* presentan un empobrecimiento significativo en el valor del $\delta^{13}\text{C}$ en la unidad UM4 con respecto a la unidad UM2. También cabe señalar que *G. granum* presenta una mayor dispersión en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en la UM2 que en las otras dos unidades morfosedimentarias. Por último, Chondrinidae indet. presenta la misma composición isotópica que *G. granum* durante todo el intervalo temporal considerado, lo que apoya la hipótesis de que la primera especie corresponda a la fase juvenil de la segunda, como sugieren Murelaga *et al.* (2008).

La composición de los isótopos de carbono en las conchas de los gasterópodos está fuertemente controlada por la composición isotópica de la comida como demuestran los experimentos de Scott (2002) y Metref *et al.* (2003) realizados sobre la especie *Helix aspersa*. De este modo, la composición isotópica del carbono en las conchas de los gasterópodos podría reflejar cambios en la proporción de plantas C3 y C4 que componen su dieta, lo que marcaría cambios en la abundancia relativa de estas plantas a lo largo del tiempo. Sin embargo, otros factores como son la ingesta de carbonato o el intercambio con el CO_2 atmosférico imposibilitan poder balancear la contribución de estos tipos de plantas en la dieta de las diferentes especies (Metref *et al.*, 2003; Balaskrihanan y Yapp, 2004).

Sin embargo, las variaciones en el valor del $\delta^{13}\text{C}$ en *G. granum* (especialmente

en la unidad morfosedimentaria UM2) y las diferencias menores entre la fase juvenil correspondiente a Chondrinidae indet. y *G. granum* pueden ser explicadas por variaciones anuales/estacionales en las fuentes de comida, producción del CO_2 del suelo o el comienzo del ciclo reproductivo (p.e. Leng *et al.*, 1998; Baldini *et al.*, 2007).

Conclusiones

A pesar de la complejidad de los mecanismos que controlan la composición isotópica en la concha de los gasterópodos, se ha demostrado en este trabajo que los gasterópodos pueden retener información referente a cambios climáticos a corto plazo. Los datos isotópicos se correlacionan perfectamente con la aparición y abundancia de especies acuáticas y xerófilas. La unidad morfosedimentaria UM2 (4.245±55 a 3.005±55 BP), la más antigua, presenta los valores más negativos en el $\delta^{18}\text{O}$, que indican las temperaturas más bajas y que corresponden a ambientes más húmedos. La unidad UM3 (2.745±55 a 925±65 BP), se caracteriza por la ausencia de especies acuáticas y presenta los valores promedio menos negativos indicando un periodo más cálido y seco, mientras que la unidad UM4 (210±45 a 85±45 BP), la más reciente, presenta características intermedias.

Agradecimientos

Este trabajo es una aportación de los Proyectos CGL2007-64428BTE y CGL2006-08973 financiados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y los fondos FEDER y de los Grupos de Investigación PaleoQ y Análisis de Cuenas Continentales del Gobierno de Aragón y Gic07/124-IT-369-07 de la Universidad del País Vasco. Agradecemos la colaboración de Alejandro Urmeneta (Comunidad de Bardenas Reales).

Referencias

Balakrishnan, M. y Yapp, C.J. (2004). *Geochimica Cosmochimica Acta*, 68, 2007-2024.
Baldini, M.L., Walzer, S.E., Railsback, L.B., Baldini, J.U.L. y Crowe, D.E. (2007). *Palaios*, 22, 174-187.

Colonese, A.C., Zanchetta, C., Fallick, A.F., Martini, F., Manganelli, G. y Lo Vetro, D. (2007). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254, 550-560.
Goodfriend, G.A. (1988). *Nature*, 333, 757-760.
Goodfriend, G.A. (1990). *Quaternary Research*, 34, 186-197.
Goodfriend, G.A. (1992). *Quaternary Science Reviews*, 11, 665-685.
Goodfriend, G.A. y Magaritz, M. (1987). *Earth and Planetary Science Letters*, 86, 377-388.
Goodfriend, G.A. y Ellis, G.L. (2000). *Quaternary International*, 67, 47-60.
Goodfriend, G.A. y Ellis, G.L. (2002). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66, 1987-2002.
Larrasoana, J.C., Murelaga, X. y Garcés, M. (2006). *Earth and Planetary Science Letters*, 243, 409-423.
Lécolle, P. (1985). *Chemical Geology, Isotope Geoscience*, 58, 157-181.
Leng, M.J., Heaton, T.H.E., Lamb, H.F. y Naggs, F. (1998). *The Holocene*, 8, 407-412.
Leranoz, B. (1993). *Geomorfología y Geología Ambiental de la Ribera de Navarra*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, 521 p.
Magaritz, M. y Heller, J. (1980). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 32, 153-162.
Magaritz, M., Heller, J. y Volokita, M. (1981). *Earth Planetary Science Letters*, 52, 101-106.
Metref, S., Rousseau, D.-D., Bentaleb, I., Labonne, M. y Vianey-Liaud, M. (2003). *Earth Planetary Science Letters*, 211, 381-393.
Miller, B.B., McCoy, W.D. y Bleuer, N.K. (1987). *Boreas* 16, 33-138.
Murelaga, X., Larraz, M., Sancho, C., Muñoz, A. y Ortega, L.A. (2008). *Geogaceta*, 44, 127-130.
Sancho, C., Peña, J.L., Muñoz, A., Benito, G., McDonald, E., Rhodes, E.J. y Longares, L.A. (2008). *Catena*, 73, 225-238.
Stott, L.D. (2002). *Earth Planetary Science Letters*, 195, 249-259.
Zanchetta, G., Bonadonna, F.P. y Leone, G. (1999). *Quaternary Research*, 52, 293-299.
Zanchetta, G., Leone, T.G., Fallick, A.E. y Bonadonna, F.P. (2005). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223, 20-33.