

Edad y significado de las tufas sobre el río Dúrcal en Cónchar (Granada, Andalucía, España)

Age and significance of the Dúrcal River tufa deposits in Cónchar

Trinidad Torres ⁽¹⁾, José E. Ortiz ⁽¹⁾, Isabel Arribas ⁽¹⁾, Laura Moreno ⁽¹⁾ y Vicente Soler ⁽²⁾

⁽¹⁾ Grupo de Estudios Ambientales. Dpto Ingeniería Geológica. E.T.S.I. Minas de Madrid. C/Ríos Rosas 21, 28003 Madrid. e-mail: trinidad.torres@upm.es, joseeugenio.ortiz@upm.es, isabelkitina.arribas@upm.es, laura.moreno@upm.es

⁽²⁾ Instituto de Agrobiología y Productos Naturales (C.S.I.C.). Avda Astrofísico Fco. Sánchez 3, 38206 La Laguna, Tenerife (Spain). vsoler@ipna.csic.es

ABSTRACT

The ages of the tufa terraces of the Dúrcal River, in the vicinity of Cónchar, were obtained through the amino acid racemization method, which define the beginning of the fluvial incision and the successive periods of carbonate accumulation and destruction/incision. These processes are related with the evolution of the nearby Padul peat bog, in which the deactivation of the alluvial fans that fed this mire was produced at 400 ka coinciding with the uppermost tufa level formation at Cónchar and, therefore, with the dynamics of the Dúrcal river, which are probably linked to neotectonics.

Key words: Aminoacid racemization, tufas, ostracodes, Padul peat bog, Dúrcal river.

Geogaceta, 47 (2009), 101-104
ISSN: 0213683X

Introducción

Las tufas, en especial las fluviales, han demostrado ser elementos de marcada utilidad para determinar la evolución geomorfológica durante el Cuaternario de numerosas áreas de la Península Ibérica ya que su depósito (Ortiz *et al.*, 2009), permite el cálculo de las velocidades de incisión fluvial que tuvieron lugar durante los estadios isotópicos impares de la escala marina (MIS).

El caso de las tufas de Cónchar resulta todavía mucho más ilustrativo ya que su desarrollo, como se verá, tuvo su correlato en la evolución de la turbera del Padul (Granada).

Sobre las características y edad de estos depósitos existe un número elevado de referencias, cabría citar González Donoso *et al.* (1980), Avidad Castañeda *et al.* (1981), Chacón *et al.* (2000) y Chacón *et al.* (2001). Sobre los aspectos neotectónicos de la zona se pueden citar a Martín y Braga (1997), García *et al.* (1998), Sanz de Galdeano *et al.* (1998), Sanz de Galdeano y López Garrido (2001), Chacón *et al.* (2000), Chacón *et al.* (2001). Viseras *et al.* (2001) describen ampliamente los aspectos geomorfológicos de los sistemas de abanicos aluviales del frente montañoso de Sierra Nevada en la zona.

Situación geográfica y geológica

Las tufas de Cónchar se desarrollan en una serie de escalones sobre la margen derecha del río Dúrcal, a unos 6 km del punto en el que dicho río abandona el frente montañoso de Sierra Nevada y se encaja en un profundo cañón (Fig. 1 y 2). Las tufas se apoyan en los mármoles y esquistos del Manto de la Herradura cuya karstificación (mármoles) será, al menos

en parte, responsable de la acumulación de carbonatos.

La cuenca de recepción hidrográfica del río Dúrcal se desarrolla sobre las dolomías y mármoles dolomíticos del Manto de Trevenque donde talla barrancos abruptos. Una vez que abandona Sierra Nevada excava un profundo cañón de paredes casi verticales en materiales poco consolidados de granulometría muy gruesa que se incluirían en las Formaciones

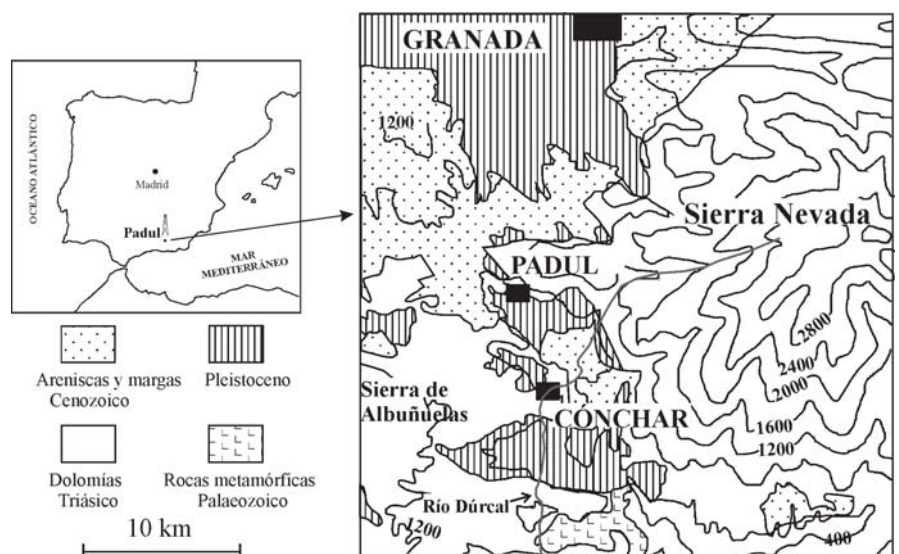


Fig. 1.- Situación Geográfica y Geológica de Cónchar.

Fig. 1.- Geographical and Geological setting of Cónchar.

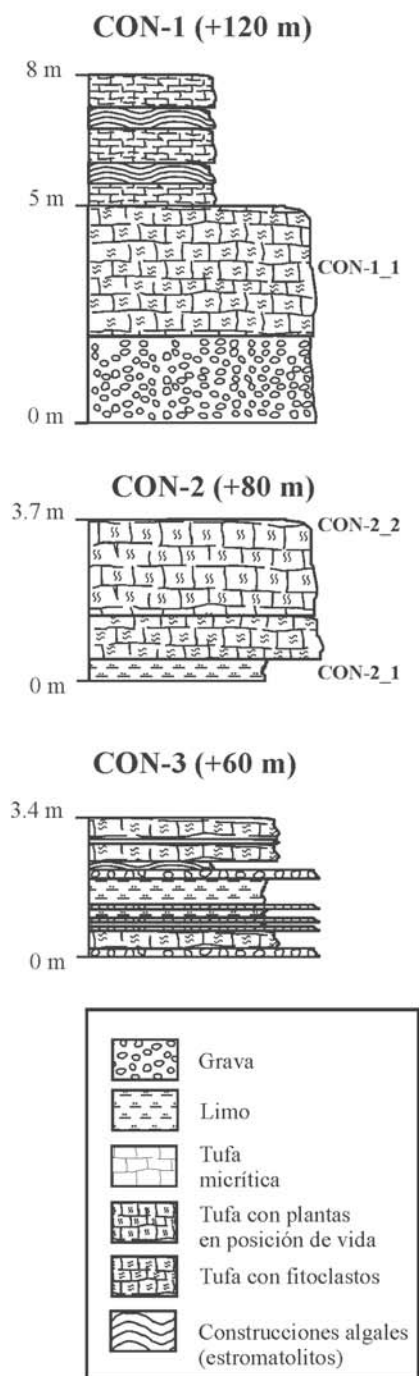
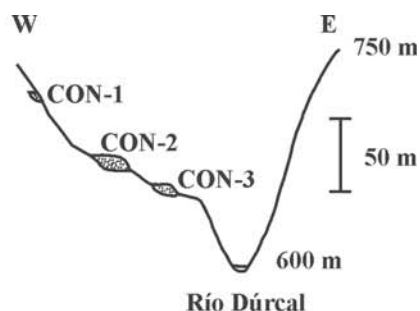


Fig. 2.-Secciones estratigráficas de los niveles de tufa de Cónchar.

Fig.2- Stratigraphic sections of the tufas from Cónchar.

Localidad	D/L Asp	D/L Glu	Edad (ka BP)	N
CON- 1	0.537±0.026	0.338±0.041	380 ± 54	7
CON- 2_1	0.407±0.011	0.205±0.019	201 ± 27	7
CON- 2_2	0.410±0.009	0.167±0.013	178 ± 16	7

Tabla I.- Valor medio de la relación D/L del ácido aspártico y ácido glutámico obtenida en ostrácodos recogidos en los niveles de tufas de Cónchar y su edad.

Table I.- Mean values of D/L ratios of aspartic acid and glutamic acid obtained in ostracodes from the Cónchar tufa terraces and age calculation of each level.

cenozoicas descritas por Alfaro *et al.* (2001).

Todo el borde occidental de Sierra Nevada, al menos en lo que concierne a la Depresión de Padul y al Valle de Lecrín, está festoneado por sistemas de abanicos aluviales que tienen sus zonas apicales en la sierra. De acuerdo con Viseras *et al.* (2001) estos abanicos tienen un estricto control tectónico generado por la falla de Padul (Fig. 1) que en imagen de satélite es claramente visible al estar subrayada por una línea de vegetación que crece a favor de la misma. El río Dúrcal incide netamente los dos abanicos que configura sus márgenes en el frente montañoso de los que está claramente desconectado, aunque capta parte del drenaje del abanico más septentrional que tiene un abarrancamiento reciente que va a desembocar al río Dúrcal.

En este sector de la cuenca de Granada, varias fallas normales compartimentan una serie de bloques con diferentes velocidades verticales. Cónchar se sitúa en una zona relativamente elevada entre la fosa tectónica asimétrica de Padul-Nigüelas (al norte) y el valle de Lecrín (al sur) (Alfaro *et al.*, 2001).

Geomorfología y estratigrafía

Los depósitos escalonados de las tufas de Cónchar se organizan en tres niveles a distintas alturas sobre el *talweg* del río Dúrcal (+120, +80, +60) (Fig. 2). Las casas del pueblo se encuentran sobre el segundo nivel, mientras que el más alto aparece en un corte de la carretera de acceso.

Predominan las tufas de tallos y de fitoclastos, aunque en algún caso el depósito se inicia con gravas testimoniando así su relación con el sistema fluvial del río Dúrcal (Fig. 2). Hay pequeños lenticiones de limos calcáreos que testimonian el desarrollo de encharcamientos palustres que suelen ser fosilíferos, con presencia de ostrácodos y gasterópodos. Los primeros han permitido la datación por racemización de aminoácidos de dos niveles.

Metodología

En dos niveles de tufas de Cónchar (CON-1 y CON-2) aparecen tanto ostrácodos como gasterópodos, aunque solamente se presentan los resultados obtenidos de los análisis de los primeros, ya que son los más abundantes y dan mejores resultados debido a la excelente preservación de aminoácidos en las valvas (Kaufman, 2000).

Se realizaron un total de 21 análisis cromatográficos de muestras de conchas de ostrácodos de la especie *Herpetocypris reptans* (Baird) correspondientes a los niveles 1 y 2 (muro y techo) (Fig. 2).

Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular (LEB) de la E.T.S.I. de Minas de Madrid. Las muestras se prepararon de acuerdo al protocolo del L.E.B. basado en el trabajo de Kaufman y Manley (1998) y analizadas en un cromatógrafo de líquidos de altas prestaciones HPLC-1100 con detector de fluorescencia.

Los ostrácodos se seleccionaron con la ayuda de una lupa binocular y se limpiaron empleando agua oxigenada en la que estuvieron sumergidos durante 4 horas.

Posteriormente se hidrolizaron en 7 ul ácido clorhídrico 6 N, cerrados bajo atmósfera de nitrógeno, en una estufa a 100 °C durante 20 h. A continuación las muestras se evaporaron bajo vacío en un desecador.

Previamente al análisis las muestras se rehidrataron con 7 ul ácido clorhídrico. Se inyectaron 2 ml de cada muestra en un cromatógrafo de líquidos Agilent 1100. La derivatización tuvo lugar en el inyector automático mediante la adición de 4 ml del reactivo OPA/IBLC (O-phthalaldehído/N-isobutiryl-L-cysteina). En el análisis se utilizaron tres fases móviles: agua con acetato de sodio, acetato trihidratado, metanol y acetonitrilo. La columna fue de tipo Hypersil BDS C18 (250 x 4 mm).

Se identificaron los aminoácidos isoleucina, leucina, fenilalanina, ácido

aspártico y ácido glutámico, aunque para la datación se utilizaron los valores de racemización de los dos últimos. Esta elección se basó en la fiabilidad medida para estos aminoácidos (cf. Torres *et al.*, 2005; Ortiz *et al.*, 2009).

Resultados y discusión

En la Tabla I se recoge el valor medio y desviación estándar de los ratios D/L Asp y D/L Glu de los ostrácodos del área de Cónchar. Para la obtención de las edades numéricas se emplearon los algoritmos de cálculo de edad establecidos por Ortiz *et al.* (2004a) a partir de los ratios de racemización de ostrácodos de la zona central y sur de la Península Ibérica. Para muestras jóvenes, con valores del ratio de racemización del ácido aspártico inferior a 0.401 y del ácido glutámico menor que 0.140 se emplearon ecuaciones diferentes (Ortiz *et al.*, 2004a) calculadas a partir de ostrácodos de la especie *Herpetocypris reptans* (Baird) debido, fundamentalmente, a que la racemización es un proceso que no se comporta de manera lineal debido a que la tasa o velocidad de racemización desciende con el tiempo (Goodfriend, 1991). El modelo general de racemización consta de la combinación de al menos dos funciones con diferentes pendientes. Como consecuencia de este comportamiento, la obtención de algoritmos para distintos tramos de la función que modeliza la racemización sería el procedimiento correcto de cálculo de edades.

Los valores de los ratios D/L del ácido aspártico y ácido glutámico medidos en ostrácodos de la zona de Cónchar se introdujeron en los algoritmos de cálculo de edad (Tabla I). La edad de cada localidad se calculó como la media de los valores obtenidos para cada valor del ratio D/L de cada aminoácido en cada muestra de una localidad. El error de la edad para cada localidad es la desviación típica de los valores de edad calculados a partir de cada valor del ratio D/L obtenido en las muestras analíticas de cada corte.

La incisión del río Dúrcal se inició antes del depósito de las tufas más altas que posteriormente se acumularon en la zona previamente incidida. Estos niveles se acumulan después de sucesivos episodios de erosión de las tufas y profundización del talweg. Así, los niveles travertínicos de Cónchar se forman durante episodios marinos impares: el nivel más alto (CON-1) se forma en el MIS 11, mientras que el intermedio (CON-2) se forma en el MIS 7, coincidiendo con

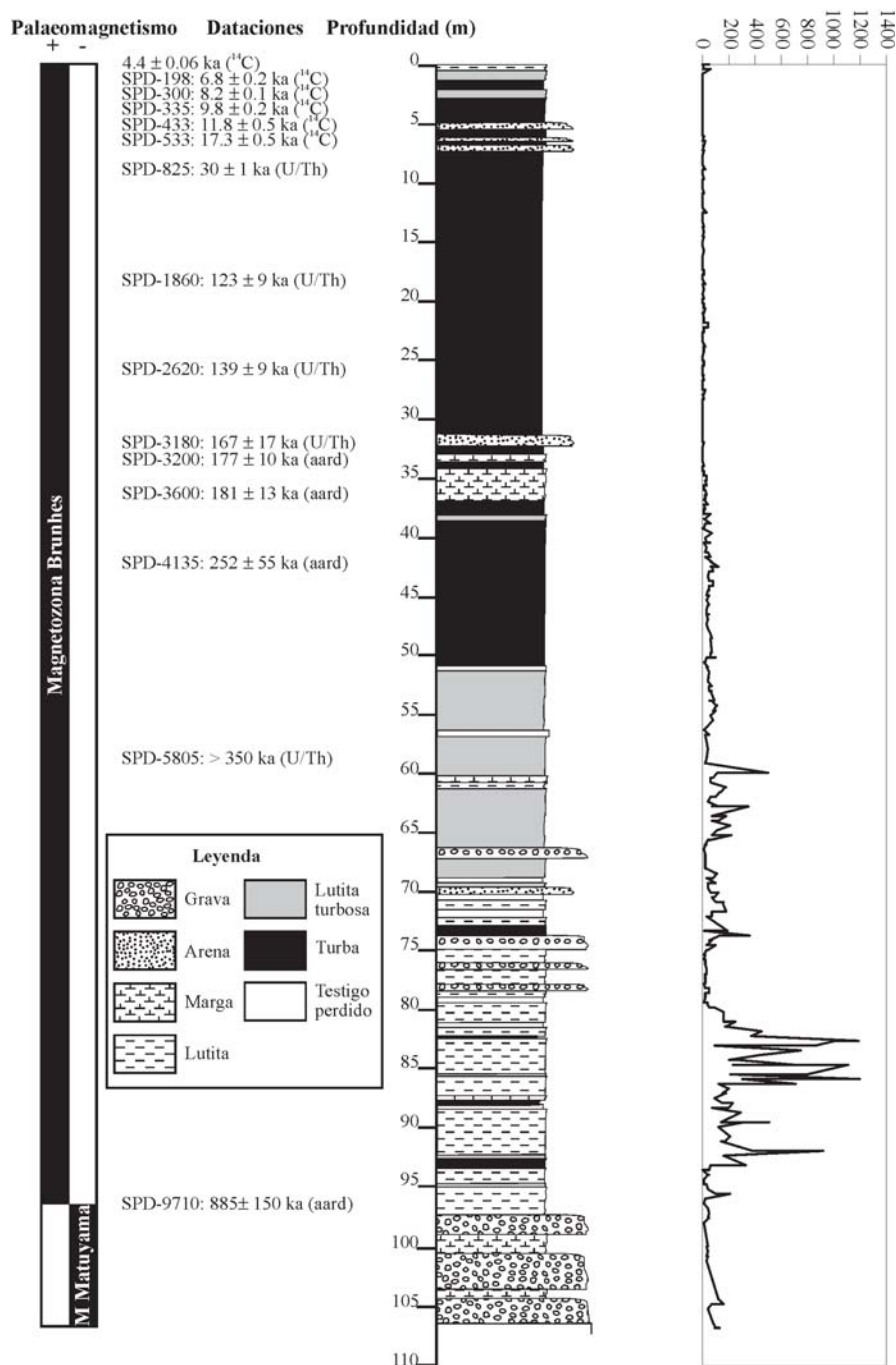


Fig. 3.- Sección estratigráfica de la turbera de Padul con el registro de la susceptibilidad magnética (modificado de Ortiz *et al.*, 2004b).

Fig. 3.- Stratigraphic section of the Padul peat bog with the magnetic susceptibility log (modified from Ortiz *et al.*, 2004b).

otros resultados obtenidos en la Península Ibérica (Ortiz *et al.*, 2009).

Es importante establecer una posible concatenación de procesos con la turbera de Padul:

- El relleno de la turbera, conocido detalladamente gracias a un sondeo de 107 m de profundidad perforado en 1997, en su inicio está claramente controlado por aportes procedentes de los abanicos aluviales que

configuran una bajada en el borde occidental de Sierra Nevada (Fig. 3). La granulometría y, especialmente la susceptibilidad magnética, lo confirman (Nestares y Torres, 1998, Ortiz *et al.*, 2004b).

- Hacia el metro 59 (365-400 ka BP) del testigo las valores de susceptibilidad magnética descienden bruscamente coincidiendo con un depósito de lutitas turbosas y turbas.

- La susceptibilidad magnética se hace todavía más baja, y no se recupera a partir del metro 34 (175 ka BP) y se acumula turba masiva.
- Hay intercalaciones de calcilitas y calciarenitas, visibles ya en la explotación actual, que no registran aumento de susceptibilidad magnética.

Conclusiones

Se han datado mediante el método de racemización de aminoácidos los niveles de tufas del río Dúrcal de Cónchar, definiendo el inicio de la incisión fluvial y los sucesivos períodos de acumulación de carbonatos y de destrucción/incisión.

No se puede separar este proceso de la evolución de la turbera de Padul en la que hace unos 400 ka se produjo la desactivación de los abanicos aluviales que aportaban agua y sedimentos. Este proceso estuvo ligado al inicio de la incisión del río Dúrcal, posiblemente ligada a la actividad tectónica reciente durante el Pleistoceno.

Agradecimientos

El sondeo de Padul se realizó gracias a proyectos de la UE, ENRESA y CSN. La datación de las tufas de Cónchar se ha realizado como proyecto interno del Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad Politécnica de Madrid. Agradecemos al Prof. Pedro Alfaro la revisión de este manuscrito.

Referencias

- Alfaro, P., López-Garrido, A.C., Galindo Zaldívar, J., Sanz de Galdeano, C. y Jabaloy, A. (2001). *Acta Geológica Hispánica*, 35 (3-4), 283-295.
- Avidad Castañeda, J., García-Dueñas, V., Gallegos, J.A. y González Donoso, J.M. (1981). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 1041 (Dúrcal)*. IGME.
- Chacón, J., El Hamdouni, R., Irigaray, C., Delgado, A., Fernández, T., García, A.F., Juliá, R. y Keller, E.A. (2000). En: *European Geophysical Society XXV General Assembly. Niza, Francia. Geophysical Research Abstracts*, 2, NH7.04.
- Chacón, J., El Hamdouni, R., Irrigaría, C., Delgado, A., Reyes, E., Fernández, T., García, A.F., Juliá, R., Sanz de Galdeano, C. y Keller E.A. (2001) En: *La cuenca de Granada. Estructura, Tectónica Activa, Sismicidad, Geomorfología y dataciones existentes* (C. Sanz de Galdeano, J.A. Peláez Montilla y A.C. López Garrido, Eds.). CSIC-Univ. Granada, Granada, 29-39
- García, A.F., Keller, E.A., Sanz de Galdeano, C., Chadwick, O.A., El Hamdouni, R. y Chacón Montero, J. (1998). *Geological Society of America, Abstracts with programs*, 30/5, 15.
- González Donoso, J.M., Gallego, J.A. y Sanz de Galdeano, C. (1980). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 1026 (Padul)*. IGME.
- Goodfriend, G.A. (1991). *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55, 293-302.
- Kaufman, D.S. (2000). En: *Perspectives in Amino Acids and Protein Geochemistry* (G.A. Goodfriend, M.J. Collins, M.L. Fogel S.A. Macko y, J.F. Wehmiller, eds.). Oxford University Press, New York, 145-160.
- Kaufman, D.S. y Manley, W.F. (1998). *Quaternary Geochronology*, 17, 987-1000.
- Martín, J.M. y Braga, J.C. (1997). En: *Avances en el conocimiento del Terciarío Ibérico* (J.P. Calvo y J. Morales, Eds.). Universidad Complutense de Madrid-Museo Nacional de Ciencias Naturales, 117-120
- Nestares, T. y Torres, T. (1998). *Geogaceta*, 23, 99-102.
- Ortiz, J.E., Torres, T., Juliá, R., Delgado, A., Llamas, F.J., Soler, V. y Delgado, J. (2004a). *Quaternary Science Reviews* 23(5-6), 717-730.
- Ortiz J.E., Torres, T., Delgado, A., Juliá, R., Lucini, M., Llamas, F.J., Reyes, E., Soler, V. y Valle, M. (2004b). *Organic Geochemistry*, 35 (11-12), 1243-1260.
- Ortiz, J.E., Torres, T., Delgado, A., Reyes, E. y Díaz-Bautista, A. (2009). *Quaternary Science Reviews*, 28, 947-963.
- Sanz de Galdeano, C., El Hamdouni, R. y Chacón, J. (1998). En: *Itinerarios geomorfológicos por Andalucía Oriental* (A. Gómez Ortiz, F., Salvador Fancha, L. Schulte y A. García Navarro, Eds.) Publicaciones de la Universidad de Barcelona, 65-81
- Sanz de Galdeano, C. y López Garrido, A.C. (2001). En: *La cuenca de Granada. Estructura, Tectónica Activa, Sismicidad, Geomorfología y dataciones existentes* (C. Sanz de Galdeano, J.A. Peláez Montilla y A.C. López Garrido, Eds.) CSIC-Univ. Granada, Granada, 133-138.
- Torres, T., Ortiz, J.E., García de la Morena, M.A., Llamas, F.J. y Goodfriend, G. (2005). *Quaternary International*, 135, 21-33
- Viseras, C., Calvache, M.L., Fernández, J. y Soria, J.M. (2001) En: *La cuenca de Granada. Estructura, Tectónica Activa, Sismicidad, Geomorfología y dataciones existentes* (C. Sanz de Galdeano, J.A. Peláez Montilla y A.C. López Garrido, Eds.) CSIC-Univ. Granada, Granada, 78-88.