

Facetas triangulares de ladera en la región de Tudela (Depresión del Ebro, Navarra, España)

C. Marín ⁽¹⁾, G. Desir ⁽¹⁾, M. Gutiérrez ⁽¹⁾

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra (Geomorfología), Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza, C/Pedro Cerbuna 12, 50.009, Zaragoza (España).

*E-mail: cimarin@unizar.es

ABSTRACT

Some triangular slope facets are localized to the south of Bardenas Reales (central-west of Ebro Basin), elaborated on Tudela Formation deposits, Aragonian in age. Three of them have been dated by OSL resulting on ages of: 35,588±2,488 yr. BP, 35,355±2,446 yr. BP and 40,185±2,411 yr. BP. The origin of these facets is ought to an alternation between accumulation and incision phases produced by vegetation cover variation percentage. Those vegetation cover changes are estimated to be due to climatic changes.

Palabras clave: facetas triangulares de ladera, datación, significado climático, Depresión del Ebro.

INTRODUCCIÓN

Las facetas triangulares de ladera son formas relictas cubiertas de detritos que fueron descritas por primera vez en el suroeste de Estados Unidos (Koons, 1955), a las que denominó talus flatirons. Se localizan fundamentalmente en medios semiáridos y áridos del norte de África, Oriente Medio, SW de Estados Unidos y España. También han sido descritas en ambientes periglaciares (Büdel, 1970; Gutiérrez *et al.*, 2009). Se desarrollan en formaciones estratificadas con disposición próxima a la horizontal, al pie de un escarpe constituido por rocas resistentes a la erosión que yacen sobre sedimentos lábiles. Su perfil está constituido por un escarpe y una ladera de detritos, que enlaza con un glacis de acumulación. Los procesos de incisión, acompañados por el retroceso del escarpe, traen consigo la desconexión de la ladera de detritos del área madre, formando una faceta triangular de ladera. Estas facetas aisladas tienen una forma en planta triangular o trapezoidal con el ápice dirigido hacia el escarpe. La alternancia de acumulación-incisión puede repetirse varias veces en el tiempo dando lugar a una secuencia de facetas triangulares de ladera, siendo las más antiguas las más alejadas del escarpe.

La génesis de estas facetas supone la superación de un umbral geomorfológico en el que se transforma la etapa acumulativa en otra con mayor predominio de los procesos de incisión hídrica. Existe un cierto consenso en un origen climático para estas alternancias de acumulación e incisión (Gerson, 1982; Schmidt, 1989; Gutiérrez, 2001, 2008; Gutiérrez *et al.*, 1998, 2006, 2009; entre otros)

RASGOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La zona de trabajo se sitúa al W y centro de la cuenca del Ebro, y está compuesta fundamentalmente por depósitos del Terciario continental. La geología del área de estudio está constituida por unos 400 m de arcillas, margas y calizas, con intercalaciones de areniscas y yesos del Aragoniense (Salvany *et al.*, 1995) conocidos como Formación Tudela (Castiella *et al.*, 1978). Se sitúa geológicamente en una posición de tránsito entre las

subcuencas navarro-riojana al oeste y aragonesa al este, que constituyen dos dominios paleogeográficos diferentes. La subcuenca aragonesa se individualiza, para épocas miocenas, como depocentro principal de la cuenca con la acumulación de facies distales de abanicos aluviales procedentes del Pirineo y Cordillera Ibérica, junto con evaporitas y carbonatos depositados en ambientes de playa (Riba *et al.*, 1983; Villena *et al.*, 1996a, b; Alonso-Zarza *et al.*, 2002, Pardo *et al.*, 2004).

El área de estudio se sitúa en la región meridional de las Bardenas Reales (Navarra), más concretamente en la franja sur de la Hoja de Fustiñana (nº 283) y sus alturas fluctúan entre 300 y 630 m. Está surcada por una red de barrancos, afluentes al río Ebro, que compartimentan los materiales miocenos con disposición horizontal, dando lugar a un relieve en graderío por erosión diferencial. En esta morfología se reconocen amplios replanos estructurales y mesas. La red fluvial está constituida fundamentalmente por valles de fondo plano, que se encajan en los materiales miocenos. Al pie de los relieves se desarrollan glacis de acumulación. El clima es de carácter continental, con vegetación dominante esteparia y precipitaciones medias de 400 mm. La región se incluye dentro de un clima semiárido.

METODOLOGÍA, RESULTADOS Y DISCUSION

Se ha llevado a cabo una cartografía geomorfológica detallada del conjunto de las facetas (Fig. 1), utilizando fotografías aéreas a escala 1:33.000, acompañada por trabajos de campo. Inicialmente se prospectaron las facetas existentes. Su posición espacial relativa permite conocer el número de secuencias de facetas triangulares de ladera. En la figura 1A, B se diferencia una única faceta y en la Figura 1C se reconocen tres etapas de evolución de laderas.

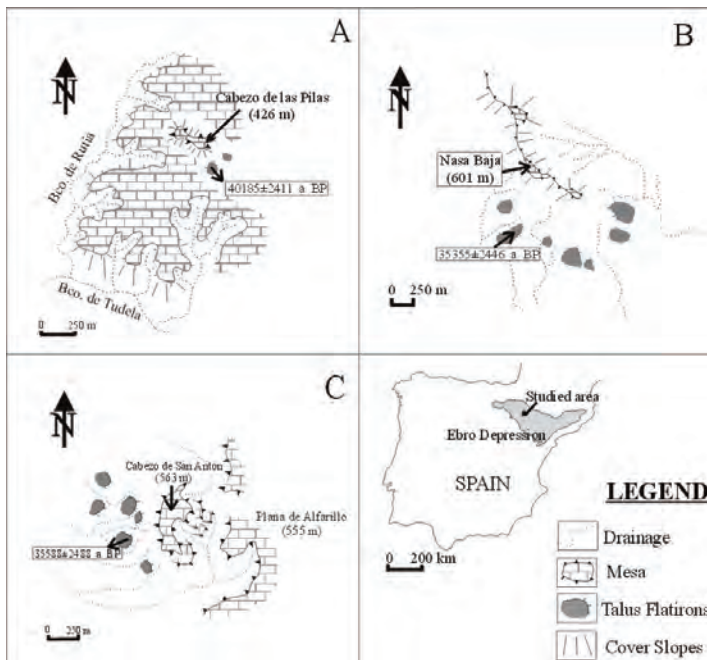


Figura 1. Mapas geomorfológicos en los que se localizan facetas triangulares de ladera, situadas en la franja meridional de la hoja de Fustiñana (nº 283).

Todas las facetas triangulares se localizan al pie de relieves estructurales de calizas. Estas paleoladeras están cubiertas por detritos de potencia variable, la mayoría con una acumulación pelicular de clastos angulosos dominantes de caliza, en las que no se pueden obtener muestras para datación por OSL. El espesor máximo reconocido es de 0,5 m. Las facetas presentan un escaso desarrollo longitudinal y se encuentran a cierta distancia de las laderas funcionales actuales. Éstas presentan una morfología cóncava y están incididas por la red de regueros y barrancos.

En los mapas geomorfológicos se representan las diferentes facetas y la edad obtenida por OSL en el Laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid. En las Figuras B y C las edades obtenidas son prácticamente las mismas: 35.355 ± 2446 años BP y 35.588 ± 2488 años BP, mientras que en la Fig. A la datación de la faceta es de 40.185 ± 2411 años BP.

Ya se ha indicado que el origen de una faceta triangular de ladera lleva consigo una alternancia de una etapa de predominio de la acumulación de detritos y otra posterior de dominio de la incisión. El tránsito de una etapa a otra supone la modificación de la intensidad de los procesos geomorfológicos. Este cambio representa un umbral geomórfico (Schumm, 1973), que puede estar representado por variaciones en el porcentaje de cubierta vegetal (Schumm, 1977; Knox, 1984a, b). Este último autor establece un umbral crítico de cobertura de vegetación que estima en un 70%, correspondiente a una precipitación media anual de 400-500 mm. Para valores inferiores al 70% aumenta muy rápidamente la cantidad de suelo erosionable. Por el contrario, por encima del 70% el incremento de cubierta vegetal favorece la acumulación en las laderas.

La interpretación climática para el origen de las facetas triangulares de ladera parece la más adecuada. En trabajos anteriores (Gutiérrez *et al.*, 1998; Gutiérrez *et al.*, 2006; Gutiérrez, 2008, entre otros) las facetas se dataron por ^{14}C y se correlacionaron con eventos Heinrich, pero el número de dataciones era muy pequeño. Con posterioridad, se añadieron numerosas edades obtenidas por OSL, pero estos valores presentan un amplio margen de incertidumbre, que se incrementa con el aumento de la edad. No obstante, las secuencias de facetas triangulares de ladera estimamos que son valiosos indicadores paleoclimáticos (Gutiérrez *et al.*, 2009).

REFERENCIAS

- ❖ Alonso-Zarza, A.M. et al. (coord.). 2002. Tertiary. In: Gibbons, W. and Moreno, T. (Eds.). *The Geology of Spain*. The Geological Society, London, 293-334.
- ❖ Büdel, J. 1970. Pedimente, rumpffachen and rückland-steilhänge. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 14, 1-57.
- ❖ Castiella, J., Solé, J., del Valle, J. 1978. *Mapa Geológico de Navarra, E:1:200.000*. Diputación Foral de Navarra.
- ❖ Gerson, R. 1982. Talus relict in deserts: A key to major climatic fluctuations. *Israel Journal of Earth Sciences*, 31, 123-132.
- ❖ Gutiérrez, M. 2001. *Geomorfología Climática*. Omega, Barcelona, 642 p.
- ❖ Gutiérrez, M. 2008. *Geomorfología*. Pearson-Prentice Hall, Madrid, 898 p.
- ❖ Gutiérrez, M., Sancho, C., Arauzo, T., Peña, J.L. 1998. Evolution and palaeoclimatic meaning of the talus flatirons in the Ebro basin (NE Spain). In: Alsharhan, A.S., Glennie, K.W. and White, G.L. (Eds.). *Quaternary Deserts and Climatic Change*. Balkema, Amsterdam, 593-599.

- ❖ Gutiérrez, M., Gutiérrez, F., Desir, G. 2006. Considerations on the chronological and causal relationship between talus flatirons and palaeoclimatic changes in the central and northeastern Spain. *Geomorphology*, 73, 50-63.
- ❖ Gutiérrez, M., Lucha, P., Gutiérrez, F., Moreno, A., Guerrero, J., Martín-Serrano, A., Nozal, F., Desir, G., Marín, C., Bonachea, J. 2009. Are talus flatirons in Spain climate-controlled landforms?. *Geology* (Submitted).
- ❖ Gutiérrez, M., Nozal, F., Montes, M.J. 2009. Talus flatirons on Seymour Island (Weddel Sea, Antarctica). Consideration about their genesis. *Polish Polar Research* (admitted).
- ❖ Knox, J.C. 1984a. Fluvial responses to small scale climate changes. In: Costa, J.E. & Fleischer, P.J. (Eds.). *Development and Applications of Geomorphology*. Springer, Berlin, 318-342.
- ❖ Knox, J.C. 1984b. Responses of river systems to Holocene climates. In: Wright, H.E. (Ed.). *Late Quaternary Environments of the United States.2. The Holocene*. Longman, London, 26-41.
- ❖ Koons, D. 1955. Cliff retreat in the southwestern United States. *American Journal of Science*, 253, 44-52.
- ❖ Pardo, G. (coord.). 2004. La Cuenca del Ebro. In: Vera, J.A. (Ed.). *Geología de España*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 533-543.
- ❖ Riba, O., Regnant, S., Villena, J. 1983. Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la Cuenca terciaria del Ebro. *Libro Jubilar J.M. Ríos. Geología de España*, T. 2, 131-159.
- ❖ Salvany, J.M., Hernández, A. et al. 1995. *Mapa geológico y memoria explicativa de Fustiñana (283). Mapa Geológico de España E:1:50.000*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 55 p.
- ❖ Schmidt, K.H. 1989. Talus and pediment flatirons-erosional and depositional features of dryland cuesta scarp. *Catena Supplement*, 14, 107-108.
- ❖ Schumm, S.A. 1973. Geomorphic thresholds and complex: response of drainage systems. In: Morisawa, M. (Ed.). *Fluvial Geomorphology*. George Allen and Unwin, London, 290-310.
- ❖ Schumm, S.A. 1977. *The Fluvial System*. Wiley, New York, 338 p.
- ❖ Villena, J., Pardo, G., Pérez, A., Muñoz, A., González, A. 1996a. The Tertiary of the Iberian margin of the Ebro basin: sequence stratigraphy. In: Friend, P.F. and Dabrio, C.J. (Eds.). *Tertiary basins of Spain*. Cambridge University Press, Cambridge, 77-82.
- ❖ Villena, J., Pardo, G., Pérez, A., Muñoz, A., González, A. 1996b. The Tertiary of the Iberian margin of the Ebro basin: paleogeography and tectonic control. In: Friend, P.F. and Dabrio, C.J. (Eds.). *Tertiary basins of Spain*. Cambridge University Press, Cambridge, 83-88.