

## Procesos de erosión actuantes en una zona de clima semiárido de la Depresión del Ebro (Bardenas Reales, NE de España)

C. Marín <sup>(1)</sup>, G. Desir <sup>(1)</sup>

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, C/Pedro Cerbuna 12, 50.009 Zaragoza (España). E-mail: cimarin@unizar.es

### ABSTRACT

Bardenas Reales is an erosive depression located in the central-western part of the Ebro Depression. Many different erosion processes act on this zone: gullying, piping, mudslides and armoured mud balls among others that contribute to export great quantity of material outside the basin. Depending on lithology and physico-chemical properties erosion acting processes differ. The knowledge of that processes help us to understand the great amount of soil loss that take place on the studied zone, bigger than those recommended.

**Palabras clave:** Bardenas Reales; erosión hídrica; piping; gully

### INTRODUCCIÓN

La erosión constituye uno de los mayores riesgos geológicos a nivel mundial y en España representa el 10.8% del total de pérdidas económicas, que suponen 5.228 millones de euros (Desir y Marín, 2007). Además, estos problemas se ven agravados en zonas semiáridas, donde la tasa de formación de suelo es muy baja. En ellas, las tasas máximas de pérdida de suelo se sitúan en torno a 2 Tm/Ha/año si la erosión es severa (Hudson, 1971). Según datos de la Dirección General para la Conservación del Suelo, el 18% del territorio español (90000 km<sup>2</sup>) tiene unas pérdidas de suelo por encima de 50 Tm/Ha/año (Solé Benet, 2006). En la depresión erosiva de Bardenas Reales, el riesgo potencial de erosión está clasificado como muy alto (Donezar et al., 1990). Estudios preliminares en esta zona señalan que las tasas medias de erosión son de 81,126 Tm/Ha/año para los sedimentos menos litificados pertenecientes al Holoceno, y de 33 Tm/Ha/año para arcillas terciarias. El objetivo de este trabajo es describir los principales procesos de erosión hídrica que se dan en la zona de estudio además de analizar la magnitud y el impacto de cada uno de ellos en las distintas litologías aflorantes.

### AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio, las Bardenas Reales, se localizan en la zona centro-occidental de la Depresión del Ebro (NE de España) (Fig. 1). Conforman una depresión erosiva de 415 km<sup>2</sup> de extensión, cuyos márgenes están compuestos por laderas de altas pendientes mientras que el centro de la depresión se encuentra disectado por profundos gullies. Litológicamente, los márgenes de la cuenca están formados por arcillas terciarias miocenas, con alternancia de calizas, areniscas y yesos, pertenecientes a la Fm. Tudela (Mioceno Inferior-Medio) que se atribuyen a partes distales de abanicos aluviales de origen pirenaico y por calizas de la Fm. Sancho Abarca (Mioceno Medio-Superior). El centro de la depresión está ocupado por arcillas y limos holocenos poco litificados que provienen del lavado de las arcillas terciarias circundantes (Gutiérrez et al., 1995).

Geomorfológicamente, la alternancia de materiales de diferente resistencia a la erosión (arcillas con calizas, areniscas y yesos) y su disposición horizontal, han permitido que la

erosión actúe intensamente, dando lugar a una gran depresión erosiva en el centro, rodeada de relieves tabulares al sur que generan un paisaje de relieves en graderío (Fig. 1) por la presencia de la calizas de la Fm. Sancho Abarca. La climatología de la zona de estudio es semiárida, con una precipitación media anual de 350 mm, distribuidos de manera irregular a lo largo del año. Las lluvias tienen lugar principalmente en forma de tormenta en dos máximos pluviales anuales, uno a finales de la primavera y otro a comienzo del otoño. Las temperaturas medias anuales son de 13°C.



Figura 1. Situación geográfica de Bardenas Reales (izquierda) y vista general de la depresión erosiva y los materiales que la circundan (derecha).

### PROCESOS DE EROSION

Dentro de las Bardenas Reales, la erosión hídrica por escorrentía superficial es el principal mecanismo de movilización y exportación de material fuera de la cuenca y el responsable del modelado actual. Los procesos de erosión hídrica presentes responden a los parámetros climáticos de la zona, por lo que presentan una clara estacionalidad (Figura 2). La intensidad y presencia de estos procesos de erosión está controlada por la litología y por las propiedades físico-químicas de los mismos.

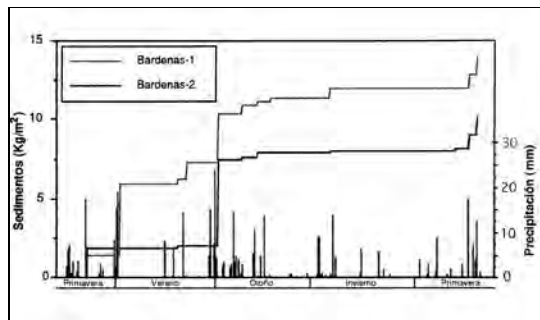


Figura 2. Gráfico que muestra la tasa de sedimento frente a la lluvia de un año. La mayor producción de sedimento coincide con los máximos de lluvia (primavera y otoño), cuando tienen carácter tormentoso y su capacidad erosiva es mayor (Sirvent et al., 1997; Desir y Marín, 2007).

En Bardenas Reales son diversos los procesos que actúan, si bien lo hacen de manera distinta en función de la litología. Uno de estos procesos es el **acarcavamiento** y **reguerización**: la acción de la arroyada concentrada genera rills que pueden llegar a coalescer y formar un paisaje de badlands, muy típico de la zona. Las altas pendientes de las laderas (34°) y la presencia de materiales altamente lábiles favorecen la generación de este paisaje (Fig. 3), desarrollado con gran espectacularidad en las arcillas terciarias de la Fm. Tudela.

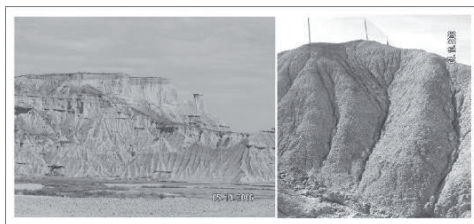


Figura 3. Paisaje de *badlands*, característico de la zona de estudio y detalle que los *rills* que generan dichos badlands

Otro proceso importante en la zona es el piping. La generación de **pipes**, muy frecuente en zonas semiáridas, presenta un desarrollo muy diferente según el material donde se produzca. Mientras que en los holocenos son frecuentes y los *pipes* presentan grandes dimensiones, en los miocenos son de menor entidad (Fig. 4) y su presencia es bastante escasa.



Figura 4. *Pipes* de diferentes tamaños desarrollados en Bardenas Reales

Ligadas a los materiales terciarios aparecen **coladas de barro** de carácter estacional, ya que su formación depende de la intensidad y cantidad de precipitación. En la zona de estudio, estas morfologías ya han sido descritas con anterioridad (Marín y Desir, 2008). Cabe señalar la ausencia de coladas en los materiales holocenos del relleno, debido a las bajas pendientes que presentan (9°). Puesto que los índices de plasticidad de las arcillas y limos holocenos y sus propiedades físico-químicas son similares a los de las arcillas terciarias, el factor desencadenante en este caso es la diferencia de pendiente.

Nuevamente en las arcillas terciarias encontramos **armored mud balls**, clastos redondeados de núcleo arcilloso y revestimiento de arena o gravilla. Anteriormente descritas en esta zona por Desir y Marín (2008), el origen de estas morfologías está relacionado con clastos individualizados por diversos procesos (humectación-secado, popcorn) que se van redondeando y recubriendo conforme circulan por los gullies.

Ya en los materiales holocenos, cobra gran importancia el desarrollo de **gullies**: Se localizan en esta litología debido principalmente a que se encuentra menos litificada y, por tanto, es más susceptible a la incisión, si bien la evolución de los gullies responde además a otros procesos (retroceso de cabecera, socavamiento, piping) (Figura 5). Conforman el principal medio de exportación de material fuera de la depresión erosiva y movilizan grandes cantidades de material en cada evento importante de lluvia, en algunos casos hasta 12 hm<sup>3</sup>/año (<http://www.bardenasreales.es>). En la mayoría de los casos alcanzan más de 10 km de longitud y la profundidad media es de 8-10 m (Desir y Marín, 2005).



Figura 5. Barranco desarrollado en Bardenas Reales.

### CONCLUSIONES

Los procesos de erosión hídrica en Bardenas Reales dependen de las características climáticas de la zona y de las propiedades físico-químicas de los materiales. En las arcillas y limos holocenos, menos litificados y más fácilmente erosionables, se generan principalmente profundos *gullies*, constituyendo la principal vía de evacuación de sedimento. En estos materiales holocenos los *pipes* presentan un gran desarrollo. Por el contrario, en las arcillas miocenas, más litificadas y con mayor pendiente, se desarrollan cárcavas y *rills* que generan *badlands* y en menor medida *pipes*, *armored mud balls* y coladas de barro. El desarrollo y evolución de todos estos procesos de erosión hídrica dependen de las características de la precipitación y ésta depende a su vez de las características climáticas de la zona.

### REFERENCIAS

- ❖ Desir, G., Marín, C. & Guerrero, J. 2005. *Badlands and Talus flatirons in the Bardenas Reales Region*. Field Trip Guide B3. Sixth International Conference on Geomorphology, Zaragoza, 37 p.
- ❖ Desir, G. & Marín, C. 2007. Factor controlling the erosion rates in a semi-arid zone (Bardenas Reales, NE Spain). *Catena* 71, 31-40.
- ❖ Desir, G. & Marín, C. 2008. Mud armored balls ¿una forma de erosión?. In: Benavente, J. & Gracia, F.J. (Eds.). *Trabajos de Geomorfología en España*. Actas X Reunión Nacional de Geomorfología. SEG, Cádiz, 97-100.
- ❖ Donezar, M., Illarregui, M., del Val, J. & del Valle de Lersundi, J. 1990. *Erosión actual en Navarra. Erosión potencial en Navarra. E:1:200.000*. Instituto del Suelo y Concentración Parcelaria. Gobierno de Navarra-ITGE.
- ❖ Hudson, N.W. 1971. *Conservación del Suelo*. Ed. Reverte, Barcelona, 335 p.
- ❖ Gutiérrez, M., Sancho, C., Desir, G., Sirvent, J., Benito, G. & Calvo, A. 1995. *Erosión Hídrica en Terrenos Arcillosos y Yesíferos de la Depresión del Ebro*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 389 p.
- ❖ Marín, C & Desir, G. 2008. Procesos de formación de coladas de barro en Bardenas Reales (Navarra, España). In: Benavente, J. & Gracia, F.J. (Eds.). *Trabajos de Geomorfología en España*. Actas X Reunión Nacional de Geomorfología. SEG, Cádiz, 93-96.
- ❖ Solé Benet, A. 2006. Spain. In: Boardman, J. & Poesen, J. (Eds.). *Soil Erosion in Europe*. Wiley, 311-346.