

Mecanismos de erosión en arcillas miocenas de la Formación Tudela (Bardenas Reales, Navarra, España)

C. Marín ⁽¹⁾, G. Desir⁽¹⁾

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

ABSTRACT

In Bardenas Reales area (located in the central-western part of the Ebro Depression) several erosion rates have been measured along the last years. The mean annual erosion rates are of 32 Tm/Ha/yr. Due to semiarid conditions, precipitation is irregularly distributed along the year with maximums on spring and autumn when the great erosion is produced. There are intensity and quantity thresholds below which erosion does not take place. In Bardenas Reales some erosion processes act (mudslides and armoured mud balls among others). Mudslides are mobilised on spring when the sediment have reached its plastic limit and could slide due to heavy rains. Armored mud balls are produced by the enhancement of popcorn cracks that individualize clays cores which are rounded by water. The same kind of strong precipitation that mobilised mudslides is the responsible of armoured mud ball's destruction because the conditions to its maintenance are very limited.

Palabras clave: Bardenas Reales; mudslides; armored mud balls; precipitation; spring.

INTRODUCCIÓN

Los problemas causados por la erosión están adquiriendo gran importancia en los últimos años, puesto que originan y conducen a problemas de degradación de suelos. En las zonas mediterráneas, donde existe un frágil equilibrio ecológico, son las características climáticas quienes controlan la disponibilidad hídrica y el tipo de vegetación. Cualquier pequeña variación en estas variables climáticas (cantidad de precipitación, temperaturas, etc) puede desencadenar el inicio de un proceso de desertificación, es decir, la pérdida de suelo y de biodiversidad (López-Bermúdez, 2002). La máxima pérdida tolerable de suelo en zonas semiáridas es de 5 Tm/Ha/año (Smith & Stamey, 1965). Sin embargo, en territorio español, 14 millones de hectáreas sufren pérdidas anuales de suelo por encima de esa máxima (López Bermúdez, 2002). En España, la tasa media de erosión se sitúa en torno a 27 Tm/Ha/año, pero dentro del territorio español existen además zonas donde la tasa de erosión media es incluso mayor, como en los badlands de Ugiba (Granada) (Scoging, 1982) o en la depresión del Ebro (Sirvent et al., 1997). En la zona de estudio, trabajos previos (Sirvent et al., 1997) indican que las tasas de erosión medias anuales son de 32 Tm/Ha/año, constituyendo el valor de erosión más alto registrado a nivel nacional (Solé Benet, 2006). El objetivo de este trabajo consiste en conocer los procesos de erosión que actúan en las arcillas terciarias presentes en la zona de estudio y su presencia estacional a lo largo del año.

AREA DE ESTUDIO

Las Bardenas Reales se encuentran situadas en la zona centro-occidental de la Depresión del Ebro, al NE de España. Con una extensión de 415 km² conforman una depresión donde los procesos de erosión han generado un característico paisaje de badlands.

En los márgenes de la cuenca afloran arcillas terciarias miocenas pertenecientes a la Fm. Tudela que presentan intercalaciones de areniscas, calizas y yesos (Desir & Marín, 2007). Estos materiales están desprovistos de vegetación y desarrollan altas pendientes (40°). La intensa reguerización de la zona individualiza pequeñas cuencas con interfluvios acuchillados. Mineralógicamente, estas arcillas miocenas están compuestas en un 82-86 % por illita, 9-16% de clorita y trazas de caolinita. Desde el punto de vista físico-químico los materiales presentes muestran que se trata de unas arcillas de estructura masiva, con pH alcalino, alta conductividad eléctrica y casi ausencia total de materia orgánica. Cabe destacar los altos valores de SAR y ESP presentes en estos materiales lo cual hace que sean proclives al desarrollo de procesos de piping. Climáticamente, la zona de estudio es semiárida, con una precipitación media anual de 350 mm y una temperatura media de 13°C. Las lluvias se distribuyen de manera irregular a lo largo del año, con dos máximos anuales, uno a finales de primavera y otro a comienzos de otoño, que condicionarán la aparición y desarrollo de los principales procesos de erosión presentes en la zona. El objetivo de este trabajo es precisamente conocer cuando y como se producen estos procesos en relación con los eventos de lluvia.

PROCESOS DE EROSION

El principal mecanismo de erosión hídrica en la zona es la arroyada concentrada entre las arcillas, que exporta material en suspensión y compartimenta microcuencas separadas por interfluvios acuchillados. Para cuantificar este material exportado se instrumentó la cuenca tanto con técnicas volumétricas como dinámicas (Sirvent et al., 1997) (Figura 1).



Figura 1. Batería de tanques instalados en una Parcela para el Estudio de la Erosión sobre las arcillas de la Fm. Tudela.

Los valores medios de erosión anuales son de 32 Tm/Ha/año, siendo la máxima de 89,5 Tm/Ha/año medida en el año 1993 (Desir & Marín, 2007). Existe una diferencia anual e interanual de estos valores en función de la distribución de las precipitaciones. Sin embargo, las tasas reales de erosión son mayores, puesto que existen procesos en los que resulta complicado cuantificar el material movilizado.

Uno de ellos son las coladas de barro, cuya formación comienza entre el final del invierno y la primavera. Durante la época invernal, la evapotranspiración es baja y la humedad alta, debido fundamentalmente a las escasas lluvias y a los numerosos días de niebla (una media de 42 días/año). Así, las arcillas van adquiriendo humedad de manera progresiva hasta que alcanzan su límite plástico y puede fluir por acción gravitacional. Generalmente, las coladas se movilizan con las primeras lluvias fuertes de primavera (Marín y Desir, 2006, 2008). En ocasiones, estas coladas no llegan a la salida de la cuenca si no que quedan encauzadas en los regueros por los que deslizan y enmascaran. En verano, cuando las lluvias son de carácter tormentoso y por tanto de mayor intensidad, se produce la incisión de los rills.

Algunas veces los lóbulos de las coladas se superponen unos a otros a la salida de los rills, observándose una progradación en el ápice del lóbulo y/o varias zonas terminales de diferentes lóbulos lo que permite reconocer varias etapas de formación de coladas (Fig. 2A). Por lo general, las coladas tienen dimensiones reducidas, sin embargo se ha producido varias coladas de grandes dimensiones, algunas de ellas de hasta 42 m de longitud (Fig. 2B), movilizándolo un volumen estimado de 89 m³.

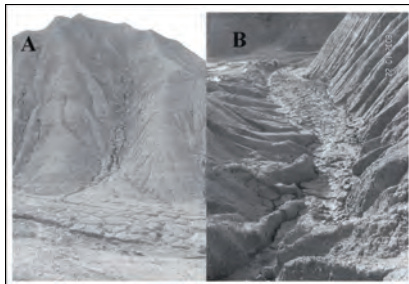


Figura 2. A) Superposición de coladas de barro. B) Colada de grandes dimensiones localizada en la zona de estudio.

Otro proceso que se produce en las arcillas miocenas de la Fm. Tudela es la formación de *armored mud balls*, clastos redondeados de núcleo de arcilla que está recubierto de un armazón de arena, gravas o gravillas (Fig. 3).



Figura 3. *Armored mud balls* producidas en Bardenas Reales.

El origen de estas morfologías se encuentra relacionado con los ciclos de humectación-secado que se producen, de tal manera que se generan contracciones e hinchamientos que, junto con el haloclastismo, producen estructuras de popcorn. En épocas secas, estas grietas alcanzan su máxima extensión favoreciendo la infiltración de la escorrentía (Desir y Marín, 2008). La repetición de este proceso va individualizando núcleos de arcillas cuyo tamaño depende del espaciado del popcorn. Estos núcleos de arcillas son el germen para las futuras *armored mud balls*. Al quedar individualizados, los núcleos entran a formar parte de los gullies, que los va redondeando y recubriendo con el armazón. Sin embargo, estas bolas armadas tienen unas condiciones de vida muy limitadas, de tal manera que variaciones en la altura de la lámina de agua en la que circulan son capaces de destruirlas (Desir y Marín, 2008). A su vez, la altura de la lámina de agua depende de la cantidad y tipo de lluvia, de tal manera que la formación y destrucción de las *armored mud balls* dependes de las características de la precipitación. Por lo general, las *armored mud balls* son destruidas con las lluvias fuertes de primavera, tratándose de un proceso estacional, sin embargo, al igual que ocurre con las coladas, las de mayor tamaño pueden mantenerse de un año para otro.

Se han considerado como una forma de erosión, puesto que mediante este mecanismo se moviliza material que acaba siendo exportado fuera de la cuenca.

CONCLUSIONES

En Bardenas Reales, la erosión hídrica es el principal mecanismo de exportación de material fuera de la cuenca. Actúa movilizandando las partículas del medio y transportándolas en suspensión. Este hecho queda patente por trabajos previos donde se ha cuantificado la erosión hídrica mediante distintas técnicas volumétricas y dinámicas (Sirvent et al., 1997; Desir y Marín, 2007). Pese a esto, existen otras morfologías no cuantificadas pero igualmente importantes a escala local. Estas formas, las coladas de barro y las armored mud balls, no constituyen en sí mismas una forma de erosión, pero son capaces de movilizar y preparar material para ser transportado fuera de la cuenca a través de los clásicos procesos de erosión hídrica. Estas morfologías menores dependen directamente de la estacionalidad de las precipitaciones. Así, la formación de coladas de barro se ve favorecida por la existencia de inviernos donde las precipitaciones son escasas, pero debido a la baja evapotranspiración se mantiene el grado de humedad en la zona. En primavera, con las primeras lluvias fuertes, el sedimento es capaz de moverse. Sin embargo, son estas mismas lluvias las que destruyen las armored mud balls formadas durante los meses de invierno. Son precisamente en estos momentos del año cuando se producen las condiciones favorables para la formación de las coladas de barro, por lo que ambos procesos son excluyentes. De esta forma, la distribución anual de las lluvias y su mayor o menor cantidad favorecerá la aparición de un determinado fenómeno u otro.

REFERENCIAS

- ❖ 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.
- ❖ López Bermúdez, F.J. 2002. *Erosión y Desertificación. Heridas de la Tierra*. Ed. Nivola. Madrid, 200 p.
- ❖ Marín, C. & Desir, G. 2006. Descripción morfológica y origen de las coladas de barro desarrolladas sobre arcillas terciarias en la Depresión de Bardenas Reales (Depresión del Ebro). In: Pérez Alberti, A. & López Bedoya, J. (Eds.). *Geomorfología y Territorio. IX Reunión Nacional de Geomorfología*. SEG, Santiago de Compostela, 221-234.
- ❖ 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.
- ❖ Scoging, H. 1982. Spatial variations in infiltration, runoff and erosion on hillslopes in semi-arid Spain. In: *Badland Geomorphology and Piping*. GeoBooks, Norwich, 89-112.
- ❖ Sirvent, J., Benito, G., Desir, G., Gutiérrez, M. & Sancho, C. 1997. Erosion rates in badland areas recorded by collectors, erosion pins and profilometer techniques (Ebro basin, NE Spain). *Geomorphology* 18, 61-75.
- ❖ Smith, R.M. & Stamey, W.L. 1965. Determining the range of tolerable erosion. *Soil Erosion* 100, 414-424.
- ❖ Solé Benet, A. 2006. Spain. In: Boardman, J. & Poesen, J. (Eds.). *Soil Erosion in Europe*. John Wiley & Sons, London, 311-346.