

ESTUDIO DE LA EROSIÓN EN ZONAS DE INTERRILL, DEPRESIÓN DEL EBRO

G. DESIR, C. MARÍN

Geomorfología. Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias.
Pedro Cerbuna, 12. 50.009 Zaragoza. E-mail de contacto: gdesir@posta.unizar.es.

Abstract. Erosion processes analyses in interrill areas has been carried out by using two different techniques, Morgan Splash cup and topographic profilometer. The dominant processes in these areas are particle detachment by rainfall impact and sheetwash. Results show that, these techniques are useful to discriminate which is the dominant processes along a slope profile, but aren't valid to quantify erosion rates.

Key words: Interrill, Tazas Morgan, perfiladores microtopográficos.

Resumen. El análisis de los procesos de erosión en las áreas de interrill se ha intentado llevar a cabo mediante dos técnicas diferentes, Tazas Morgan y perfiles microtopográficos. En estas áreas los procesos dominantes son el arranque de partículas por el impacto de la lluvia y la arroyada superficial. Los resultados muestran como, si bien, mediante estas técnicas se puede inferir el peso específico de un proceso sobre otro en los diferentes sectores de una ladera, no son válidas para cuantificar las tasas de erosión.

Palabras clave: Interrill, Tazas Morgan, perfiladores microtopográficos.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la erosión en áreas de badlands tiende a concentrarse en las zonas de rill, debido tanto a la elevada intensidad de reguercización que presentan estas zonas como a su mayor variabilidad espacio-temporal, obviando en muchos casos los procesos que tienen lugar en las zonas de interrill donde los cambios morfológicos son menos notables. La erosión en los rills durante un mismo evento es varios órdenes de magnitud superior a la de las zonas de interrill.

El estudio de la erosión en zonas de interrill es de una gran complejidad debido a la interacción de los numerosos factores que

en el inciden. En las zonas de interrill los mecanismos de erosión dominantes son el impacto de las gotas de lluvia y la arroyada difusa. La disgregación del suelo por impacto de las gotas de lluvia es la primera y más importante fuente de producción de sedimentos en las laderas, estando esta controlada por la intensidad de la lluvia, las propiedades del suelo y la topografía (Morgan, 1981, Mermut *et al.*, 1997, Kinnell, 2005). La prevalencia de uno sobre otro condicionará el proceso de erosión dominante, *splash* o *escorrentía superficial* (Proffit y Rose, 1991). Como consecuencia de ello la producción de sedimentos estará limitada por el grado de disgregación y por la capacidad de

transporte (Meyer y Wischmeier, 1969, Salles y Poesen, 2000, Kinnell, 2005). Cuando la capacidad de transporte es limitada, la remoción está condicionada por la tasa de disgregación del material tratándose en este caso de erosión limitada por la disgregación, *erosion detached-limited*. Por el contrario, cuando el material disgregado es mayor al que puede ser transportado, la erosión está limitada por la capacidad de transporte, *erosion transport-limited*. Parsons *et al.* (1991) señalan que la erosión no está simplemente limitada por la tasa de disgregación por el impacto de las gotas de lluvia, sino por la tasa de disgregación de un tamaño crítico el cual es capaz de transportar la escorrentía. En las áreas de interrill la capacidad erosiva de la escorrentía es pequeña, al tratarse de arroyadas en manto de escasa profundidad y entidad. Los sedimentos movilizados por arroyada difusa en la zona de interrill son mayoritariamente generados por el *splash* (Young y Wiersma, 1973). Gilley *et al.*, (1985) señalan asimismo que el *splash* está controlado por la profundidad del flujo de la escorrentía, y por tanto, sugieren que el splash disminuye en las zonas bajas como consecuencia del aumento de la lámina de agua. El transporte selectivo por la arroyada difusa de las partículas movilizadas por splash, indica que en las áreas de interrill la tasa de disgregación es mayor que la tasa de erosión.

El objeto del trabajo es intentar establecer una metodología para el análisis y la comprensión de los mecanismos y procesos de erosión que actúan en las áreas de interrill.

El principal objetivo del presente trabajo consiste en determinar cuantitativamente la actividad de los procesos de erosión en áreas de interrill desarrollados sobre diferentes zonas acarcavadas de la Depresión del Ebro sobre litologías arcillosas y yesíferas, así como el estudio de las variaciones micromorfológicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La Depresión del Ebro es una cuenca de sedimentación rellena de materiales terciarios, fundamentalmente de origen continental, resultantes de la denudación de las cordilleras circundantes y depositados en sistemas de abanicos aluviales y de lagos de tipo efímero en sus partes distales. Las litologías resultantes de los abanicos aluviales son de carácter molásico (conglomerados, areniscas y arcillas) y los depósitos lacustres están representados por facies evaporíticas fundamentalmente yesíferas y carbonatadas.

Las precipitaciones son escasas y están comprendidas entre 300 y 600 mm. Presentan una gran irregularidad anual (máximos en primavera y otoño) e interanual. En el centro de la Depresión del Ebro las temperaturas medias anuales oscilan en torno a los 15 °C. La evapotranspiración potencial anual es de 800-900 mm. Estas cifras suponen un gran déficit hídrico para toda la Depresión, alcanzando valores máximos de 500 mm en la parte central.

La metodología que se adoptó para estudiar los procesos erosión en áreas de interrill fueron por un lado, las tazas de Morgan (Morgan, 1978) y por otro, el perfilador microtopográfico (Sancho *et al.*, 1991, Gutiérrez *et al.*, 1995).

El método empleado fueron las tazas de Morgan (Morgan, 1978). El principio básico consiste en la medición de la pérdida de suelo sobre una superficie conocida lo suficientemente pequeña para inhibir la generación de la escorrentía, donde el proceso dominante es la salpicadura (Morgan, 1978).

La Taza de Morgan (Figura 1), consiste en un cilindro de 10 cm de diámetro, que es enterrado hasta su extremo superior enrasando con la superficie del terreno. Alrededor se coloca una plataforma circular de 30 cm de diámetro con un orificio central donde encaja el cilindro. Está separada por una pared de 10 cm, que divide la taza en



FIGURA 1: Detalle de Taza Morgan con malla alrededor.

dos mitades iguales, que se coloca perpendicular a la línea de máxima pendiente. Dado que el ángulo medio de eyección de las partículas dispersadas es de 13° (Morgan, 1978, De Ploey y Savat, 1968), la configuración de la taza permite recoger tanto las partículas proyectadas a distancias menores que el radio de la cubeta, como las proyectadas a distancias mayores con ángulos inferiores a 20° . El transporte se expresa en gr/cm^2 por unidad de tiempo. El *splash* es función de la pendiente (Mosley, 1973). Por ello se instalaron en diferentes condiciones de pendiente y exposición (Figura 2). Para contabilizar el material movilizado tanto hacia la zona superior como inferior de la ladera, se han instalado unas fundas de papel de filtro en el interior de las dos partes en que se divide la cubeta (Figura 1). Estas son pesadas y numeradas en el laboratorio previamente a su instalación en campo, de modo, que transcurrido un evento se recogen y una vez secas se pesan en el laboratorio. El peso del suelo de la cubeta ladera abajo menos el peso correspondiente al de ladera arriba nos

da el transporte neto por *splash* ladera abajo y la suma de los pesos proporciona el arranque por *splash*.

Como ya se ha indicado el proceso actuante en las áreas de interrill es la arroyada difusa o en manto. Para evaluar la acción de la arroyada se han instalado transectos longitudinales con perfiles microtopográficos (Haigh, 1978, Crouch, 1987, Benito *et al.*, 1991, 1992, Sirvent *et al.*, 1997, Gutiérrez *et al.*, 1995). El perfilador y la metodología utilizada ha sido ampliamente descritos por Sancho *et al.*, 1991. Los valores obtenidos de rebajamiento se transforman en tasas de erosión mediante la densidad del suelo (Sancho *et al.*, 1991, Gutiérrez *et al.*, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar la validez del método de las tazas Morgan para estudiar la erosión en áreas de interrill se seleccionó un evento de escasa magnitud, con una precipitación inferior a 10 mm y con una intensidad máxima de 6 mm/h



FIGURA 2: Parcela Experimental de Bardenas Reales con las Tazas Morgan dispuestas siguiendo diferentes inclinaciones y exposiciones.

(Tabla 1). Los resultados nos muestran que las tasas de erosión obtenidas son muy elevadas. Ello es debido en primer lugar al efecto de la escala Lal y Elliot, (1994), y en segundo lugar, a los errores propios del método, principalmente debidos al pesaje.

Además de los problemas anteriormente citados se ha valorado esta técnica teniendo en cuenta sus principales venta-

jas e inconvenientes. Las ventajas que presenta es que la escorrentía no puede entrar en la cubeta y debido a su menor altura no interfiere con el viento. Los inconvenientes es que la superficie de muestreo es pequeña, 0,015 m², y su instalación altera mucho el terreno, debiendo ser enrasada con regularidad. Otra desventaja es la entrada de material dispersado en la taza

TABLA 1: Datos registrados durante un evento menor en las Tazas Morgan.

Taza Nº	Sección	Sedimento (g)	Sedimento Total	Sedimento g/m ²
1	Superior	0,35	0,76	96,77
	Inferior	0,41		
2	Superior	0,47	1,06	134,96
	Inferior	0,59		
3	Superior	0,4	0,81	103,13
	Inferior	0,41		
4	Superior	1,34	2,37	301,76
	Inferior	1,03		
5	Superior	0,78	1,68	213,91
	Inferior	0,9		



Perfil LNB10

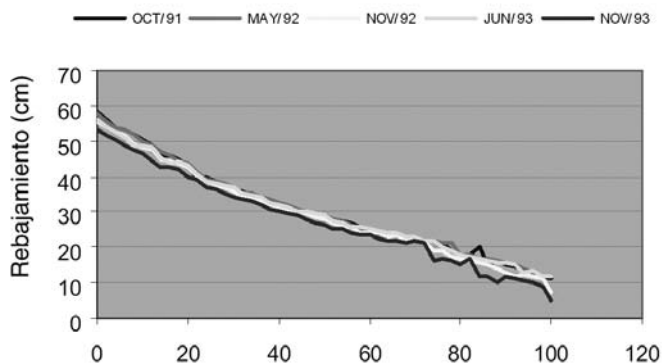


FIGURA 3: A) Medición de un Perfil transversal en la Estación Experimental del Lanaja. B) Evolución temporal de ese mismo perfil desde octubre de 1991 a Noviembre de 1993.

procedente de las zonas adyacentes, así como la entrada de agua en la misma. Para subsanar este error, se ha colocado una malla plástica de mosquetero de 1 m de radio en torno a la taza Morgan con el fin de inhibir el *splash* en torno a la misma (Gutiérrez *et al.*, 1995). La acumulación de agua se evita mediante el drenaje por medio de varios agujeros situados en la base y en los bordes. Otro de los inconvenientes que presentan las tazas de Morgan en zonas donde el grado de cohesión del suelo es bajo, es la interacción del viento como agente transportados de partículas.

En concreto, en los suelos yesíferos de la Depresión del Ebro, donde las rachas de viento pueden llegar a ser muy fuertes, de hasta 100 km/h, se desechó esta técnica debido a que el volumen de material transportado por el viento y depositado en las tazas era mayor que el generado por el *splash* (Desir, 2001) (Figura 4).

La erosión por *splash* es la principal fuente de material para la movilización y exportación de sedimentos y da como resultado cambios en la superficie y en las características hidrológicas muy importantes (Scoging, 1989). La afirmación que en las



FIGURA 4: Detalle de Taza Morgan, el material depositado en el interior es precedente de la deflación eólica.

zonas de interrill la erosión está controlada por la tasa de disgregación puede dar lugar a la sobrestimación de las tasa de erosión como ya se ha señalado. Debe tenerse en cuenta que la erosión es función de la tasa de disgregación y de la variabilidad espacial de la profundidad y velocidad de la escorrentía superficial (Parsons y Abrahams, 1993). Siendo esta variabilidad la causante de la disparidad entre las tasas de erosión y las tasas de material disgregado por splash.

Por otro lado, mediante el perfilador microtopográfico se ha analizado la variabilidad morfológica de transectos longitudinales de ladera. Mediante este método podemos conocer la importancia de ambos procesos, splash y escorrentía, en la evolución de las laderas. La evolución de los perfiles, indica un rebajamiento más o menos uniforme en todo el transecto siendo el rebajamiento mínimo en la parte superior y máximo en zonas próximas a la base. De esta evolución podemos inferir que en las zonas de interrill la erosión en las laderas da como resultado un retroceso de las mismas. Emmett (1978) en Wyoming señala una tendencia

uniforme en la degradación de las laderas por erosión laminar. Tal y como se desprende de los resultados obtenidos de los perfiles microtopográficos se observa una tendencia hacia un mayor rebajamiento en las partes inferiores (Figura 3). Ello puede explicarse porque la escorrentía se concentra en las partes inferiores de las laderas dando lugar a un incremento del transporte frente al *splash* (Parsons y Abrahams, 1993) y a una mayor erosión. Por el contrario, el *splash* es dominante en las zonas próximas a las divisorias en las partes altas de las laderas donde la escorrentía todavía no ha llegado a generarse, y donde la evolución de los perfiles es mínima, produciéndose un rebajamiento uniforme a lo largo de todo el registro (Figura 3).

El perfilador topográfico no es un método válido para obtener tasas de erosión, pues son aunque menores que las obtenidas con las Tazas Morgan, dan valores muy superiores a los obtenidos en el mismo área mediante métodos dinámicos, fundamentalmente debido al error intrínseco del método de 130 t/ha.año (Marín y Desir, 2003).

CONCLUSIONES

El principal hecho destacable es que las Tazas de Morgan no sirven para establecer tasas de erosión y cuantificar el material neto exportado. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los resultados obtenidos son indicadores de la cantidad de material movilizado por evento y, expresan la relación existente entre la erosividad y la erodibilidad.

El perfilador microtopográfico tampoco se descubre como un buen método para establecer tasas de erosión, sin embargo, se trata de una buena herramienta para conocer la evolución de las laderas pues nos indican cuales son los procesos actuantes en cada una de las partes de la ladera.

En conclusión se puede resaltar el hecho que las metodologías empleadas solo permiten inferir el volumen de material movilizado por unidad de superficie. Por otro lado, los resultados muestran como el material disgregado por unidad de superficie es muy elevado y como la erosión en estas áreas está controlada por la capacidad de transporte. La distribución de los procesos de erosión a lo largo del perfil de la ladera muestra como la erosión es mayor en la parte basal donde el proceso dominante es la arroyada y en la zona donde domina la erosión por *splash*, la erosión se concentra en las partes superiores.

Mediante las técnicas empleadas solo se puede inferir el volumen de material movilizado y determinar que la erosión está principalmente controlada por la capacidad de transporte, pues el material disgregado por unidad de superficie es muy grande.

REFERENCIAS

- Abrahams, A.D., Parsons, A.J. y Luk, S-H. (1986): Field measurement of the velocity of overland flow using dye tracing. *Earth Surface Processes and Landforms*, 11, 653-657.
- Anderson, M.G. & Burt, T.P. (1990): Chapter 1. Process studies in hillslope hydrology: An overview. En: Anderson, M.G. & Burt, T.P.(Eds.) *Process Studies in Hillslope Hydrology*. Wiley. Chichester. 1-8.
- Benito, G., Gutiérrez, G. y Sancho, C. (1991): Erosion patterns in rill and interrill area in badland zones of the middle Ebro Basin (NE-Spain). En: Sala, M., Rubio, J.L. y García Ruiz, J.M. *Soil Erosion Studies in Spain*. Geoforma Ediciones, 41-54. Logroño.
- _____, Gutiérrez, G. y Sancho, C. (1992): Erosion rates in badlands areas of the central Ebro Basin (NE-Spain). *Catena*, 19, 269-286.
- Crouch, R.J. (1987): The relationship of gully sidewall shape to sediment production. *Australian Journal of Soil Research*, 25, 531-539.
- Desir, G. (2001): Erosión hídrica de terrenos yesíferos en el sector central de la Depresión del Ebro. Consejo Superior de Protección de la Naturaleza. Serie Investigación, 15, 326 pp.
- De Ploey, J. y Savat, J., (1968): Contribution a l'étude de l'érosion par le splash. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 12, 174-193.
- Ellison, W.D. (1944): Studies of raindrop erosion. *Agricultural Engineering*, 25, 131-136, 181-2.
- Emmet, W.W. (1978): Overland flow. En: Kirkby, M.J. (Ed.). *Hillslope Hydrology*. Wiley. Chichester. 145-176.
- Gilley, J.E., Woolhiser, D.A. y McWhorter, D.B. (1985a): Interrill soil erosion. Part I. Development of model equations. *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers*, 28, 147-153.
- Gutiérrez, M, Sancho, C., Desir, G., Sirvent, J., Benito, G. y Calvo, C. (1995): Erosión Hídrica en Terrenos Arcillosos y Yesíferos de la Depresión del Ebro. Ministerio de Agricultura, Pesca y ali-

- mentación. Universidad de Zaragoza, 389 pp. Zaragoza.
- Haigh, M.J. (1978): The use of erosion pins in the study of slope evolution. British Geomorphological Research Group. *Technical Bulletin*, 18, 31-49.
- Kinnell, P.I.A. (2005): Raindrop-impact-induced erosion processes and prediction, a review. *Hydrological Processes* 19, 2815-2844.
- Lal, R. y Elliot, W. (1994): Erodibility and erosivity. En: Lal, R. (Ed.) *Soil Erosion Research Method*, St. Lucy Press. Florida. 181-208.
- Marín, C. y Desir, G. (2003): Comparación entre distintas técnicas para la determinación de la pérdida de suelo. Bárdenas Reales (Navarra). En: Bienes, R. y Marques, M.J. (Eds.) *Control de la Erosión y Degradación del Suelo. I Simposio sobre control de la erosión y degradación del suelo*. Madrid. 455-458.
- Mermut, A.R. , Luk, S.H. , Roemkenes, M.J. y Poesen, J. (1997): Soil loss by splash and wash during rainfall from two loess soils. *Geoderma* 75, 203-214.
- Meyer, L.D. y Wischmeier, W.H. (1969): Mathematical simulation simulation of the process of soil erosion by water. *Trans. ASAE*, 12, 754-758.
- Morgan, R.P.C. (1978): Field studies of rainsplash erosion. *Earth Surface Processes*, 3, 295-299.
- _____ (1981): Field measurements of splash erosion. Erosion and Sediment Transport Measurement. Proceedings of the Florence Symposium. *IAHS Publications*, 133, 373-382.
- Mosley, M. (1973): Rainsplash and the convexity of badland divide. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband*, 18, 10-25.
- Parsons, J. y Abrahams, D. (1993): Field investigations of sediment removal in interrill overland flow. En: Parsons, J. y Abrahams, D. (Eds.) *Overland flow, hydraulics and erosion methods*. Chapman. New York. 307-334.
- Proffitt, A.P y Rose, C.W. (1991): Soil erosion processes: I. The relative importance of rainfall detachment and runoff entrainment. *Australian Journal of Soil Research*, 29, 671-683.
- Salles, C. y Poesen, J. (2000): Rain properties controlling soil splash detachment. *Hydrological Processes* 14, 271-282.
- Sancho, C., Benito, G. y Gutiérrez, M. (1991): Aguja de Erosión y Perfiladores Microtopográficos. Cuadernos Técnicos de la Sociedad Española de Geomorfología, nº2. Geoforma Ediciones. 28 pp. Logroño.
- Scoging, H. (1989): Runoff generation and sediment mobilisation by water. En: Thomas, D.S.G. *Arid Zone Geomorphology*, Belhaven Press, 87-116. London.
- Sirvent, J., Desir, G., Gutiérrez, M., Sancho, C. y Benito, G. (1997): Erosion rates in badland areas recorded by collectors, erosion pins and profilometer techniques (Ebro Basin, NE-Spain). *Geomorphology*, 18, 61-75.
- Young, R.A. y Wiersma, J.L. (1973): The role of rainfall impact in soil detachment and transport. *Water Resources Research*, 9, 1629-1636.