

Erosión actual y potencial en el Paisaje Protegido de El Rebollar (Sierra de Gata – Salamanca)

Present and potential erosion at Protected Landscape “El Rebollar” (Sierra de Gata – Salamanca)

J.M. Sanz¹, I. De Bustamante¹, J.L. Goy², A.M. Graña², I. Barrera³, F.M. González-Hernández² y J. Forteza⁴

1 Dpto. Geología, E. Ciencias, Campus Universitario, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares. Madrid. Juana.sanz@uah.es, Irene.bustamante@uah.es

2 Dpto. Geología, F. Ciencias, Universidad de Salamanca, Pza. de la Merced s/n., 37008 Salamanca. joselgoy@usal.es, amgranna@usal.es

3 Dpto. Biología vegetal, F. ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28004 Madrid. genistaucmax@sim.ucm.es

4 Instituto de Recursos Naturales, IRNA, CSIC, Salamanca.

Resumen: Este estudio permitirá conocer la importancia de los procesos erosivos actuales y potenciales en estudios del medio físico, en zonas protegidas, lo que ayudará a tomar decisiones más adecuadas en la ordenación del territorio, y a establecer medidas de protección, con el fin de evitar la pérdida de suelo. Entre los muchos métodos para estudiar la erosión, se ha elegido el método USLE (Universal Soil Loss Equation) por erosión laminar y en regueros, al no requerir un gran volumen de datos de entrada y por haber sido aplicado a numerosos estudios ofreciendo buenos resultados, sin olvidar sus limitaciones y adaptándolo a la zona. Mediante el uso del SIG se han generado cartografías para cada uno de los parámetros de la USLE, a partir de las cuales se ha obtenido la erosión potencial y actual. Los resultados muestran que los valores potenciales de pérdida de suelo son débiles en la mayor parte, coincidiendo con los dominios geomorfológicos de pedimento y colinas y lomas. Las zonas más erosionables (erosión actual) coinciden con las de mayor altitud, en laderas con escasa vegetación en la vertiente norte de la Sierra de Francia, este de Martiago y en el escarpe e incisiones fluviales; atenuándose sensiblemente en la vertiente norte de la Sierra de Gata.

Palabras clave: Erosión, USLE, cartografía temática, SIG, Salamanca.

Abstract: This study will allow knowing the importance of present and potential erosive processes that will help to make adequate decisions in protected areas, and to establish protection measures if it would be necessary in order to avoid soil losses. Among all available methods to study soil erosion, the USLE (Universal Soil Loss Equation) one was chosen, because it is not necessary a huge volume of input data and it has been applied in several studies offering good results (it is important to know its limitations and to adapt it to the study area). Cartographies for each of the parameters in USLE equation were generated with the use of G.I.S, from which was calculated potential and present erosion. Results show that potential values of soil losses are low in the most of the area, coinciding with geomorphologic domains of pediment and hills. The areas more subject to erosion (present erosion) correspond to the ones with higher altitude, in slopes with limited vegetation in the north slope of Sierra de Francia, east of Martiago and in the fall scarp and fluvial incisions; decreasing considerably in the north slope of Sierra de Gata.

Key words: Erosion, USLE, Thematic cartography, GIS, Salamanca.

INTRODUCCIÓN

El Paisaje Protegido de El Rebollar (definido así por la Ley 8/1991, de espacios naturales de la Comunidad de Castilla y León) está situado geográficamente al SO de la provincia de Salamanca, en la vertiente septentrional de la Sierra de Gata, con una superficie de 50.040 ha (Fig. 1). Comprende parte de las hojas topográficas de Fuenteguinaldo (550), Martiago (551) y Gata (573) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Hidrológicamente, toda la zona pertenece a la cuenca del río Águeda (Cuenca del Duero).



FIGURA 1. Situación geográfica de la zona de estudio.

Geológicamente todo el sector Sur de la provincia de Salamanca pertenece al Macizo Ibérico, el cual constituye un extenso afloramiento de la Cadena Hercínica Europea que ocupa todo el occidente peninsular.

Desde el punto de vista geomorfológico, en todo el sector occidental peninsular se puedan diferenciar tres grandes unidades morfoestructurales que conforman, a grandes rasgos, el relieve característico: las sierras, el pedimento (o penillanura) y las cuencas terciarias.

METODOLOGÍA

Para el cálculo de la erosión se ha aplicado el método USLE que tiene como expresión la fórmula: $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$ (siendo: A la Pérdida de suelo en Tm/ha/año, R el índice de erosión pluvial en j-cm/hora·m², K el índice de erodibilidad del suelo en t·m²·hora/ha·J-cm, L el factor de longitud de pendiente en metros, S el factor de inclinación de la pendiente en %, C el factor de ordenación de vegetación y cultivos, adimensional y P el factor de control de la erosión mediante prácticas de cultivo, adimensional).

Para estimar cada uno de los factores que intervienen en la ecuación, se han seguido los pasos indicados en la Figura 2, generándose una cartografía independiente para cada variable.

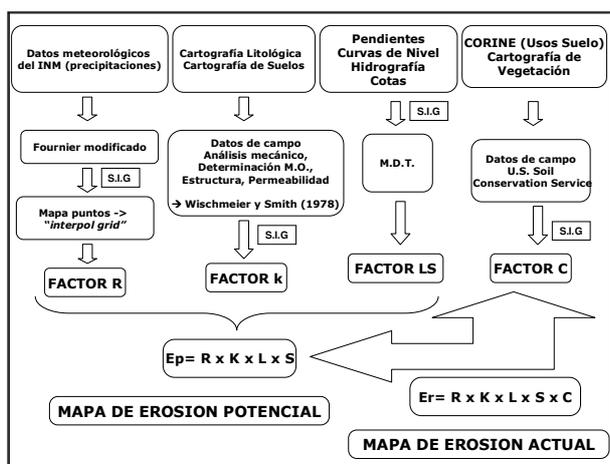


FIGURA 2. Esquema metodológico seguido para el cálculo de la erosión potencial y actual.

El índice de erosión pluvial refleja la erosividad generada por las precipitaciones en una zona determinada. Para calcularlo se siguió el índice de agresividad climática de Fournier modificado -Fm- (ya que en estudios anteriores en la zona se comprobó que era el más adecuado, Graña *et al.*, 2003, 2004a) a partir de los datos del INM de 20 estaciones meteorológicas situadas en el área de estudio y en zonas aledañas. Se calculó la precipitación media mensual y la precipitación anual y con esos valores se obtuvo Fm para cada una de las estaciones meteorológicas. A partir de estos datos se realizó una interpolación en el SIG Arcview 3.2., usando el interpolador *Spline*.

El factor K es la erodibilidad del suelo, es decir, “la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la erosión, a través de la infiltración, permeabilidad, capacidad de retención de agua, resistencia a la dispersión, aplastamiento, abrasión y a las fuerzas de transporte” (Aguiló *et al.*, 2000). Este parámetro se ha obtenido utilizando la ecuación: $100K = 10^{-4} \cdot 2,71M^{1,14} \cdot (12-a) + 4,20(b-2) + 3,23(c-3)$ en base a las muestras de los primeros centímetros del suelo en 22 calicatas, a las que se les realizó los análisis mecánicos y la determinación de materia orgánica en laboratorio, y se estimaron los valores de la estructura (según la codificación del U.S.D.A-Soil Survey Manual) y permeabilidad (Bienes *et al.*, 2001). Para obtener la cartografía del parámetro K se partió del mapa de suelos de El Rebollar a E: 1.50.000, asignando a cada una de sus unidades el valor de K obtenido.

El factor LS o topográfico, formado por la combinación de la pendiente y declive, determina el grado de erosionabilidad de los suelos. Para su cálculo se han usado las ecuaciones de Moore *et al.*, 1993 (en Van der Knijff *et al.*, 2000) $(L = 1.4(As/22.13)^{0.4}, S = (SenB/0.0896)^{1.3}$, siendo B el ángulo de la pendiente para cada punto en grados y As la superficie de contribución específica, que en este estudio corresponde con 10m, que es la unidad mínima de longitud del declive de escorrentía. Se utilizaron como cartografía base los mapas topográficos, los puntos de cota y la red hidrográfica de las hojas 550, 551 y 573 a E: 1:50.000, generándose en el SIG un Modelo de Elevación Digital (DEM) a partir del cual se calculó el factor LS.

El Factor C o factor de cultivo y vegetación refleja la relación entre la pérdida de suelo en un terreno vegetado y la pérdida correspondiente del suelo en barbecho continuo. Para llevar a cabo esta comparación se supone que las condiciones de suelo, pendiente y pluviometría son semejantes. Para obtener el factor C, se partió del mapa de vegetación de la zona a la misma escala y se asignó a cada una de sus unidades un valor, que fue tomado en campo y tabulado según las tablas que tiene la U.S. Soil Conservation Service y que son aplicables a España.

El factor P se refiere a las prácticas de conservación realizadas en la zona, incluyendo las prácticas de cultivo, de corrección y aquellas dirigidas a frenar la erosión hídrica. En la zona de estudio no se ha tenido en cuenta por su limitada extensión las prácticas de conservación, por lo que el valor asignado al Factor P se ha considerado igual a 1.

La erosión potencial refleja la susceptibilidad de una zona a erosionarse, y para estimarla es necesario realizar un estudio de diversos factores que condicionan los procesos de erosión, entre estos factores se encuentran la pendiente, las precipitaciones, la permeabilidad, etc. A partir del estudio y análisis de estas variables se pueden realizar una serie de cartografías básicas que, multiplicadas entre si, nos

permiten estimar el riesgo de erosión potencial ($R \times K \times LS$).

La erosión actual es la pérdida de suelo en un momento real, para estimarlo es preciso conocer factores protectores del suelo existentes en la actualidad, como la cobertura vegetal, usos del suelo y prácticas de conservación ($C \times P$).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A partir de las cartografías de los diferentes parámetros de la USLE se pudo observar que para el factor R los resultados, ordenados de $<F_m$ a $>F_m$, indican una distribución espacial influida por la orografía y la morfología de la zona, ya que los valores mayores de agresividad pluvial se dan en la Sierra de Gata coincidiendo con las cotas más altas, y van descendiendo gradualmente según nos dirigimos hacia el N y hacia el NE a cotas más bajas.

El factor K refleja valores que oscilan entre 0,05 y 0,50. La mayor erodibilidad (entre 0,40 y 0,50) corresponde con suelos donde prácticamente toda la muestra está formada por la fracción "limo + arena muy fina" y con muy poca materia orgánica (Fig. 3), en concreto Litosoles y Regosoles en el dominio de incisiones fluviales y laderas de la sierra con valores entre 0,41–0,50, seguidos (con valores entre 0,31–0,40) de los Cambisoles déstricos en las colinas y lomas del área arcósica, Cambisoles eútricos en el pedimento degradado sobre pizarras y Leptosoles líticos en cumbres y cuerdas. Los valores intermedios (0,11–0,30) son los predominantes y se dan en el dominio geomorfológico de las laderas y toda la zona O de El Rebollar sobre el pedimento. La menor erodibilidad del suelo ($<0,10$) corresponde con pequeñas unidades de Fluvisoles déstricos en colinas y lomas de la sierra de Gata y al O de Fuenteguinaldo; con Regosoles úmbricos en la sierra de Gata y en las laderas del borde S de Martiago.

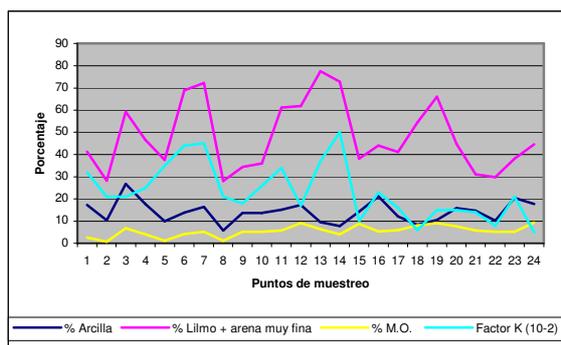


FIGURA 3. Relación entre los parámetros del factor de erodibilidad.

El grado de erosionabilidad (factor LS) en prácticamente toda la zona de estudio es bajo, coincidiendo con los dominios geomorfológicos de colinas y lomas y pedimento. La zona del escarpe de falla, de laderas y de cumbres y cuerdas son zonas de erosionabilidad también baja pero algo mayor que en los dominios anteriores. Los valores más altos se localizan en las incisiones fluviales.

Los valores obtenidos para el factor de vegetación y cultivos oscilan entre 0,003 para las unidades de mayor protección frente a la erosión y 0,24 para los de menor protección. Se observa que la mayor parte de las unidades tienen un valor de erosión bajo igual a 0,003 coincidente con las masas arbóreas (robledales, encinares, castañares y pinares de *Pinus sylvestris*) tanto en estado adulto como arbustivo, pastizales, dehesas, escobonales, helechares, castañares y zonas aclaradas. Los brezales de *Erica australis* también presentan un valor bajo de erosión igual a 0,007. Los valores intermedios (0,011–0,040) corresponden a cultivos y barbechos, escobonales en roquedos, saucedas, pinares de *Pinus pinaster* y mosaicos con *Pinus pinaster* en la unidad cartografiada. Valores más elevados corresponden a matorral dominado por *Echinopartum ibericum*, jaral de *Cistus ladanifer*, jaral-escobonal y a los mosaicos formados por estas unidades. Los jarales-brezales con valor 0,24, son los que ofrecen menor protección frente a la erosión.

La **erosión potencial**, como se ha indicado anteriormente se ha calculado a partir de la multiplicación de la cartografía de erosividad pluvial, factor topográfico e índice de erodibilidad.

Para apreciar los resultados del "Mapa de erosión potencial" de una forma más clara se hizo una reclasificación en 4 intervalos (Fig. 4). Las zonas más erosionables coinciden con las áreas al SO y E de la sierra de Gata en las zonas de mayor altitud donde hay bloques, cantos, arenas y arcillas en las cumbres y cuerdas, en laderas y en laderas coluvionadas fundamentalmente. Igualmente es importante en la vertiente N de la Sierra de Francia. También en la zona del escarpe tectónico y de la incisión fluvial que presenta el río Águeda al comienzo de su encajamiento en la zona de pizarras. El predominio es para las zonas de menor erosión (<10) coincidiendo con las zonas de pedimento y con las colinas y lomas del área arcósica en la cuenca de Ciudad Rodrigo. Áreas de erosión baja pero algo mayor (10–50) son las zonas al N del escarpe tectónico y la zona E de la incisión fluvial, sí como todas las laderas al E de Martiago.

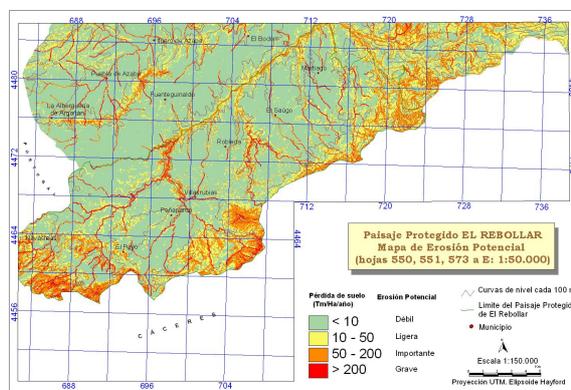


FIGURA 4. Mapa de riesgo de Erosión Potencial del suelo en El Rebollar.

Si la comparamos con los Espacios Naturales Protegidos próximos: Batuecas, Sierra de Francia y

Quilamas (Graña *et al.*, 2003) y de Candelario-Gredos (Graña *et al.*, 2004b, 2007) se aprecia que los valores potenciales de pérdida de suelo en El Rebollar son significativamente inferiores a los otros dos nombrados, sobretodo debido al factor LS sensiblemente menor.

La **erosión actual**, calculada añadiendo al mapa de erosión potencial el factor de vegetación y cultivos, refleja valores muy bajos, casi nulos en prácticamente toda la zona de estudio. Los valores más altos coinciden, al igual que en el mapa de erosión potencial, con la zona al SO de la sierra de Gata en las zonas de

mayor altitud aunque sensiblemente inferior (erosión ligera predominante), y en la zona E de Martiago coincidiendo con las laderas de la vertiente N de la Sierra de Francia y con sus cumbres y cuerdas. Las otras áreas con erosión actual importante son las incisiones fluviales del río Águeda y sus afluentes y el escarpe tectónico al NO de Fuenteguinaldo (Fig. 5). La diferencia de menor erosión con los E.N.P. vecinos (Batuecas, Candelario) se debe a que en El Rebollar existe una mayor cobertera vegetal y un mejor grado de conservación, motivo de su protección como Espacio Natural Protegido.

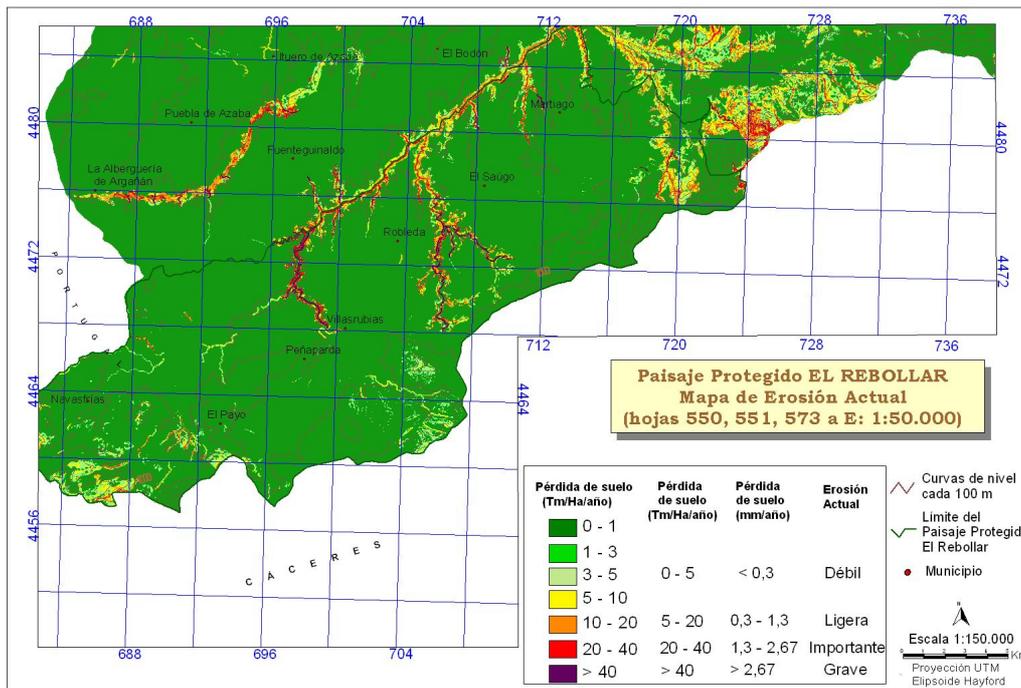


FIGURA 5. Mapa de riesgo de Erosión Actual del suelo en El Rebollar.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos CGL2007-65712-C03-01, CGL2005-04655/BTE y JCyL.

REFERENCIAS

- Aguiló, M., Aramburu M.P., Blanco, A., Calatayud, T., Carrasco, R.M., Castilla, G., Castillo, V., Ceñal, M.A., Cifuentes, P., Díaz, M. y Díaz, A. (2000): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología*. Serie monografías, Secretaría General de Medio Ambiente, Mº de Medio Ambiente, 809 p.
- Bienes, R., Domínguez, M.A. y Pérez, R. (2001): *Mapa de degradación de los suelos de la Comunidad de Madrid*. Consejería de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid, 121 p.
- Graña, A., Goy, J.L., Forteza, J., Zazo, C., Barrera, I. y González-Hernández, F.M. (2003): Riesgo de pérdida de suelo en los espacios naturales de Batuecas - S. Francia y Quilamas (Salamanca, España). Aplicación cartográfica mediante SIG. En: *Control de la erosión y degradación del suelo* (R. Bienes y M.J. Marqués, Eds.). Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria. Forum Calidad. Madrid, 593-596.

- Graña, A.M., Goy, J.L., Mateos, J., Zazo, C., Sanz, J., Cruz, R. y Forteza, J. (2004a): Evaluación mediante SIG de la agresividad pluvial en los Espacios Naturales Protegidos de sur de Salamanca: Rebollar, Batuecas - S. de Francia y Candelario-Gredos. En: *I Congreso Ibérico de ciencias do Solo*. Programas e resúmenes, 164.
- Graña, A., Goy, J.L., Cruz, R., Forteza, J., Zazo, C. y Barrera, I. (2004b): Cartografía del riesgo de erosión hídrica mediante SIG en los Espacios Naturales de Candelario-Gredos (Salamanca-Ávila). En: *I Congreso Ibérico de Ciencias do Solo*. Programa e resúmenes, 177.
- Martínez-Graña, A., Goy, J.L. y Zazo, C. (2007): Analysis of water erosion using GIS and remote sensing for the management of protected natural environments in the south of the province of Salamanca (Spain). En: *IV International Symposium on Gully Erosion* (J. Casal y R. Jiménez, Eds.). U. Pública de Navarra, 84-85.
- Van der Knijff, J.M. Jones, R.J.A. y Montanarella, L. (2000): *Estimation du risque d'erosión en Italia*. European Soil Bureau, European Commission Directorate General JRC - Joint Research Centre, Space Applications Institute. EUR19022FR. Comunidades Europeas. Italia. 45 p.