

EROSIÓN ACTUAL Y POTENCIAL EN SUELOS ÁCIDOS DEL SUR DE ESPAÑA

Present and Potential Erosion in Acid Soils in the South Spain

Beatriz Lozano-García^{1‡} y Luis Parras-Alcántara¹

RESUMEN

En este trabajo se determinaron los valores de erosión actual y potencial de los suelos del Parque Natural Sierras de Cardeña y Montoro y el peso de cada uno de los factores potenciales en el cálculo de la erosión potencial total. Los objetivos fueron conocer la situación actual de esta área natural frente a un problema tan común en áreas mediterráneas como es la erosión y saber en que grado se agrava la erosión al variar las condiciones actuales (y por tanto los factores erosivos: erosionabilidad del suelo, cubierta vegetal y prácticas de conservación de forma individual o conjunta). Se comprobó que el área de estudio no presenta tasas actuales de pérdida de suelo elevadas, el 93.2% de la superficie tiene una pérdida de suelo inferior a 25 Mg ha⁻¹, mientras que en el caso de una situación potencial, la pérdida de suelo sí sería importante ya que el 60.3% de la superficie sufriría una erosión mayor de 25 Mg ha⁻¹. De los tres factores potenciales estudiados, la cubierta vegetal constituye el factor potencial más sensible, convirtiéndose en el elemento que más peso aporta en el total. Todos los datos se modelaron con una aplicación informática (SIG) permitiendo al gestor actualizar los datos en tiempo real a la hora de realizar actuaciones en el área de estudio.

Palabras clave: erodibilidad, erosión hídrica, *RUSLE*, *USLE*.

SUMMARY

This study determined the values of present and potential water erosion of soils in the Natural Park of Cardeña and Montoro, as well as the weight of each

one of the potential factors in the calculation of total potential erosion. The aims were to determine the current situation in this natural area relative to the problem of erosion, so common in Mediterranean areas, and to observe how erosion changes when conditions (and, hence, erosion factors: soil susceptibility to erosion, soil vegetation, and soil conservation practices, individually or combined) change. It was verified that present rates of soil loss in the zone are not high: 93.2% of this natural park has erosion levels of less than 25 Mg ha⁻¹. In the case of an unfavorable potential situation, however, soil losses would be important: 60.3% of this area would have erosion level higher than 25 Mg ha⁻¹. Potential plant cover, of the three potential factors, is the factor that contributes most to the total. All the data were treated by SIG allowing the manager to update the data in real time when performing in the study area.

Index words: erodibility, water erosion, *RUSLE*, *USLE*.

INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica es un problema fundamental en los suelos del Sur de España (áreas mediterráneas). No obstante, los primeros datos serios no fueron ofrecidos hasta la década de los ochenta (ICONA, 1980), los cuales mostraron algo ya conocido por todos, la gran importancia de la erosión en las provincias orientales de España. Almería y Granada superaban 50% de la superficie con grave erosión, mientras Jaén y Málaga sobrepasaban el 45%. Algo no tan conocido era el hecho de que la provincia de Córdoba presentara en un 40% de su superficie una grave erosión (Cuadro 1). Las cifras permitían, igualmente, vislumbrar un hecho de gran trascendencia para nuestro estudio, las provincias de Jaén, Córdoba y Sevilla, ejes principales del Valle del Guadalquivir y sustentadoras de los mejores suelos de la región, sufren procesos de degradación que las hace equiparables a las provincias más típicas respecto a la erosión (Moreira, 1991).

¹ Dpto. Química Agrícola y Edafología. Edificio Marie Curie, 3ª planta, Campus Rabanales.14071 Córdoba, España.

[‡] Autor responsable (beatriz.lozano@uco.es)

Cuadro 1. Niveles de erosión apreciados en Andalucía, España.

Provincia	Superficie ha	Niveles (%)			
		Inapreciable < 5	Leve 5.1 – 25	Moderada 25.1 – 50	Grave > 50.1
		----- Mg ha ⁻¹ año ⁻¹ -----			
Almería	877 400	18.5	1.0	8.3	72.2
Granada	1 257 100	29.6	3.3	15.7	51.4
Jaén	1 349 800	30.6	8.0	15.1	46.3
Málaga	727 000	32.8	2.0	20.0	45.2
Cádiz	738 500	34.2	21.4	23.4	21.0
Córdoba	1 371 800	36	6.3	17.0	40.7
Huelva	1 008 500	55.6	3.6	11.0	29.8
Sevilla	1 400 100	31.6	16.8	32.1	19.5

Fuente: ICONA (1980).

Esta estimación se ha venido realizando mediante modelos basados en procesos o bien mediante modelos empíricos, las comparaciones entre ambos demuestran que el error y la eficacia es similar (Morgan y Nearing, 2000; Tiwari *et al.*, 2000). Sin embargo, los modelos empíricos son ampliamente utilizados, tal es el caso de la ecuación universal de la pérdida de suelo, USLE (Wischmeier y Smith, 1978), y su versión revisada (RUSLE, Renard *et al.*, 1997).

La base de datos geográfica implica una vertiente espacial de la información (delimitación del territorio en unidades cartográficas), y una vertiente temática (datos asociados a ellas). La relación SIG-EROSIÓN tiene antecedentes, como son la determinación del factor C de la USLE usando SIG (Folly *et al.*, 1996) y el mapa de degradación de suelos en España con SIG (Kok *et al.*, 1995).

La erosión hídrica del suelo supone una grave amenaza tanto para las zonas naturales como agrícolas áridas y semiáridas de los países mediterráneos, motivo por el cual en el presente trabajo se plantean dos principales objetivos: (i) determinar las tasas de pérdida de suelo actuales, (ii) así como la pérdida de suelo que se originaría en una situación potencial desfavorable, en suelos de un entorno natural del ambiente mediterráneo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se sitúa en la parte Nororiental de la provincia de Córdoba, España. Tiene una extensión de 41 212 ha y está delimitada por las coordenadas

geográficas 38° 04' 06" - 21° 57" N y 4° 09' 39" - 4° 50" O. El relieve se caracteriza por lomas suaves. Los suelos se desarrollan sobre pizarras, cuarcitas y granitos, tienen un pH ácido (5-5.5) y una saturación en bases alta o muy alta (60-80%) (Gil *et al.*, 2001). Los más abundantes son Leptosoles y Cambisoles (Corral *et al.*, 2003a).

En el área se han descrito 819 unidades ambientales (UA) delimitadas por Corral *et al.* (2003a), estimándose en las mismas la erosión actual y potencial en función al procedimiento que a continuación se describe.

Erosión Actual

La estimación de la erosión actual se ha hecho mediante la RUSLE (Renard *et al.*, 1997).

$$A = R K LS C P$$

donde:

A = pérdida de suelo por unidad de superficie en Mg ha⁻¹.

R = erosividad de la lluvia, debido a la falta de estudios climáticos en la zona de estudio se ha utilizado el índice de Fournier (1960), modificado por Arnoldus (1980).

K = erosionabilidad del suelo. Se ha empleado la ecuación adaptada por ICONA (1987) para la cuenca del Guadalquivir según el método de Wischmeier y Smith (1978).

LS = longitud y gradiente de pendiente (adimensional).

Se ha calculado según Wischmeier (1982).

C = cultivo o cubierta vegetal (adimensional). Es la relación entre las pérdidas de suelo producidas bajo una

alternativa y con unas determinadas técnicas de cultivo. Su cuantificación se hizo a partir de los valores expuestos por ICONA (1987).

P = prácticas de cultivo (adimensional). Es la relación entre las pérdidas de suelo que se producen bajo ciertas prácticas de conservación determinadas. Se han empleado los valores propuestos por Wischmeier y Smith (1978).

Erosión Potencial

La ecuación utilizada se basa en la RUSLE (Renard *et al.*, 1997), adaptada al área de estudio (Sánchez, 1995; Parras-Alcántara *et al.*, 2004):

$$A' = R \ K' \ LS \ C' \ P'$$

donde:

A' = pérdida potencial de suelo ($Mg \ ha^{-1}$).

R = erosividad de la lluvia.

K' = erosionabilidad potencial del suelo, asignando el valor máximo de K para todos los suelos de un mismo tipo (Sánchez, 1995).

LS = longitud y gradiente de pendiente.

C' = estadío de vegetación degradado, donde las unidades con carácter improductivo conservan dicho valor ($C' = 1$) y al resto se le asigna el valor de la vegetación en el caso hipotético de que se produjera incendio o algún tipo de plaga, tras los que la vegetación quedaría reducida a pastizal, matorral y arbustos, permaneciendo sólo parte de la vegetación arbórea ($C' = 0.42$), según valores de ICONA (1987).

P' = refleja prácticas de conservación degradantes o inexistentes, siempre posee el valor máximo ($P' = 1$).

Además de la estimación de A' se ha determinado el peso de cada factor potencial de manera individualizada. Se calcula sustituyendo el valor actual del factor por el potencial en la fórmula de la erosión actual (Corral *et al.*, 2003a).

$$A'_2 = R \ K' \ LS \ C \ P$$

$$A'_3 = R \ K \ LS \ C' \ P$$

$$A'_4 = R \ K \ LS \ C \ P'$$

Para la utilización directa y fácilmente inteligible de los datos de erosión (A , A' , A'_2 , A'_3 , A'_4) se ha empleado una clasificación por niveles erosivos (Cuadro 2), establecidos por ICONA (1987) para la cuenca hidrográfica del Guadalquivir.

Cuadro 2. Niveles erosivos establecidos por ICONA (1987) para la cuenca hidrográfica del Guadalquivir.

Nivel erosivo	Pérdida $Mg \ ha^{-1} \ año^{-1}$	Grado
1	< 5	Inapreciable
2	5.1 - 12	Muy bajo
3	12.1 - 25	Bajo
4	25.1 - 50	Moderado
5	50.1 - 100	Alto
6	100.1 - 200	Muy alto
7	> 200	Irreversible

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Erosión Actual

El valor de A es variable en toda el área de estudio, fluctuando entre 0 y $1170.50 \ Mg \ ha^{-1} \ año^{-1}$ en las UA más antropizadas (UA de cortafuegos).

Según los resultados expuestos en el Cuadro 3, se observa que la zona estudiada no presenta graves problemas de erosión actual, ya que sólo un 2.2% de las UA tienen una pérdida de suelo superior a $50 \ Mg \ ha^{-1} \ año^{-1}$, un 4.6% tiene una tasa de pérdida de suelo moderada y la gran mayoría de las UA (93.2%) presenta una pérdida de suelo inferior a $25 \ Mg \ ha^{-1} \ año^{-1}$ (Figura 1).

Desde el punto de vista cuantitativo, el Parque Natural Sierras de Cardeña y Montoro no presenta riesgos de erosión actual. Esta situación se debe principalmente a bajos valores del factor R ($69.1-108.06$) como consecuencia de la regular distribución de las precipitaciones producidas a lo largo del año, que hacen que el clima tenga un comportamiento híbrido entre

Cuadro 3. Distribución porcentual de las unidades ambientales para los cálculos de pérdida de suelo: A.

Nivel erosivo	Erosión actual %
1	47.7
2	29.1
3	15.6
4	4.6
5	0.8
6	0.9
7	0.5

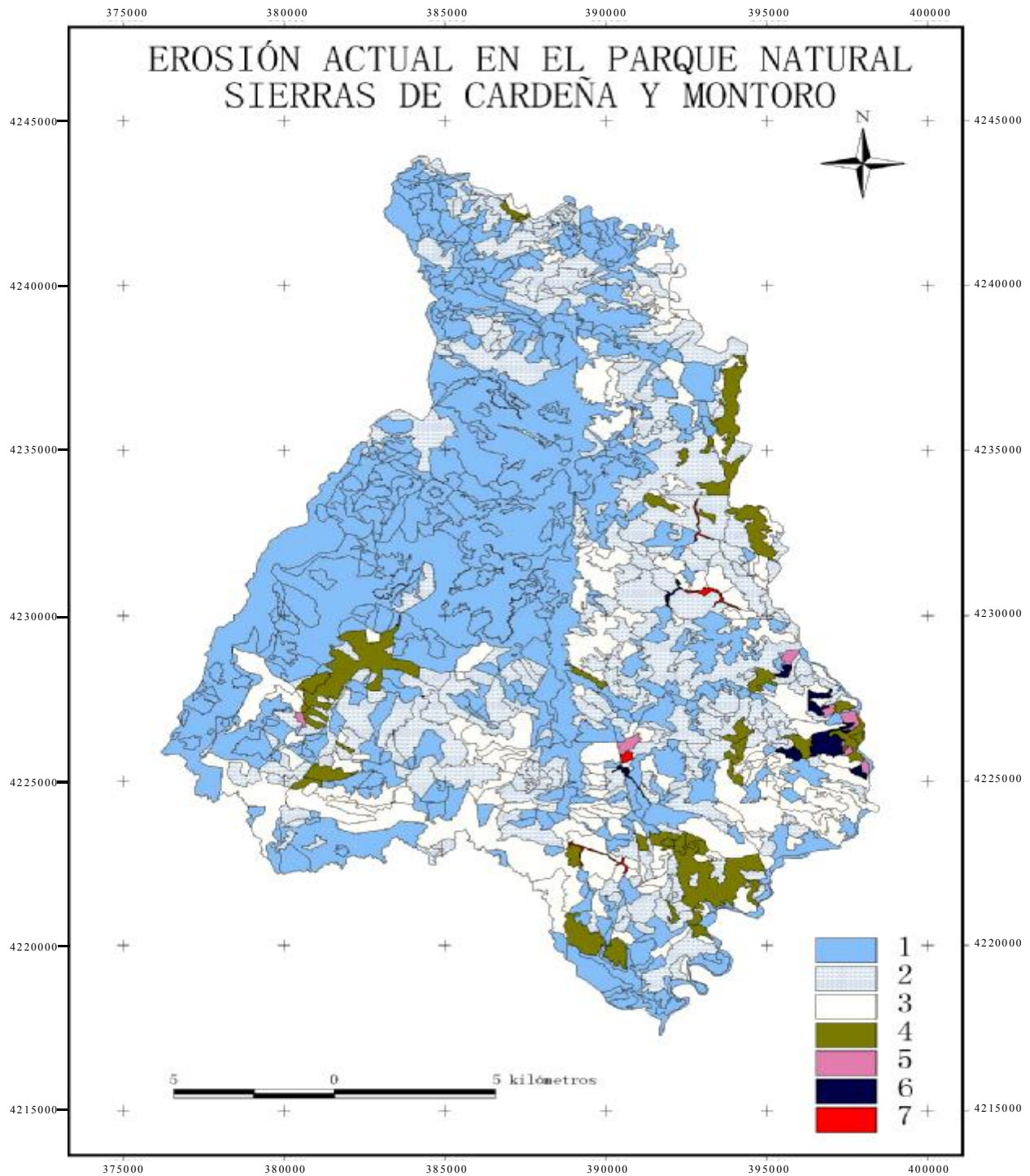


Figura 1. Erosión actual (A) en el Parque Natural Sierras de Cardena y Montoro, Andalucía, España.
 1 = Inapreciable; 2 = Muy bajo; 3 = Bajo; 4 = Moderado; 5 = Alto; 6 = Muy alto y 7 = Irreversible.

mediterráneo y continental. La mayoría de los suelos son Leptosoles y Cambisoles (FAO, 1998) con erosionabilidad (K) baja (<0.5), caracterizados por altos contenidos en materia orgánica (1.5-6.5%), con horizontes móllicos, caracterizados por tener una alta porosidad y una alta capacidad de infiltración, esta materia orgánica aparece en la mayoría de los casos sin descomponer minimizando, por tanto, la erosionabilidad de estos suelos (Gil *et al.*, 2001). Con respecto a los factores topográficos, el área de estudio, se caracteriza por tener un relieve alomado, con bajas pendientes (S), consecuencia del material original (granitos), favoreciendo la formación de unidades de longitud (L) media-alta. En relación a las tipología de la cubierta vegetal (C), el Parque Natural Sierras de Cardaña y Montoro está formado por una mezcla de especies autóctonas típicas del bosque mediterráneo (*Quercus rotundifolia*, *Quercus faginea*, *Olea europea* var. *Sylvestris*, *Quercus suber*, *Quercus pyrenaica*) y especies alóctonas que provienen de las repoblaciones (*Pinus pinea* y *Pinus pinaster*), pudiendo aparecer arbustos (*Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Cistus* spp, *Erica arbórea*, *Cystisus* spp, etc.) que en su conjunto ofrecen una buena protección al suelo. En el caso de las prácticas de conservación (P), la zona se caracteriza por la ausencia de las mismas y sólo aparecen de manera muy puntual, reducidas a pequeñas áreas de cultivo de olivar de montaña (Lozano-García *et al.*, 2005).

Erosión Potencial

Resultados de A'2. Tras la aplicación de los criterios de potencialidad establecidos en el capítulo de material y métodos, analizamos el efecto que tiene sobre el área de estudio establecer escenarios de degradación de suelos tales que, para un mismo tipo de suelo se establece la situación más desfavorable que aparecen en el área de estudio; esto es, el mayor valor de K obtenido para los suelos de ese tipo, entendiendo que valores mayores de K indican mayor susceptibilidad a la erosión y valores bajos de K indican baja susceptibilidad de erosión. Para visualizar mejor los datos que ofrece el cálculo de A'2 se comparan los resultados de ésta con los de la Erosión Actual (Figura 2). En esta figura, en el eje X se representa A por niveles, de forma que cada barra representa el total de UA que tenían ese nivel de erosión actual y los colores dentro de la misma representan

el porcentaje de UA que hay en cada nivel erosivo (según la leyenda) tras el cálculo de A'2. Se aprecia que en el cálculo de A'2 las UA estudiadas responden en mayoría manteniendo el mismo nivel erosivo que tras cálculo de A (moderado, alto, muy alto e irreversible). En los niveles de erosión actual inapreciable, muy bajo y bajo es cuando se produce aumento de niveles erosivos.

Así, por ejemplo, de las UA que tenían erosión actual Inapreciable, tras el cálculo de A'2, el 74% sigue con valores de erosión inapreciables, el 20% pasa al nivel erosivo muy bajo, el 3% aumenta hasta poseer nivel de erosión bajo y otro 3% aumenta hasta nivel de erosión moderado.

La justificación de esto, radica en que los suelos que presentan mayores tasas de pérdida de suelo son los que presentan valores bajos de materia orgánica (<2.5%) favoreciendo la erosionabilidad de los mismos (poseen valores muy similares K), y tras aplicar los criterios de potencialidad no manifiestan diferencias significativas y no causan cambios en la estimación de la erosión actual y potencial (A'2), este hecho es especialmente significativo en los Leptosoles menos desarrollados. Sin embargo, en los cambisoles, el efecto es el contrario, es decir, son suelos con altos valores de materia orgánica pero con cambios importantes respecto a la textura y estructura, este hecho afecta en valores heterogéneos en la estimación de K que afectan decisivamente a la hora de estimar K' haciendo por tanto que suelos que tienen una baja erosión actual tras aplicar los criterios de potencialidad obtengan valores altos de K' (Figura 3).

Resultados de A'3. Cuando el factor potencial es la cubierta vegetal (C'), la pérdida de suelo aumenta

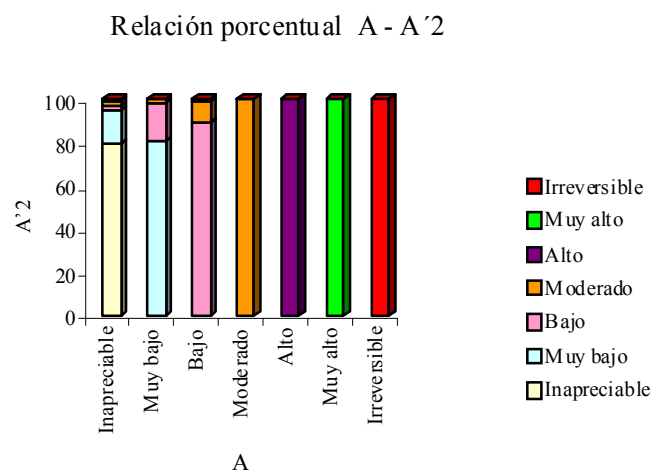


Figura 2: Relación porcentual A-A'2.

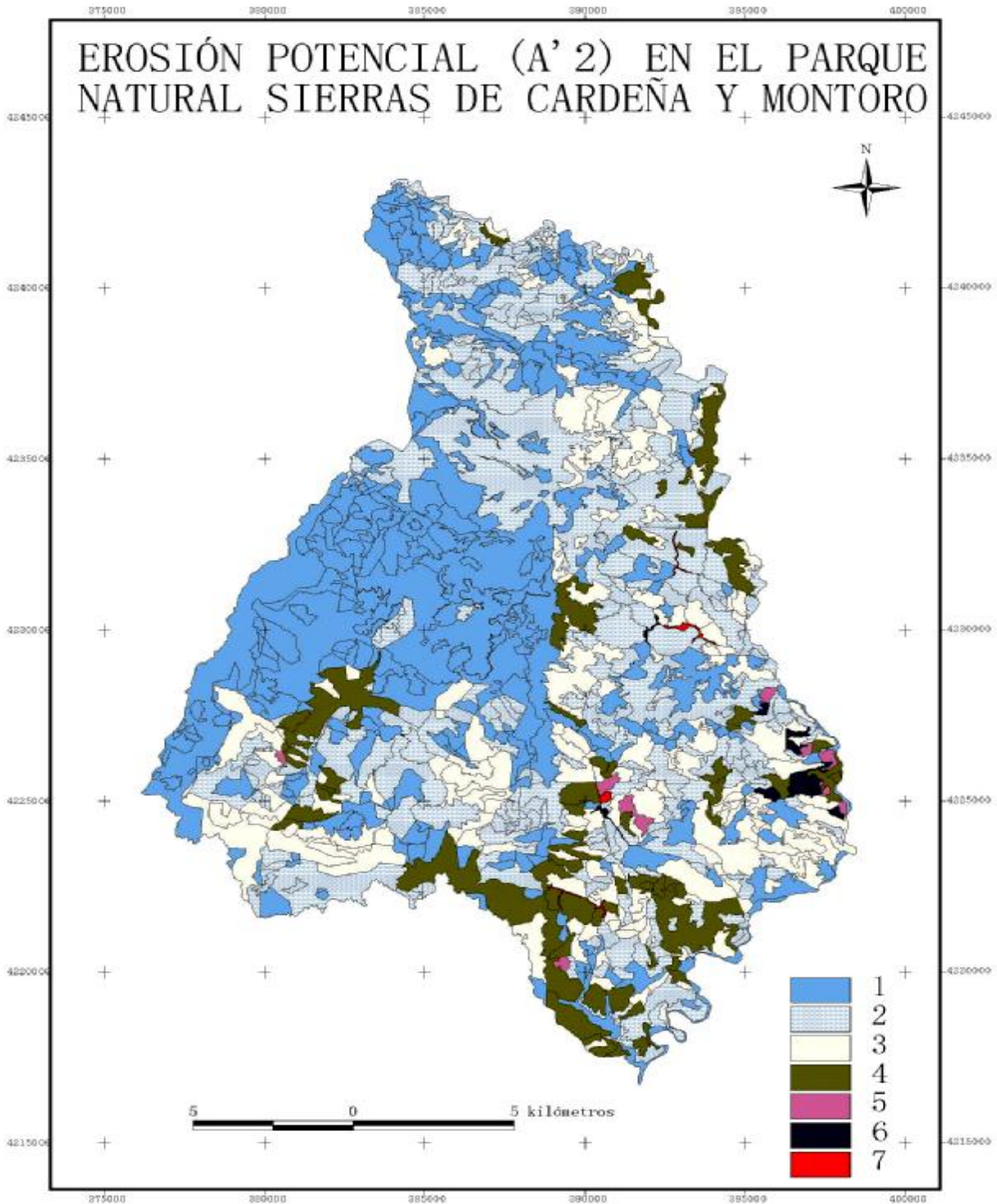


Figura 3. Erosión potencial (A'2) en el Parque Natural Sierras de Cardena y Montoro, Andalucía, España.

1 = Inapreciable; 2 = Muy bajo; 3 = Bajo; 4 = Moderado; 5 = Alto; 6 = Muy alto y 7 = Irreversible.

considerablemente, pudiendo llegar a valores de 196 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Lo que demuestra que este factor (C) es muy sensible en la estimación de la pérdida de suelo según la metodología aplicada. La zona de estudio es un parque natural que tiene una vegetación bien conservada (bosque mediterráneo y dehesas en los que existe equilibrio entre aprovechamiento y conservación) siendo, por tanto, zonas sensibles a cambios de uso (ampliación de zonas agrícolas o de ganadería, desarrollos urbanos o turísticos, políticas de desarrollo rural) o a procesos de degradación (áreas con riesgo de incendio).

Para el análisis de A₃, se han comparado los resultados con los de la erosión actual (A) (Figura 4).

A partir de esta figura, se aprecia que cuando el único factor potencial es C', las UA sufren un aumento de pérdida suelo, debido a la acción protectora que ejerce la vegetación natural.

Pudiéndose afirmar que un cambio en los usos del suelo aumenta la erosión (Figura 5).

Resultados de A₄. Para el análisis de los datos que ofrece el cálculo de A₄ se procede de igual manera que en los dos casos anteriores (Figura 6).

Cuando el único factor potencial es P', las UA sufren un leve aumento de la erosión con respecto al valor de A. Debido a que en este cálculo se consideran nulas las prácticas de conservación, pero como ya hemos comentado en materiales y métodos éstas son casi inexistentes en este área natural ya que las UA que se degradan son aquellas zonas adeshadas con olivar marginal (Figura 7).

Resultados de A'. El cálculo de A' (integrando todos los parámetros potenciales) en las 819 UA ofrece unos resultados muy heterogéneos, oscilando los valores desde de 1.44 hasta 1300.56 Mg ha⁻¹ año⁻¹. (Cuadro 4).

Por tanto, se deduce que en el parque bajo condiciones conjuntas de K', C' y P', el valor de A' aumenta considerablemente, debido a que el 60.3% de las UA se encuentran en niveles erosivos de moderado a irreversible, esto es con pérdidas de suelo superiores a 50 Mg ha⁻¹ año⁻¹.

Como se puede apreciar en el Cuadro 4, en la Figura 8 y en la Figura 9, la aplicación de los criterios de potencialidad de manera conjunta (K', C' y P') causa en el área de estudio un aumento importante de la pérdida de suelo, es decir, la zona es muy susceptible a cambios que pudieran producirse, bien por pérdida de materia orgánica (primer factor potencial), bien por reducción de la vegetación (segundo factor potencial), bien por reducción en las prácticas de conservación (tercer factor potencial). Luego en áreas naturales como ésta (tan susceptible a los cambios producidos por causas naturales o antrópicas) se debe incorporar, para su manejo o gestión, herramientas informáticas (SIG) que estimen, en tiempo real, el efecto de la aplicación de planes o programas en el área de estudio.

CONCLUSIONES

- La mayor parte del área de estudio sufre erosión hídrica baja o muy baja con pérdidas de suelo inferiores a 25 Mg ha⁻¹ año⁻¹, debido a bajos valores de gradiente y longitud de la pendiente y a la buena cubierta vegetal que posee.

Relación porcentual A - A'3

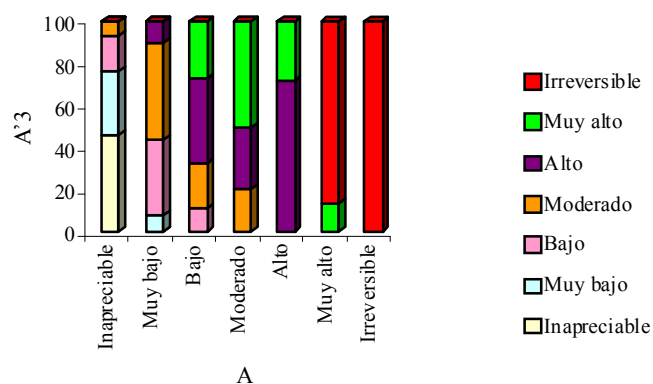


Figura 4. Relación porcentual A-A'3.

Cuadro 4. Distribución porcentual de las unidades ambientales para los cálculos de pérdida potencial de suelo; A'.

Nivel erosivo	Erosión potencial	Erosión actual
	- - - - - % - - - - -	
1	8	47.7
2	13.9	29.9
3	17.8	15.6
4	25.3	4.6
5	22.8	0.8
6	11.2	0.9
7	1	0.5

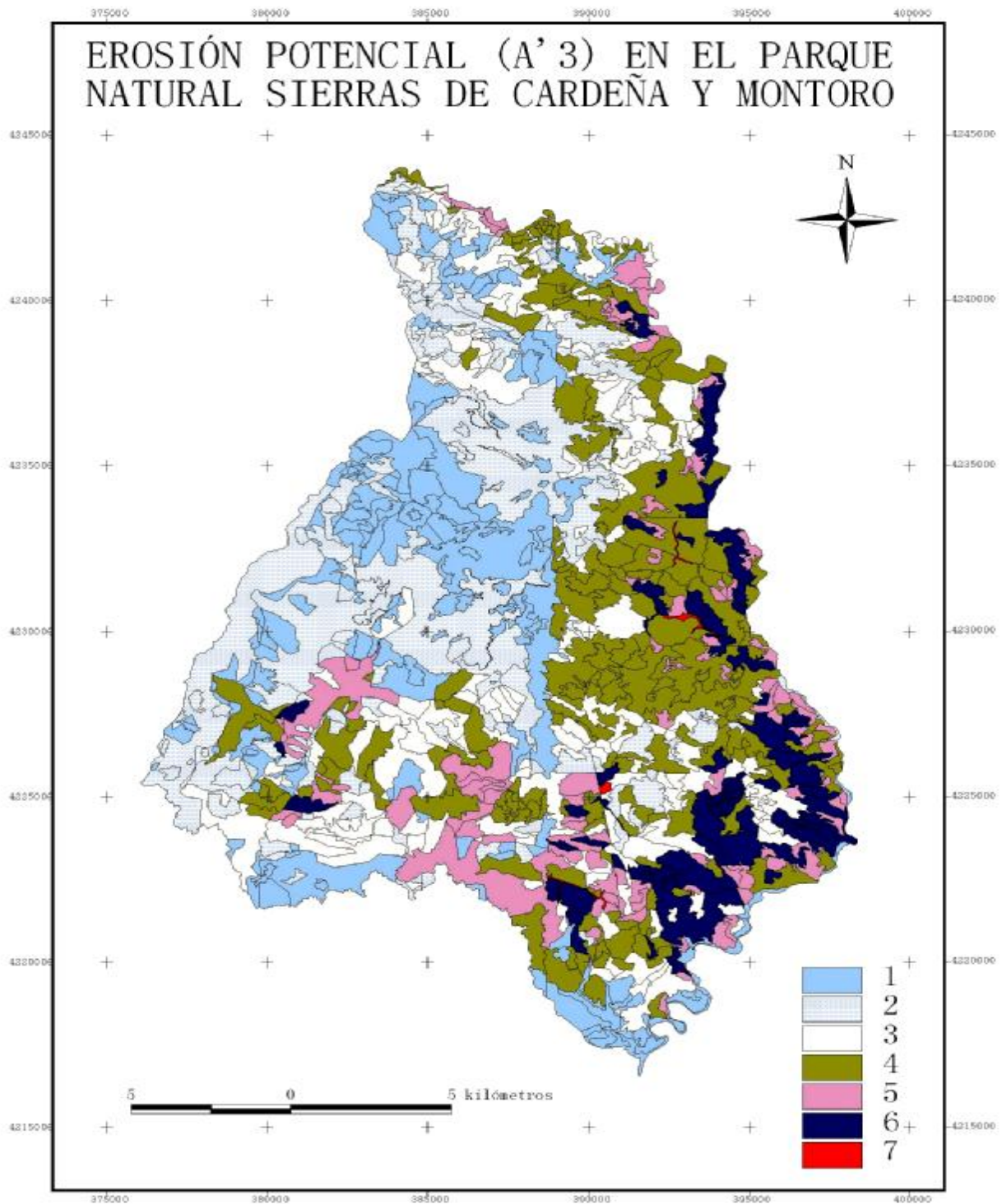
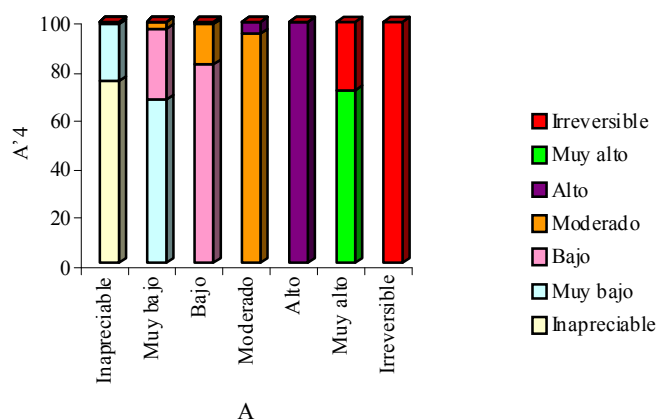


Figura 5. Erosión potencial (A'3) en el Parque Natural Sierras de Cardena y Montoro, Andalucía, España.

1 = Inapreciable; 2 = Muy bajo; 3 = Bajo; 4 = Moderado; 5 = Alto; 6 = Muy alto y 7 = Irreversible.

Relación porcentual A - A⁴Figura 6. Relación porcentual A-A⁴.

- Si se considera como factor potencial la erosionabilidad del suelo (A²) y las prácticas de cultivo (A⁴) se observan ligeros desplazamientos de las unidades ambientales de los niveles bajos de erosión actual hacia niveles medios, siendo el aumento de pérdida de suelo inapreciable para los niveles altos. Sin embargo, si se considera el factor potencial C' se produce un aumento considerable en todos los niveles erosivos.

- Cuando se calcula la erosión potencial, A', sí se produce un aumento notable de las tasas erosivas, pasando la mayoría de la superficie a niveles erosivos Moderado, Alto o Muy Alto.

- Por lo tanto, un cambio de usos en el área estudiada afectaría enormemente a la erosión hídrica, debiéndose considerar estos parámetros en futuras actuaciones en este Parque Natural.

- La integración de todos los parámetros anteriores en un SIG ofrece la posibilidad de actualización de los datos, e incorporación de nuevos para validar propuestas de uso, gestión y conservación en el territorio. Es importante indicar que el establecimiento de criterios de potencialidad a este caso integrados en el SIG ha permitido detectar la respuesta que ejercería esta zona natural a intervenciones antrópicas. Luego, el SIG se constituye en una herramienta indispensable en todos los procesos de gestión y decisión del gestor de un área natural como ésta.

AGRADECIMIENTOS

A los doctores D. Luis Corral Mora y D. Juan Gil Torres director del proyecto Cartografía y Delimitación

Relación porcentual A - A'

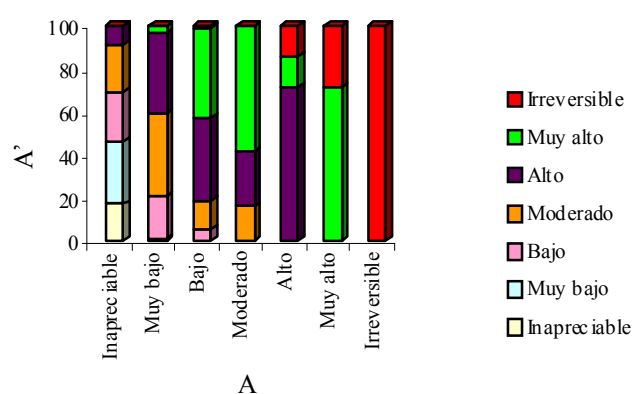


Figura 8. Relación porcentual A-A'.

de Suelos en el Parque Natural "Sierras de Cardena y Montoro" y "Despeñaperros" (2002), proyecto n° 1 994 000 120, financiado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

LITERATURA CITADA

- Arnoldus, H. M. 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. pp 127-132. In: De Boodst, M. and Gabriel, D. (eds.). Assessments of erosion. John Wiley and Sons. New York, NY, USA.
- Corral, L., L. Parras-Alcántara, J. Gil, B. Lozano-García y M. del Toro. 2003. Análisis de las componentes potenciales de la erosión hídrica en áreas naturales del Sur de España. I Simposio nacional sobre control de la erosión y degradación del suelo. Madrid, España.
- Corral, L., L. Parras-Alcántara, J. Gil, B. Lozano-García y M. del Toro. 2003. Esquema metodológico para el estudio del "Incremento del Diferencial del Potencial Erosivo". I Simposio nacional sobre control de la erosión y degradación del suelo. Madrid, España.
- Folly, A., M. C. Bronsveld, and M. Clavaux. 1996. A knowledge-based approach for C-factor mapping in Spain using landsat TM and GIS. Inter. J. Remote Sens. 17: 2401-2415.
- Fournier, F. 1960. Climat et érosion. Presses Universitaires de France. Paris, France.
- Gil, J., L. Corral, L. Parras-Alcántara, F. Bermudez, M^a. Cañete, E. Porras e I. Rodero. 2001. Cartografía y delimitación de suelos en el Parque Natural "Sierras de Cardena y Montoro" y "Despeñaperros", proyecto n° 1994000120. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Andalucía, España.
- ICONA (Instituto para la Conservación de la Naturaleza). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1987. Mapas de los estados erosivos: cuenca hidrográfica del Guadalquivir. Sevilla, España.
- Kok, K. M. B. Clavaux, M. H. Wietske, and K. Bronsveld. 1995. Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellites images and the CORINE database: a case study in Spain. ITC-J. 3: 217-228.

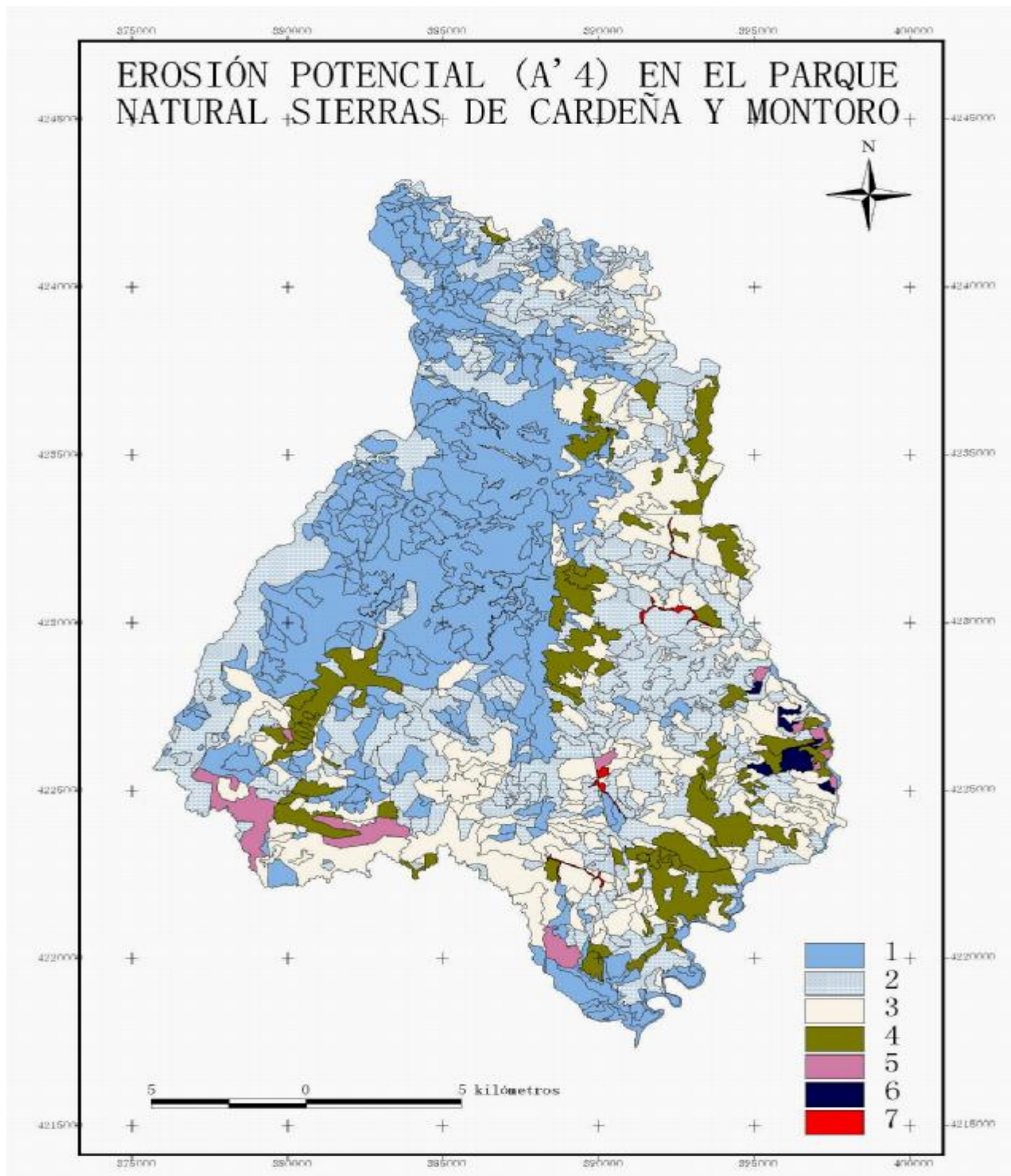


Figura 7. Erosión potencial (A'4) en el Parque Natural Sierras de Cardeña y Montoro, Andalucía, España.
 1 = Inapreciable; 2 = Muy bajo; 3 = Bajo; 4 = Moderado; 5 = Alto; 6 = Muy alto y 7 = Irreversible.

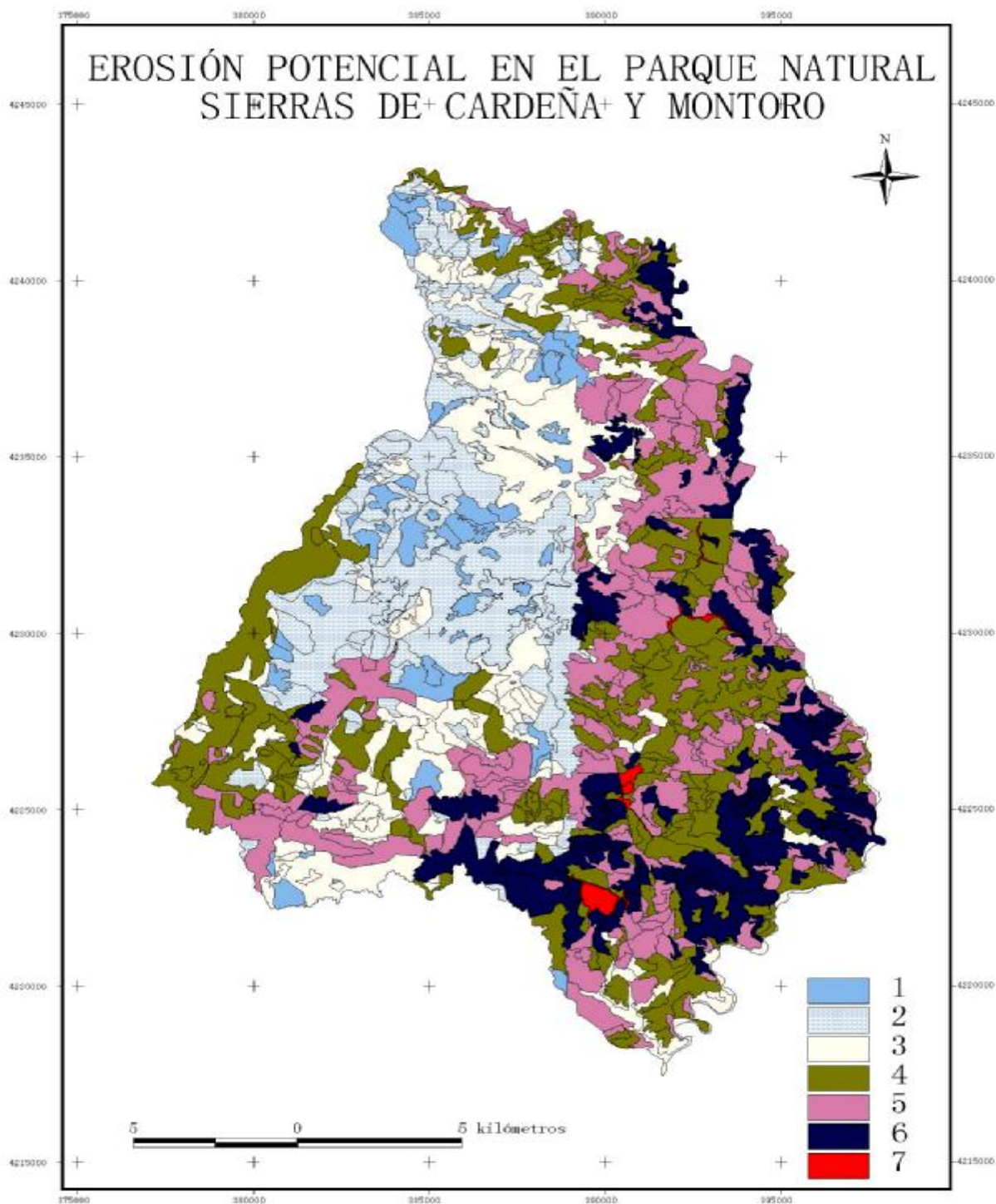


Figura 9. Erosión potencial (A') en el Parque Natural Sierras de Cardena y Montoro, Andalucía, España.
 1 = Inapreciable; 2 = Muy bajo; 3 = Bajo; 4 = Moderado; 5 = Alto; 6 = Muy alto y 7 = Irreversible.

- Lozano-García, B., I. Jiménez, L. Parras-Alcántara y L. Corral. 2005. Diagnóstico ambiental del Parque Natural Sierra de Cardeña y Montoro. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España.
- Moreira, J. M. 1991. Capacidad de uso y erosión de suelos, una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía. Agencia de Medio Ambiente. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Junta de Andalucía, España.
- Morgan, R. P. C., M. A. Nearing. 2000. Soil erosion models: present and future. Keynotes of the IIIrd. International Congress of the European Society of Soil Conservation. Valencia, Spain.
- Parras-Alcántara, L., J. Gil y L. Corral. 2000. Diseño y caracterización de unidades ambientales a pequeña escala (1:10.000). Una aplicación a la ordenación territorial del Parque Natural de Despeñaperros (Jaén). *Edafología* 7: 121-127.
- Parras-Alcántara, L., L. Corral y J. Gil. 2004. Ordenación territorial del parque natural de Despeñaperros (Jaén): criterios metodológicos. Instituto de Estudios Giennenses. Diputación provincial de Jaén. Jaén, España.
- Parras-Alcántara, L., L. Corral, J. Gil. 2002. Sequential analysis of the physical environmental in applied natural areas to territorial microplanning. Sustainable use and management of soils in arid and semiarid regions. Murcia, España.
- Renard, K. G., G. R. Foster, G. A. Weesies, D. K. McCool, D. C. Yoder. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). US Department of Agriculture, Agricultural Handbook no. 703. USDA. Washington, DC, USA.
- Sánchez, J., C. Ríos, E. Pérez-Chacón y C. Suárez. 1995. Cartografía del potencial del medio natural de Gran Canaria. Cabildo Insular de Gran Canaria. Universitat de València (Estudios generales), Universidad Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Tiwari, A. K., L. M. Risse, and M. A. Nearing. 2000. Evaluation of WEPP and its comparison with the USLE and RUSLE. *Trans. ASAE* 43: 1129-1135.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA Agricultural Research Service Handbook 537. Washington, DC, USA.