

IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS DE EROSIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO. VEINTE AÑOS DE ESTUDIOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

J. SÁNCHEZ DÍAZ, C. AÑÓ VIDAL, L. RECATALÁ BOIX, J. A. PASCUAL AGUILAR, C. ANTOLÍN TOMÁS, E. CARBÓ VALVERDE

Departamento de Planificación Territorial. Centro de Investigaciones sobre Desertificación –CIDE (CSIC, Universitat de València, Generalitat Valenciana). Camí de la Marjal, s/n. 46470 Albal (Valencia). E-mail: juan.sanchez@uv.es.

Abstract. Based on studies carried out in the Valencian Region for more than twenty years, this paper highlights the relevance of considering the evaluation of soil erosion into land use planning exercises. During that period, both quantitative methods to predict soil erosion (coming mainly from the modification of the USLE model to the particular environmental conditions of the Valencian region) and qualitative approaches to estimate soil erosion have been developed and applied within the region. Although there is not yet an approach to satisfactorily evaluate soil erosion in the Mediterranean region, the experience gained shows that the approaches used allow to make adequate proposals of land use recommendations and land use plans.

Key words: Soil erosion, USLE, weighting-rating methods, land-use planning, Valencian region.

Resumen. En este trabajo se resalta la importancia de incorporar la evaluación de la erosión hídrica del suelo en ejercicios de planificación de usos del territorio, a través de los estudios que se han ido llevando a cabo durante más de veinte años en la Comunidad Valenciana. Durante este período, se han desarrollado y aplicado tanto métodos cuantitativos de predicción (fundamentalmente adaptando la USLE a las particulares condiciones ambientales de este ámbito) como procedimientos cualitativos de estimación. Aunque todavía no existe una metodología totalmente satisfactoria para la evaluación del proceso erosivo en el ámbito mediterráneo, la experiencia acumulada muestra que las aproximaciones aplicadas permiten plantear propuestas adecuadas de orientaciones y recomendaciones de usos y de planes de asignación de usos al suelo.

Palabras clave: Erosión hídrica, EUPS, métodos ponderados, planificación de usos del suelo, Comunidad Valenciana.

INTRODUCCIÓN

Entre los principales procesos de degradación de los suelos la erosión hídrica es el más importante en la Comunidad Valenciana. En esta comunidad autónoma los estudios en erosión y conservación de suelos se inician en los comienzos de la década de los ochenta del pasado siglo. En los últimos veinte años las principales líneas de investigación están relacionadas con la evaluación cuantitativa, directa o indirecta, de la erosión; la erosividad de las lluvias y los cambios geomorfológicos ocasionados por eventos extremos de elevada magnitud; la erosionabilidad del medio edáfico; la respuesta hídrica de los suelos; la influencia de la cubierta vegetal; la incidencia en el proceso de los incendios forestales; la caracterización de *badlands* y la experimentación de diferentes procedimientos para recuperar suelos degradados (Añó *et al.*, 2002).

En este trabajo se revisan los estudios que han aplicado métodos, tanto cuantitativos como cualitativos, para evaluar y predecir el riesgo de erosión en la Comunidad Valenciana. Este tipo de estudios, que se originan a inicios de los ochenta y actualmente todavía constituyen una importante línea de investigación, tienen como uno de sus principales objetivos el aportar un tipo de información adecuada para la toma de decisiones en aspectos relacionados con la planificación del territorio. Desde este último punto de vista, es importante que la planificación de los usos del suelo incorpore el análisis de la erosión para corregir los efectos de los procesos en los lugares donde se encuentren más avanzados; identificar las porciones territoriales más sensibles a la erosión, etc.

La revisión se ha efectuado a partir de la consulta de las referencias bibliográficas incorporadas en Bib-Eron, base de datos que organiza y clasifica trabajos científicos que analizan las múltiples facetas que carac-

terizan a la erosión hídrica de los suelos en España (Añó *et al.*, 2000).

PREDICCIÓN CUANTITATIVA DE LA EROSIÓN HÍDRICA

En la Comunidad Valenciana, entre los distintos procedimientos empíricos que se han propuesto para estimar las pérdidas de suelo causadas por la erosión hídrica, sin lugar a dudas la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, USLE en su acrónimo en inglés, de Wischmeier y Smith (1978) ha sido la que ha tenido un grado de aceptación y de difusión más elevado. Por ser de sobra conocidas, no se repetirán la forma y estructura de la misma.

Entre los estudios que han aplicado la USLE hay que destacar los abundantes trabajos ya sean municipales, comarcales o provinciales realizados desde comienzos de los años ochenta por el Departamento de Biología Vegetal de la Universitat de València y el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC); grupos que actualmente trabajan en el Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE). Estos investigadores abordaron el primer estudio sistemático y a escala de detalle, 1:25.000, del recurso edáfico en la provincia de Valencia; estudio que se enmarcaba en el proyecto “Los suelos de la provincia de Valencia: su evaluación como recurso natural” (1982-1986), en el que los mapas de suelos van a derivar de los de cartografía básica (Sánchez *et al.*, 1984a) que establece, previa fotointerpretación, unidades homogéneas respecto a litología, suelo, capacidad de uso y grado actual de erosión hídrica.

En este proyecto además de caracterizar, clasificar, cartografiar y evaluar los suelos se determinó el grado de erosión hídrica actual aplicando la USLE modificada por Rubio *et al.* (1984). La metodología de evaluación de la erosión básicamente adapta los

factores considerados en la ecuación original a las características medioambientales propias del ámbito mediterráneo, estableciendo una serie de grados de erosión en función de rangos de pérdida de suelo. También se utilizó una metodología semi-cualitativa para evaluar los tipos de morfología erosiva (cárcavas, abarrancamientos y movimientos en masa) que no se consideraban en la ecuación original. El estudio de la erosión de las unidades cartográficas se complementó con el diseño de un simulador de lluvia en condiciones de laboratorio, que permitió profundizar en los factores intrínsecos relacionados con la erosionabilidad de los suelos (Sanroque *et al.*, 1984).

La información generada permitió cartografiar, a diferentes escalas, cerca de 6.517 Km², aproximadamente el 60% de la provincia de Valencia. Este proyecto sirvió de base para realizar numerosas memorias de licenciatura y tesis doctorales. Una relación detallada de las mismas puede consultarse en Colomer (2001).

El trabajo más reciente que aplica la USLE (Antolín *et al.*, 1998) establece, en formato digital y a escala 1:50.000, tanto la pérdida actual de suelo como la erosión potencial, predicción basada en la desaparición del papel protector de la vegetación.

Las diferencias entre una y otra constituyen el riesgo de erosión. Los datos de erosión actual indican que el 42% de la Comunidad Valenciana presenta tasas tolerables de pérdida de suelo, en el 23% de la superficie la erosión es moderada y se alcanzan valores altos o muy altos en el 30%. De acuerdo a la predicción que establece la erosión potencial, ésta pronostica un aumento considerable de la superficie afectada gravemente por los procesos erosivos. Un análisis detallado por provincias refleja que son más acusados en Castellón, siendo muy preocupantes, especialmente, los valores de erosión potencial (Tabla 1).

PREDICCIÓN CUALITATIVA DE LA EROSIÓN HÍDRICA

En la Comunidad Valenciana también se han aplicado métodos cualitativos ponderados que valoran la susceptibilidad de determinadas áreas a la erosión. Estos métodos, basados en los del *International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences* holandés (van Zuidam y van Zuiman-Cancelado, 1979), establecen categorías mediante la asignación de valores a los factores que influyen en el desarrollo de los procesos erosivos.

TABLA 1: Superficie relativa provincial de erosión actual (EA) y potencial (EP) en la Comunidad Valenciana. Elaborado a partir de Antolín (1998).

	Alicante		Valencia		Castellón	
	% EA	% EP	% EA	% EP	% EA	% EP
Fase lítica	5,9	5,9	2,4	2,4	3,1	3,1
No Cuantificada	2,4	2,4	1,7	1,7	0,4	0,4
0-7 t/ha/año	35,3	12,4	32,8	2,6	23,3	1,7
7-15 t/ha/año	11,6	18,2	11,9	18,9	12,5	9,9
15-40 t/ha/año	13,8	12,1	27,9	14,2	23,1	14,8
40-100 t/ha/año	20,4	8,1	20,2	11,2	28,8	6,9
>100 t/ha/año	10,6	40,8	3,1	48,9	8,7	63,3

Los mapas, a escala 1:200.000, del grado de erosión actual y del riesgo de erosión potencial de la cartografía geocientífica de las provincias de Valencia (Cendrero *et al.*, 1986), Alicante (Agència del Medi Ambient, 1991a) y Castellón (Agència del Medi Ambient, 1991b) se realizaron aplicando un método cualitativo, en el que se emplean baremos de puntuación para los siguientes factores: torrencialidad, suelo, pendiente, litología y vegetación en las tres provincias, y morfología erosiva únicamente en Castellón y Alicante. En función del sumatorio final se establecen las clases del grado o riesgo de erosión.

Posteriormente, en la comarca del Valle de Ayora (Provincia de Valencia) Sánchez *et al.* (1987) incorporaron, con el fin de adaptar el método a las características biofísicas de la zona, modificaciones tanto en los intervalos como en los baremos de los factores, además de añadir uno nuevo (morfología erosiva). Por su parte, Andreu *et al.* (1987) realizaron, en un sector de la comarca Requena-Utiel (Provincia de Valencia), un análisis comparado de la erosión hídrica utilizando la versión modificada de la USLE por Rubio *et al.* (1984) y el método cualitativo ponderado diseñado por Sánchez *et al.* (1987). Los resultados ofrecieron notables diferencias, siendo la más importante la disminución en la calificación de la erosión cuando se aplica el segundo método. Bordás y Sánchez (1987) también efectuaron un estudio comparativo de esta naturaleza en tres áreas piloto representativas de la provincia de Valencia.

La aportación metodológica más reciente es la que plantean, a diferentes escalas, Recatalá (1995) y Recatalá y Sánchez (1998a) para evaluar la erosión actual y potencial, realizando una integración con otros factores y procesos para el desarrollo de planes de asignación de usos y evaluación de impacto ambiental en el

ámbito Mediterráneo Valenciano, con la utilización de un sistema espacial de soporte a la decisión.

EROSIÓN HÍDRICA Y PLANIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO

La consideración de las tasas de pérdida de suelo, actual y potencial, ha sido uno de los criterios metodológicos fundamentales en la elaboración de distintas propuestas que indican las recomendaciones y limitaciones de utilización de los suelos cartografiados, configurándose en un instrumento para la planificación de los usos del suelo de la Comunidad Valenciana. Así, la similitud o diferencia entre los valores de grado actual de erosión y riesgo potencial fue un elemento clave en el método de Prescripción de Uso (Sánchez *et al.*, 1984b) aplicada inicialmente a escala 1:25.000 en Benagéber (Provincia de Valencia) y, posteriormente, en el Rincón de Ademuz, en porciones de la comarca del Valle de Ayora, en determinados sectores del norte de la provincia de Valencia, en términos municipales representativos de las sierras de Espadán y Calderona y, a escala 1:200.000, en toda la provincia de Castellón (Añó, 1996).

Este aspecto también se consideró tanto en el método de Orientaciones de Uso, aplicado a escala 1:25.000 en el término municipal de Morella (Sánchez *et al.*, 1988) y posteriormente en la comarca del Valle de Ayora (Pérez *et al.*, 1987), como en la metodología de Recomendaciones y Limitaciones de Uso (Sánchez *et al.*, 1987) donde la valoración del grado y riesgo de erosión era doble: aplicando la USLE modificada y un método ponderado.

La relación entre grado y riesgo de erosión ha constituido un indicador básico en la asignación de las orientaciones de uso forestales (Tabla 2) en la cartografía, escala 1:300.000, de Orientaciones de Uso Agrario de la Comunidad Valenciana (Sánchez *et*

TABLA 2: Criterios metodológicos para asignar las orientaciones Uso Forestal Condicionado, Repoblación Forestal, Regeneración Natural y Protección (Sánchez *et al.*, 2000).

Clases de capacidad de uso	Tasas de pérdida de suelo (t/ha/año) actual (A) y potencial (AA)	Limitación de la clase de capacidad	ORIENTACIÓN DE USO
D	$A < 70$ y $AA < 200$		Uso Forestal Condicionado (UFC)
D, E	$A > 70$		Repoblación Forestal (r)
D, E		Hidromorfía. Salinidad	Regeneración Natural (R)
E		Suelos en fase lítica. Espesor	
D	$A < 70$ y $AA > 200$.		Protección (P)
D	$AA > 200$ y la diferencia entre el grado y el riesgo de erosión es igual o superior a 2 unidades		
E	La diferencia entre el grado y el riesgo de erosión es igual o superior a 2 unidades		

al., 2000). La asignación se ha realizado utilizando criterios de análisis lógico multicriterio en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG) vectorial. La aplicación metodológica de los SIG permite asignar nuevas características a las unidades de información básica, convirtiéndose, de este modo, en una herramienta imprescindible cuando se aplican criterios de modelización ambiental espacial, sirviendo de apoyo a la planificación territorial.

Actualmente se están asignando, a escala 1:50.000, las orientaciones de uso agrario en el Rincón de Ademuz. El empleo de escalas más detalladas permite ampliar la leyenda. Así, las orientaciones forestales que se consideran, de acuerdo con los criterios metodológicos establecidos por Año y Sánchez (2003), son las siguientes: Explotación Forestal, Aprovechamiento Forestal, Repoblación Forestal de Protección, Repoblación

Restringida Arbolada o Arbustiva de Protección, Regeneración Arbustiva Natural y Conservación. El objetivo final es clasificar este espacio rural en unidades homogéneas, válidas para la planificación de usos agrarios del suelo.

Los procedimientos metodológicos cualitativos también se han aplicado en el contexto de la planificación de los usos del suelo. Estos procedimientos permiten clasificar cualitativamente las unidades cartográficas desde muy bajo a muy alto grado de erosión actual, y también desde muy bajo a muy alto riesgo potencial de erosión. Esta clasificación proporciona una base consistente para acometer la conservación del suelo mediante la definición de directrices para la asignación de usos. Así, a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología desarrollada por Recatalá (1995) y Recatalá y Sánchez

(1998a) en Sagunto se definieron, para un ejercicio de planificación territorial realizado en esa área a escala 1:25.000 (Tabla 3), varias directrices de erosión, como por ejemplo: “En cuanto sea posible dar preferencia a repoblación o regeneración natural en unidades cartográficas con alto o muy alto grado de erosión”. La aplicación de éstas y otras directrices de planificación permitió la generación de varios planes alternativos de asignación de usos, en los que resultaba compatible la asignación de usos con la conservación del suelo (Recatalá, 1995 y Recatalá y Sánchez, 1998b).

En cuanto que generalmente en un ejercicio de planificación territorial no se suele contemplar la posibilidad de generar o elaborar datos al nivel exigido para poder realizar una cuantificación precisa de la tasa de pérdida, por la simple razón de que ello trascendería el propio planteamiento y análisis asociado a este tipo de ejercicios sin ser un objetivo primordial, la aplicación de un método cualitativo, aunque aporte un nivel de información más general y cualitativo, resulta más factible y adecuado, sobre todo si ese procedimiento cualitativo parte en su desarrollo del conocimiento que en el ámbito de aplicación se tiene sobre el proceso erosivo, como base para la selección de los factores relevantes. La aplicación de estos procedimientos permite comparar cualitati-

vamente unidades cartográficas en términos de erosión, de manera que la toma de decisiones se realice acorde con la susceptibilidad del territorio a este proceso (Recatalá *et al.*, 2000).

CONSIDERACIONES FINALES

En estos momentos todavía no existe un modelo totalmente satisfactorio para evaluar el riesgo de erosión, predecir tasas de pérdida de suelo y establecer diferentes estrategias de protección del recurso edáfico. La aplicación de la USLE, a pesar de las críticas que ha recibido el modelo sobre la exactitud de sus predicciones, ha constituido, en función de su sencillez y del número limitado de variables que se consideran frente a otros modelos, el principal instrumento que se ha utilizado para cuantificar las pérdidas de suelo y predecir el riesgo de erosión, sirviendo de herramienta para la gestión y planificación de los usos del suelo en la Comunidad Valenciana.

Por el contrario, y en consonancia con lo ocurrido en el resto de España, no se han utilizado las modificaciones que incorporan la RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) o el modelo MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*). Las deficiencias detectadas en la aplicación de la USLE se han intentado subsanar mediante

TABLA 3: Porcentaje del área total alcanzado por cada clase de erosión actual y potencial en Sagunto a escala 1:25.000 (Recatalá y Sánchez, 1998b).

CLASES	SAGUNTO	
	EROSION ACTUAL (%)	EROSION POTENCIAL (%)
I (Muy Alta)	2.1	6.1
II (Alta)	10.2	22.7
III (Moderada)	14.7	18.5
IV (Baja)	13.3	1.8
V (Muy Baja)	59.7	50.9

métodos cualitativos ponderados cuyos resultados también se han incorporado en estudios de planificación territorial.

REFERENCIAS

- Agència del Medi Ambient (1991a): *Mapa Geocientífic de la Província de Alicante. Escala 1:200.000. Memoria*. AMA, Generalitat Valenciana, 93 pp.
- Agència del Medi Ambient (1991b): *Mapa Geocientífic de la Província de Castellón. Escala 1:200.000. Memoria*. AMA, Generalitat Valenciana, 124 pp.
- Andreu, V., Boluda, R., Moraleda, M. y Sánchez, J. (1987): Contribución al estudio de la erosión hídrica: análisis comparado mediante la aplicación del método U.S.L.E y un método cualitativo ponderado en la zona de San Antonio y Villar de Tejas (Valencia). *III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, Valencia: 965-982.
- Antolín, C. (Coord.) (1998): *El suelo como recurso natural en la Comunidad Valenciana*. Vol II 4 h. de map. pleg. + 1 CD-ROM. COPUT, Generalitat Valenciana, Valencia.
- Antolín, C., Carbó, E. y Álvarez, D. (1998): Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo en la Comunidad Valenciana. En: *El suelo como recurso natural en la Comunidad Valenciana*. COPUT, Generalitat Valenciana, Valencia: 136-165.
- Añó, C. (1996): *Metodología de evaluación de suelos para el ámbito mediterráneo*. Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Universitat de València.
- Añó, C., Peris, M. y Sánchez, J. (2000): Bib-Eron: Base de datos bibliográfica sobre erosión hídrica del suelo. *Edafología* 7 (2): 1-8.
- Añó, C., Peris, M. y Sánchez, J. (2002): Soil erosion studies in the Comunidad Valenciana (Spain). Research topics. En: A. Faz, R. Ortiz & A.R. Mermut (eds.), *Sustainable Use and Management of Soils in Arid and Semiarid Regions (Vol. II)*, Murcia: 245-246.
- Añó, C. y Sánchez, J. (2003): *Orientaciones de Uso Agrario. Una metodología para la planificación de usos del suelo en la Comunidad Valenciana*. Biblioteca de Ciencias 5. CSIC, Madrid, 129 pp.
- Bordás, V. y Sánchez, J. (1987): Estudio comparativo sobre diferentes métodos de valoración de la erosión hídrica en unas áreas piloto representativas de la provincia de Valencia. España. *Anales de Edafología y Agrobiología* 46: 1277-1290.
- Cendrero, A., Nieto, M., Robles, F. y Sánchez, J. (Directores) (1986): *Mapa Geocientífic de la Província de Valencia. Escala 1:200.000*. Diputación Provincial de Valencia, Universitat de València, Universidad de Cantabria, 71 pp.
- Colomer, J.C. (2001): *Desarrollo de un sistema de información de suelos para el ámbito mediterráneo valenciano*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universitat de València.
- Pérez, A., Pruñonosa, R. y Sánchez, J. (1987): Aplicación de la metodología de orientaciones de uso agrario a la comarca del valle de Ayora (Valencia). *III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, Valencia: 1535-1545.
- Recatalá, L. (1995): *Propuesta metodológica para planificación de usos del territorio y evaluación del impacto ambiental en el ámbito mediterráneo valenciano*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universitat de València.
- Recatalá, L. y Sánchez, J. (1998a): A weighting-rating method for evaluating soil erosion in the context of land use

- planning for the Valencian Mediterranean region. En: A. Rodríguez, C.C. Jiménez & M.L. Tejedor (eds.), *The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures*. Geoforma Ediciones, Logroño: 189-200.
- Recatalá, L. y Sánchez, J. (1998b): A weighting-rating method to evaluate soil erosion for land use planning: a case study in Sagunto area (Spain). En: J.L. Usó, C.A. Brebbia & H. Power (eds.), *Ecosystems and Sustainable Development, Advances in Ecological Sciences* 1: 521-530.
- Recatalá, L., Ive, J.R., Baird, I.A., Hamilton, N. y Sánchez, J. (2000): Land-use planning in the Valencian Mediterranean Region: Using LUPIS to generate issue relevant plans. *Journal of Environmental Management* 59: 169-184.
- Rubio, J.L., Sánchez, J., Sanroque, P. y Molina, M.J. (1984): Metodología de evaluación de la erosión hídrica en suelos del área mediterránea. *I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*, Madrid: 827-836.
- Sánchez, J., Rubio, J.L., Salvador, P. y Arnal, S. (1984a): Metodología de la Cartografía Básica. *I Congreso Nacional de Geología*, Segovia: 771-782.
- Sánchez, J., Martínez, V. y Rubio, J.L. (1984b): Metodología de Prescripción de Uso. Su aplicación en Benagéber (Valencia). *I Congreso Español de Geología*, Segovia: 761-769.
- Sánchez, J., Pérez, A., Bordás, V. y Pruñonosa, R. (1987): Recomendaciones y limitaciones de uso. Su aplicación en el valle de Ayora. *III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, Valencia: 1547-1564.
- Sánchez, J., Rubio, J.L., Molina, M.J., Boluda, R. y García-Fayos, P. (1988): El medio físico en los Planes Generales Municipales de Ordenación. Aplicación metodológica al municipio de Morella. *Revista Valenciana D'Estudis Autònoms* 10: 73-91.
- Sánchez, J., Añó, C., Carbó, E., Pascual, J.A., Antolín, C. y Colomer, J.C. (2000): Orientaciones de uso agrario de la Comunidad Valenciana. Escala 1:300.000. *Edafología* 7 (3): 1-10.
- Sanroque, P., Rubio, J.L. y Sánchez, J. (1984): Simulador de lluvia para el estudio de la erosionabilidad del suelo en laboratorio. *I Congreso Español de Geología*, Segovia: 783-794.
- van Zuidam, R.A. y van-Zuidam-Cancelado, F.I. (1979): *Terrain analysis and classification using aerial photographs. A geomorphological approach*. ITC Textbook of photo-interpretation, volume VII, chapter 6. ITC, Enschede, 310 pp.
- Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978): *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. USDA, Agriculture Handbook 537, Washington D.C., 58 pp.