

## EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN EN RELACIÓN CON LA DINÁMICA OCUPACIONAL DEL SUELO A PARTIR DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

M. CAMARASA BELMONTE  
A. BESCÓS ATÍN  
J. SANCHO COMÍNS

*Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. Proyecto H003/97  
Colegio de Málaga. C/ Colegio, 2. 28801 Alcalá (Madrid)*

### *Resumen:*

El trabajo aborda la tendencia del riesgo potencial de erosión en la cuenca media del río Mijares (Castellón), entre 1956 y 1990, en relación con la dinámica en la ocupación del suelo. La zona de estudio, constituye un área muy fracturada, de fuertes pendientes y grandes contrastes litológicos, donde las tierras de labor, que en los años 50 ocuparon una gran extensión, en la actualidad están siendo abandonadas, como consecuencia del cambio socioeconómico reciente. Mediante un Sistema de Información Geográfica, se estudian los Paisajes Erosivos de cada fecha, según el método del ICONA (1982) y posteriormente se comparan mediante cartografía dinámica. Asimismo, se calculan algunos de los principales índices de agresividad climática (Fournier, Fournier modificado y PCI) y se realiza una estimación aproximativa de las pérdidas en Tm/ha/año. Los resultados ponen de manifiesto cómo el retroceso de la agricultura ha posibilitado la colonización forestal y con ella la reducción de la erosión potencial.

### *Palabras clave:*

Erosión potencial, ocupación del suelo, agresividad climática, SIG

### *Abstract:*

**Evaluation of soil erosion risk in relation to soil-use dynamics using GIS.** This paper undertakes the trend of the potential erosion risk in the middle basin of Mijares river (Castellón region), between 1956 and 1990, related to the landscape changes. The study basin is a failed area, with steep slopes and big contrasts of lithology. Due to recent economical changes, agrarian surface, which had a big size in the fifties, has been abandoned. Maps of eroded landscape states for each date have been calculated and drawn by a GIS. Furthermore both maps have been compared by dynamic cartography. Several index of climatic aggressiveness (Fournier, modified Fournier and PCI) have also been calculated and approximate soil losses have been quantified. Results show that the agricultural recession has made possible the forest colonization and the soil erosion reduction.

### *Key words:*

Potential soil erosion, landscape changes, climate aggressiveness, GIS

## 1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de erosión acelerada del suelo se remontan al período neolítico, cuando el hombre comienza a cultivar la tierra. Sin embargo, es en el s. XX, cuando el problema alcanza dimensiones alarmantes. Erosión y desertificación constituyen el núcleo monotemático de las Conferencias de Nairobi, celebradas en los años 1977 y 1988, así como de la Convención sobre Desertificación de las Naciones Unidas (1994).

Aunque en un principio la atención principal se focaliza sobre las regiones áridas del globo, pronto los problemas que presenta el entorno mediterráneo comienzan a cobrar importancia. Aquí, los procesos de degradación del suelo aparecen históricamente ligados a causas de origen antrópico. Desde las primeras referencias al *agri deserti*, del Código del Emperador Teodosio —438 BC— (Rubio, 1995), hasta nuestros días, la intensificación de la erosión está relacionada con la esquilma y el posterior abandono de los campos de labor, así como con cambios en los usos del suelo y la inadecuada gestión de amplias superficies. A menudo, el problema entronca con la crisis de la agricultura tradicional, que repercute en el abandono de tierras de labor y el deterioro de las estructuras de conservación del agua (Mendizábal, 1994).

En este contexto, el caso de España resulta particularmente preocupante, ya que está considerado como el país europeo con mayor superficie en zona de riesgo de erosión, con pérdidas anuales que superan los 1000 millones de Tm (López Cadenas, 1988). El tema ha despertado un gran interés en los últimos años. Prueba de ello lo constituye el proyecto LUCDEME, al hilo del cuál diversos equipos de investigación han ido abordando los problemas de erosión para diferentes zonas del país. Las áreas más analizadas corresponden a la vertiente mediterránea, donde el problema se muestra más acuciante. Así, destacan, entre otros, los estudios sobre el área murciana dirigidos por López-Bermudez (1991, 1996), Albadalejo (1994) y Sánchez-Fuster (1996); los trabajos de Rubio (1988, 1995), Calvo *et al* (1991) y Cerdá (1995) sobre la zona valenciana; los de Marques (1991) sobre Cataluña y los de De La Rosa y Moreira (1987) sobre Andalucía. En la España húmeda, Benito (1991) ha realizado varios trabajos para comprobar la influencia del fuego y la tala en el incremento de la erosión.

El presente trabajo aborda las tendencias de la erosión potencial en relación con la dinámica de ocupación del suelo entre 1956-90, en la cuenca media del Río Mijares (Castellón). El análisis, llevado a cabo mediante un Sistema de Información Geográfica, se ha basado en la determinación de paisajes erosivos según la metodología del ICONA (1982) para ambas fechas y su posterior comparación a partir de cartografía dinámica. Asimismo se estiman las pérdidas y los índices de agresividad climática. Los resultados muestran una zona donde el abandono de la agricultura ha permitido la colonización forestal y la erosión potencial ha remitido considerablemente.

## 2. LA CUENCA MEDIA DEL MIJARES (CASTELLÓN)

El río Mijares drena una superficie aproximada de 4.000 Km<sup>2</sup>. Su cuenca, de forma alargada y dirección ibérica (NW-SE), se instala sobre la depresión tectónica (Simón y Pérez Cueva, 1980) que separa las sierras de Gudar, por el norte, y Espadán, por el sur. La zona objeto de estudio conforma un área de unos 670 Km<sup>2</sup>, sobre el sector del valle medio, entre los límites con la provincia de Teruel a Occidente, su salida a la Plana (Embalse de Sitjar) al Este y las correspondientes divisorias de aguas, al Sur con el río Palancia y al Norte con el río Lucena (afluente de la Rambla de la Viuda que, a su vez, arribará al propio Mijares, aunque ya en la Plana) (Figura 1).

Estructuralmente, el valle del Mijares se instala sobre un antiguo sinclinorio relleno de sedimentos, que fue fracturado y hundido durante la segunda fase distensiva de la orogenia alpina, tomando la forma de *graben* complejo (Pérez Cueva, 1988). Presenta un relieve muy contrastado, con grandes desniveles: aproximadamente la cuarta parte de la superficie presenta pendientes superiores al 25%, que obedecen al encajamiento fluvial del río Mijares y del Villahermosa, uno de sus principales afluentes. Las pendientes más suaves corresponden a las altas parameras de Zucaina, Cortes de Arenoso y Villahermosa del río (Figura 2).

También la litología es muy variada en este sector (Figura 3). Destacan las calizas y dolomías que, con una presencia del 47%, conforman las vertientes de los relieves septentrionales y afloran a lo largo del propio valle del Mijares. También son importantes los bancos de areniscas y conglomerados terciarios que tapizan los sectores altos interiores (41%). Mucha menos extensión (8.7%) ocupan los afloramientos triásicos de margas, arcillas y yesos, asomando en la cabecera del río Villahermosa y en la sierra de Espadán (junto a un



Fig. 1.

alargado paquete de pizarras paleozoicas). Los depósitos cuaternarios, apenas aparecen en estrechas bandas junto al canal.

La ocupación humana del valle ha sufrido un claro retroceso en las últimas décadas. A lo largo de la historia, la fuerte presión demográfica había llevado el cultivo hasta laderas y cuevas de fuerte pendiente. La gran regresión demográfica de los últimos treinta años (4.000 habitantes frente a los 14.000 de la década de los 50) ha supuesto importantes cambios en el terrazgo agrícola que van desde la reorientación o intensificación del cultivo hasta el abandono de las huertas tradicionales (Sancho, 1990). La Figura 4 muestra la dinámica en la ocupación del suelo entre 1956 y 1990. Las tierras labradas se pierden en un 24%, mientras que las nuevas roturaciones apenas afectan a un 2% de territorio. Desde la óptica de la erosión, el cambio más interesante es el proceso de forestación (fundamentalmente a base de pinos): el bosque ha doblado su presencia, pasando de ocupar el 23% del territorio en 1956 al 44% en 1990, a costa del abandono de las tierras de labor. Otras variaciones importantes son la práctica desaparición del garrobal, el retroceso de los secanos cerealistas a las altas parameras y la transformación de las huertas, antaño arboladas, y, ahora, invadidas por los cítricos o abandonadas (Sancho *et al.*, 1996).

### 3. EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA EROSIVA ENTRE 1956 Y 1990

La evaluación del riesgo de erosión y la cuantificación de las pérdidas de suelo constituye uno de los temas más debatidos actualmente. No se puede hablar de una metodología consensuada, ni siquiera de un planteamiento unánime del problema. Antes, al contrario, podemos encontrar desde trabajos meramente descriptivos

Fig. 2. Pendientes de la cuenca del río Mijares.

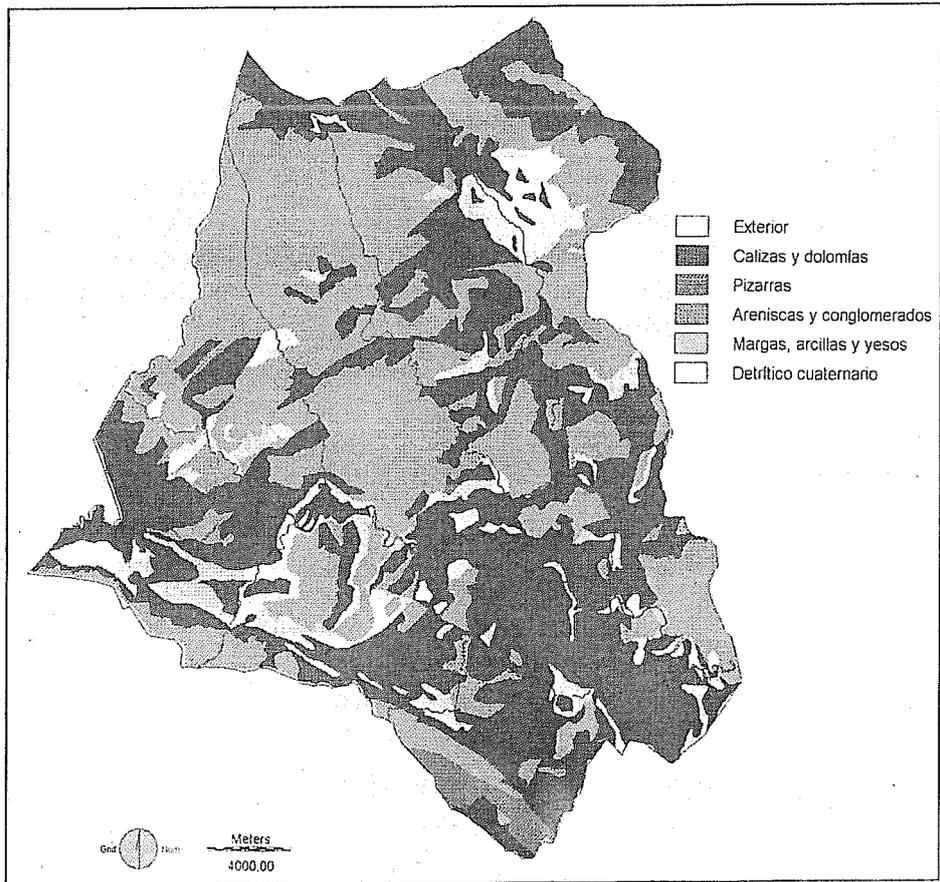
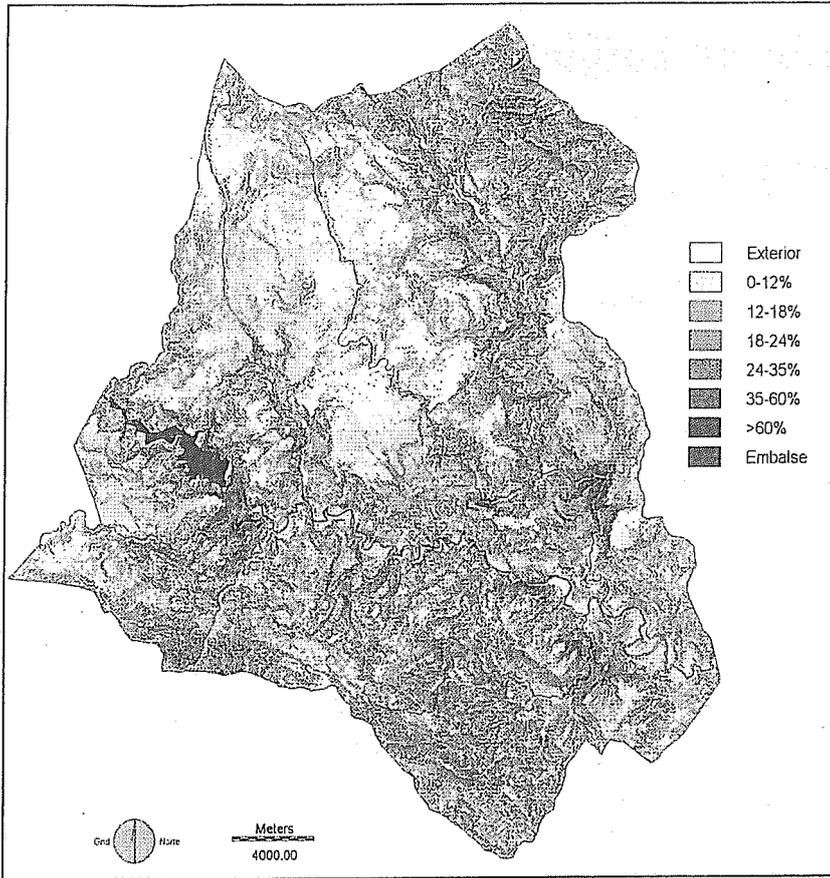


Fig. 3. Litología de la cuenca media del río Mijares.

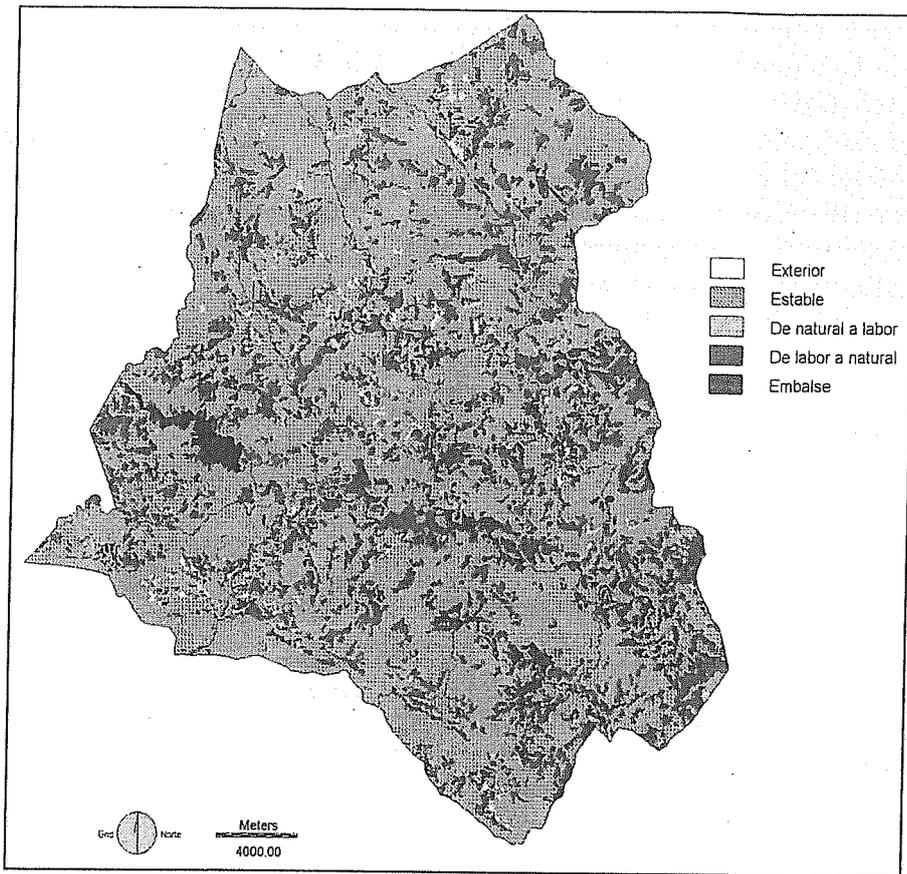


Fig. 4. Dinámica ocupacional entre 1956 y 1990

vos hasta otros que aplican complejos modelos matemáticos basados en las leyes físicas del proceso. Prácticamente todos los autores coinciden, sin embargo, en cuáles son los principales factores que deben analizarse en los estudios de erosión: clima, suelo, relieve, y cubierta vegetal (López Cadenas, 1988). La manera de combinar estas variables es la que establece las diferencias. En este sentido, la erosión es un fenómeno que puede ser cuantificado o cualificado (Moreira, 1991). En el primer caso, se utilizan ecuaciones que estiman las pérdidas en Tm/ha/año, entre las que destaca la USLE, con diferentes adaptaciones de sus parámetros a las particularidades locales. En el segundo caso, los métodos están dirigidos fundamentalmente a establecer una gradación en el estado de erosión de una zona, con objeto de habilitar estrategias de protección (ITC, ICONA).

Los objetivos que se persigan, la escala a la que se trabaje y la disponibilidad de medios y de información constituirán la base de la selección de un método u otro. El presente trabajo aborda la evolución en la tendencia erosiva del valle del Mijares entre 1956 y 1990. Para la evaluación de la degradación del suelo en cada fecha nos hemos decantado por el método cartográfico para la representación de paisajes erosivos elaborado por el ICONA (1982), que permite clasificar un territorio en paisajes erosivos (áreas con similares características referidas a la erosión), mediante la integración, no lineal, de tres factores básicos: pendientes, litología y cubierta vegetal. La combinación de pendiente y litología proporciona un mapa de susceptibilidad geomorfológica a la erosión. En el lado contrario, la combinación de pendiente y cubierta vegetal proporciona un indicador de protección del suelo. Por último, la superposición de los mapas de susceptibilidad geomorfológica y protección del suelo proporciona la cartografía de paisajes erosivos.

Este tipo de análisis, basado en la superposición y comparación entre diferentes capas de datos, entronca adecuadamente con el modo de operar de un Sistema de Información Geográfica y, de hecho, cada vez son más los trabajos sobre erosión realizados con estos instrumentos (de Roo, 1993; Bosque, 1994; Co-

nesa, 1996). En la zona de estudio, el análisis se llevó a cabo con el *software* IDRISI, según el modelo cartográfico de la Figura 5. La información de partida, tiene como escala de referencia 1:50.000 y está constituida por: el Modelo Digital del Terreno (adquirido al IGN) con un tamaño de píxel de 25x25 m; el mapa de litología (basado en la cartografía editada por el IGME); el mapa de ocupación del suelo de 1956 (elaborado a partir de fotointerpretación) y el mapa de ocupación del suelo de 1990 (confeccionado a partir de los mapas de usos del suelo del MAP y de la fotografía aérea). Los procesos de análisis consisten fundamentalmente en la valoración de las capas en función de la erosión, en su combinación mediante las funciones de superposición y tabulación cruzada y en la clasificación de los resultados. Las matrices de codificación de cada factor, siguiendo estrictamente las directrices del ICONA se muestran en las tablas I, II y III.

Tabla I. Matriz de la susceptibilidad geomorfológica

Litología	Pendiente (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
	0-12	12-18	18-24	24-35	35-60	>60
Calizas y dolomías	C	B	B	A	A	A
				3	2	2
Pizarras	C	B	B	A	A	A
				3	2	2
Areniscas y conglomerado	C	B	A	A	A	A
			3	2	2	2
Margas, arcillas y yesos	C	B	A	A	A	A
			3	2	2	2
Detrítico cuaternario no consolidado	C	B	A	A	A	A
			3	2	2	2

Tabla II. Matriz de protección del suelo

Ocupación del suelo	Pendiente (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
	0-12	12-18	18-24	24-35	35-60	>60
Bosque	1	1	1	1	1	1
Matorral	0.8	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2
Secano	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
Secano leñoso	0.6	0.4	0.2	0	0	0
Regadío	0.9	0	0	0	0	0

Tabla III. Estados erosivos potenciales

		Protección del suelo					
		I	0.9	0.8-0.7	0.4-0	0	
		Estados erosivos					
Susceptibilidad geomorfológica	A <sub>2</sub>	1	7	—	1	1	2
	A <sub>3</sub>	2	7	—	3	1	2
	B	3	7	—	3	3	2
	C	4	7	6	4	4	—

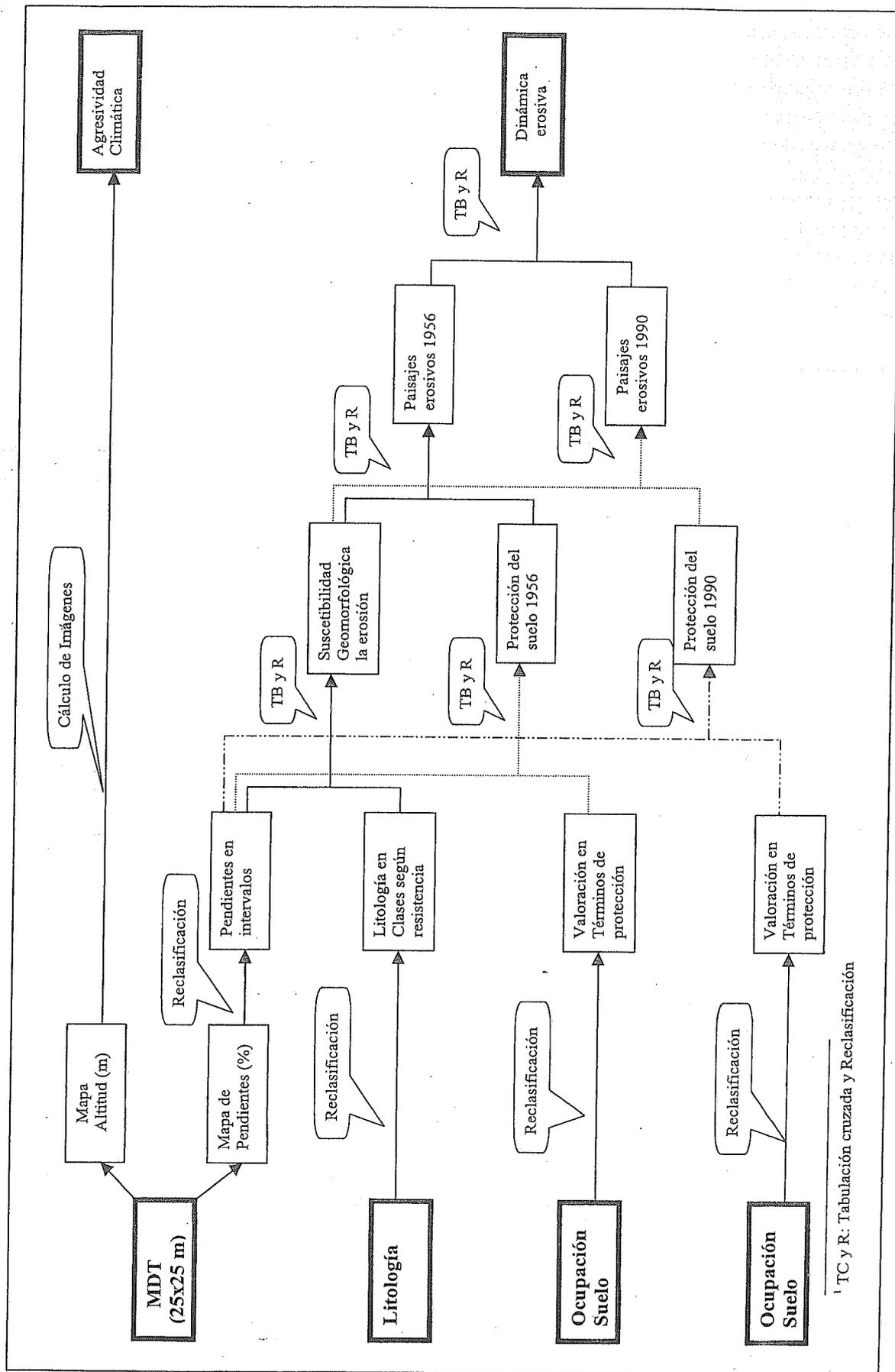


Fig. 5.

Se obtuvieron así los mapas de estados erosivos potenciales para cada fecha, en los que los que existe una gradación de tipos desde los estados de tipo 1, con una erosión más severa, hasta los de tipo 7, de erosión mínima. Posteriormente se ha elaborado una cartografía dinámica, comparando ambos mapas mediante funciones de tabulación cruzada, y representando la tendencia del proceso a incrementarse o a remitir.

Somos conscientes de la importancia del factor clima, sobre todo en un entorno de características semiáridas (Walling y Wedd, 1983) que la metodología del ICONA no contempla. En este sentido, existen numerosos índices para estimar la agresividad climática (Weischmeier y Smith, 1958; Fournier, 1960; Hudson, 1971). Con objeto de poder incluir la capa climática en etapas posteriores del trabajo, en la zona de estudio se elaboraron los índices de agresividad climática de Fournier (1960), Fournier modificado (Arnoldus, 1980) y el PCI (Oliver, 1980) a partir de los datos de 14 estaciones meteorológicas, con un registro de 30 años (Pérez Cueva, 1994).

• *Índice de Fournier:*

$$F = \frac{p_{\max}^2}{p_t}$$

Siendo:  $p_{\max}$  la precipitación del mes más lluvioso y  $p_t$  la lluvia anual

• *Índice de Fournier modificado:*

$$Fm = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{p_t}$$

Siendo:  $p_i$  la precipitación de cada mes

• *Índice PCI:*

$$PCI = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} p_i)^2}$$

Para proceder a la espacialización de los resultados se comprobó el grado de correlación de los índices con el relieve. Los resultados fueron satisfactorios únicamente para el índice de Fournier ( $r = 0.7$ ). El mapa de altitudes sirvió de base para interpolar los datos de este índice de agresividad, según la curva de regresión logística  $y = 109,37x^{-0,3645}$ , mediante la opción de cálculo con imágenes de IDRISI.

Por último, y únicamente como marco de referencia y orden de magnitud, se estimaron las pérdidas, en Tm/hac/año, en el valle, mediante el índice de erosividad de Fournier, que toma en cuenta la agresividad de la lluvia, el factor orográfico y el coeficiente de masividad de Martonne, según la siguiente expresión:

$$\text{Log } D = 2.65 \log p^2/P + 0.46 \log H \text{ tg } \infty - 1.56$$

Siendo:

D = degradación específica en Tm/Km<sup>2</sup>/año

H = altura media de la cuenca

$\infty$  = pendiente media de la cuenca

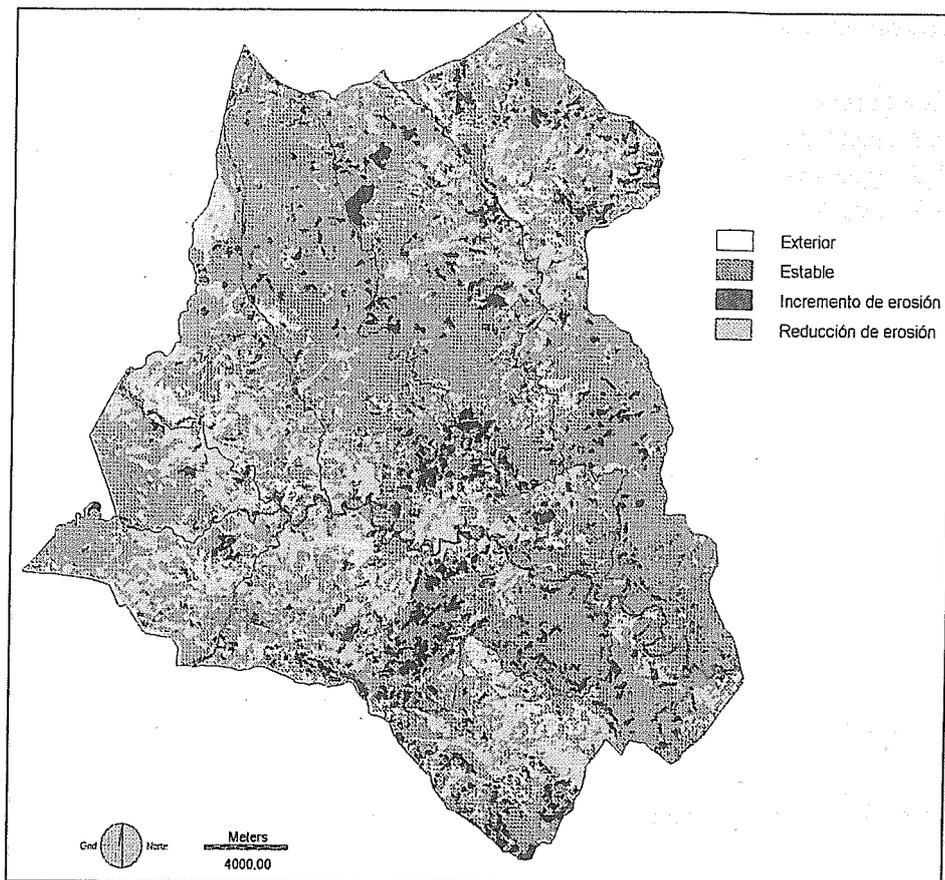


Fig. 6. Dinámica erosiva potencial entre 1956 y 1990.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dinámica erosiva potencial entre 1956 y 1990 puede observarse en el mapa de la Figura 6. Mientras el 65% del territorio permanece estable, en el 35% restante tienen lugar cambios importantes, tendentes al incremento en un 7% y a la reducción en un 28%.

El área donde la tendencia a la erosión aumenta es reducida —47 Km<sup>2</sup>— y aparece sobre todo en la margen izquierda de la cabecera del barranco de Ayodar y en las proximidades de la sierra del Cabezo, en el valle del barranco de Santa Ana. El cambio está relacionado fundamentalmente con la degradación del bosque a matorral, en zonas de gran pendiente y muy fracturadas, donde los procesos de meteorización se aceleran y se dificulta la regeneración de la capa arbórea.

La dinámica mayoritaria, sin embargo, es hacia una reducción de la erosión potencial, relacionada con la regeneración de la masa forestal que, en esta zona, ha seguido al abandono agrícola. Es importante el paso de secano a matorral, que afecta al 15% del territorio y a bosque, 9% del territorio. Mayor extensión, 119 Km<sup>2</sup> —19% del total— presenta la transformación de matorral a bosque, como confirmación del proceso de colonización natural. Los cambios más espectaculares pueden observarse en la parte sur de la cuenca, en la sierra de Espadán, entre el cauce del Mijares y la divisoria de aguas. También se presenta una tendencia similar el sector NE de la cuenca, en el valle del río Villahermosa.

Por último aparecen como estables las zonas del río de menor pendiente, ubicadas fundamentalmente en las altas parameras del interior, entre los ríos del Cortes de Arenoso y Villahermosa. Aquí las litologías son

resistentes y los cambios de usos no han sido tan bruscos, ya que sigue conservándose una agricultura de cereal.

La tabla IV nos permite una aproximación más detallada a la evolución de los paisajes erosivos. En ella podemos corroborar que el retroceso de la erosión potencial ha sido más significativo (10%) para los estados erosivos de tipo 1 y 2, que son los de erosión más severa, mientras que el incremento (21.1%) afecta al estado 6, que implica un leve grado de erosión.

Tabla IV. Evolución de los estados erosivos

<i>Estados erosivos</i>	<i>Porcentaje de territorio en 1996</i>	<i>Porcentaje de territorio en 1996</i>	<i>Evolución (%)</i>
Tipo 1	23,5	17,0	-6,5
Tipo 2	4,4	1,1	-3,4
Tipo 3	20,9	18,0	-2,9
Tipo 4	27,4	18,9	-8,4
Tipo 5	0,6	0,6	0,0
Tipo 6	22,8	43,	21,1
Tipo 7	0,5	0,5	0,0
Total	100,0	100,0	

Por lo que respecta a la agresividad climática (Tabla V) resaltar que los valores más altos se dan en la parte baja del valle, donde tienen lugar las precipitaciones más intensas como consecuencia de la disposición orográfica del valle, en forma de embudo abierto al mar y, por lo tanto, a la entrada de los flujos húmedos de levante.

Tabla V. Índices de agresividad climática

<i>Estaciones</i>	<i>Índice de Fournier</i>	<i>Índice de Fournier modificado</i>	<i>PCI</i>
ALCORA	16.37	39.01	10.72
ARAÑUEL	9.78	50.12	9.3
BARRACAS	6	31.89	9.67
CORTES DE ARENOSO	9.08	50.47	9.19
EMB. DE ALCORA	14.83	48.07	9.91
EMB. M <sup>a</sup> CRISTINA	17.12	48.8	10.18
GAIBIEL	11.28	54.73	9.39
LA VAL D'UXÓ	23.82	56.74	11.27
LLUCENA	12.18	47.01	9.43
MONTANEJOS	8.8	47.15	9.27
ONDA	13.31	54.23	9.88
SEGORBE	10.3	46.64	9.61
ZUCAINA	13.08	58.97	9.38
PUERTOMINGALBO	10.50	53.06	9.41

En lo que respecta a la estimación aproximativa de la pérdida de suelo en Tm/ha/año, el índice de erosividad de Fournier ofrece resultados muy bajos, entorno a las 0.6 Tm/ha/año. Estos resultados no han sido comprobados con mediciones en parcelas experimentales. Sin embargo, el reconocimiento directo sobre el

territorio, así como el contraste con los habitantes de la zona, parece corroborar la oportunidad de los mismos. Asimismo, los datos volumétricos del embalse de Sitjar, ponen de manifiesto que no ha sufrido prácticamente aterramiento desde su construcción. De hecho, es uno de los pocos embalses de la Confederación Hidrográfica del Júcar que no ha precisado revisar su curva de gasto, dada la baja tasa de erosión real de la zona.

Estas tasas de erosión tan bajas, contrastan mucho con las estimadas para otras zonas de la península. Así, Kok *et al* (1995) calculan unas pérdidas medias de 48.9 Tm/ha/año para la Comunidad Valenciana. Rubio (1988) llega a estimar tasas superiores a los 300 Tm/ha/año para las zonas más sensibles de la provincia de Valencia. En Cataluña, Marqués y la Roca (1990) hablan de variaciones interanuales entre 0.8 y 24 Tm/ha/año. En Murcia, Sánchez-Fuster (1996) calcula unas 30 Tm/ha/año y López-Bermúdez y Albadalejo (1990) llegan a medir en estaciones experimentales tasas de 200 Tm/ha/año. Debe tenerse en cuenta las diferentes metodologías con las que se trabaja y las cuestiones de escala entre parcelas experimentales y grandes superficies. El presente trabajo no pretende cuantificar la erosión. De hecho, el burdo método de Fournier únicamente pretende ofrecer un orden de magnitud. Nuestros resultados, en tanto que abordan las tendencias generales en relación con la dinámica de ocupación del suelo, están más en la línea de los obtenidos por García Ruiz (1994) y García Ruiz y Lasanta-Martínez (1996) en la Depresión del Ebro, donde se pone de manifiesto que los ambientes de montaña permiten una restauración rápida de la vegetación que reduce la erosión.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inscribe en el proyecto H003/97 de la Universidad de Alcalá.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBADALEJO, J. (1994): La erosión de los suelos agrícolas en España: aspectos cualitativos y cuantitativos de los factores de control. En *Seminario teórico-práctico de erosión y degradación de suelos agrícolas y forestales*, SEG
- ARNOLDUS, H.M. (1980): An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. En: M. de Boodts y D. Gabriels *Assesments of erosion*, 127-132 pp.
- BENITO, G.; SOTO, B. y DÍAZ-FIERRO, F. (1991): Soil erosion in NW Spain. En M. Sala, J.L. Rubio y J.M: García-Ruiz (ed.), *Soil erosion studies in Spain*, 55-74 pp
- Bosque, J. (1994): Sistemas de información geográfica y erosión del suelo, En *Seminario teórico-práctico de erosión y degradación de suelos agrícolas y forestales*, SEG
- CALVO-CASES, A.; HARVEY, A.M. y PAYÁ, J. (1991): Process interactions and badland development in SE Spain. En M. Sala, J.L. Rubio y J.M: García-Ruiz (ed.), *Soil erosion studies in Spain*, 75-90 pp
- CERDÁ, A (1995): Surface hydrology of three burnt soils, South-East Spain. *Desertification in a European context*, 437-446 pp
- CONESA, C (1996): Micro-morphologie superficielle d'un badland semi-aride: mesures topographiques et GIS. En: López Bermúdez y Gognon (ed.), *Erosion hydrique, desertification et aménagement dans l'environnement méditerranéen semi-aride*, 157-186 pp
- DE LA ROSA, D. y MOREIRA, J.M. (1987): *Evaluación ecológica de los recursos naturales de Andalucía. Aproximación al conocimiento necesario para planificar el uso y protección de tierras*, 192 pp

- DE ROO, A.P.J. (1993): Modelling surface runoff and soil erosion incatchments using Geographical Information Systems. *Nederlandse Geografische Studies*, 157, 179 pp
- FOURNIER, F. (1969): Climat et erosion: la relation entre l'erosion du sol par l'eau et les precipitations atmospheriques. *Pres. Univ. France*, 201 pp
- GARCÍA RUIZ, J.M. (1994): Erosión y degradación de suelos como consecuencia del abandono de explotaciones agrícolas en España. En *Seminario teórico-práctico de erosión y degradación de suelos agrícolas y forestales*, SEG
- GARCÍA RUIZ, J.M. y LASANTA MARTÍNEZ, T. (1996): Changements des utilisations agricoles du sol et developpement durable dans les Pyrenées centrales espagnoles. En: F. López Bermúdez y P. Rognon (ed.), *Erosion hydrique, desertification et aménagement dans l'environnement méditerranéen semi-aride*, 187-212 pp
- HUDSON, N.W. (1971): *Soil conservation*. Cornell Univ. Press, Ithaca, 320 pp
- I.C.O.N.A. (1982): *Paisajes erosivos en el sureste español. Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación*. M.A.P. Proyecto LUCDEME. Monografía ICONA, nº 26. Madrid
- KOK, K.; CLAVAU, M.; HEEREBOU, W. y BRONSVELD, K. (1995): Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and CORINE database: a case study in Spain. *ITC Journal*, 217-228 pp
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1996): L'erosion hydrique des sols et leur control.
- LÓPEZ CADENAS, F. (1988): La erosión en España, *Riesgos Geológicos*, IGME, 163-174 pp
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F.; ROMERO-DÍAZ, M.A. y MARTÍNEZ-FERNANDEZ (1991): Soil erosion in semi-arid mediterranean environment. El Ardal experimental field (Murcia, Spain).
- MARQUÉS, M.A. (1991): Soil erosion research: experimental plots on agricultural burnt environments near Barcelona. En M. Sala, J.L. Rubio y J.M. García-Ruiz (ed.), *Soil erosion studies in Spain*, 153-164 pp
- MENDIZÁBAL, T. (1994): Erosión y degradación de los suelos agrícolas y forestales. En *Seminario teórico-práctico de erosión y degradación de suelos agrícolas y forestales*, SEG.
- MOREIRA, J.M. (1991): *Cartografía de uso y erosión de suelos. Una aproximación a ala evaluación de tierras en Andalucía*, Junta de Andalucía y Agencia de Medio Ambiente, 446 pp
- OLIVER, J.E. (1980): Monthly precipitation distribution: a comparative index. *Professional Geogr.*, 32 (3), 300-309 pp
- PÉREZ CUEVA, A.J. (1988): *Geomorfología del sector ibérico valenciano entre los ríos Mijares y Turia*, Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, 217 pp
- PÉREZ CUEVA, A.J. (1994): *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana*. Col.leccióTerritori, n 4, 205 pp
- RUBIO, J.L. (1988): Erosion risk mapping in areas of the Valencia rovince (Spain). En: *Erosion assessment and modelling*, 25-41 pp
- RUBIO, J.L. (1995): Desertification: evolution of a concept. *Desertification in a European context*, 5-13 pp
- SÁNCHEZ-FUSTER, M.C. (1996): Actions des organismes publics tenant de freiner la perte de sol dans le bassin du Segura, Murcia (Espagne). En: F. López Bermúdez y P. Rognon (ed.), *erosion hydrique, desertification et aménagement dans l'environnement méditerranéen semi-aride*, 235-248 pp
- SANCHO, J (1990): *Itinerarios por el valle del Mijares*, Universidad de Alcalá, 181 pp
- SANCHO, J; GALVE, A. y NAVALPOTRO, P. (1996): Densidad funcional en áreas de montaña: evaluación de la dinámica y propuetas de actuación en el valle del Mijares (Castellón). *VIII Coloquio de Geografía Rural*, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de Jaca.

- SIMÓN J.L. y PÉREZ CUEVA, A.J. (1980): El Trías extrusivo al N de la Sierra de Espadán: aspectos tectónicos y morfotectónicos, *Cuadernos de Geografía*, Universidad de Valencia, 27, 143-156 pp
- WALLING, D.E. y WEDD, B.W. (1993): Patterns of sediment yield. En Gregory, K.J. (ed.): *Background to paleohydrology*, 69-100 pp
- WISCHMEIER, W.H. y SMITH, D.D. (1958): Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Un.* 39, 285-291 pp

