

JULIO MUÑOZ JIMÉNEZ

Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad Complutense, Madrid

La incidencia de las repoblaciones forestales recientes (1948-1993) sobre los niveles de susceptibilidad a la erosión en la cuenca del Sorbe (Guadalajara. España)

RESUMEN

La cuenca del Sorbe ha sido objeto de importantes acciones de repoblación forestal durante la segunda mitad del siglo XX, con la finalidad de favorecer la conservación de los suelos y atenuar la erosión. Utilizando una adaptación del Método para la Evaluación de la Erosión desarrollado por la ITC se ha podido apreciar cómo antes del comienzo de las repoblaciones el nivel de susceptibilidad a la erosión era considerablemente alto y cómo tras la conclusión de éstas ha disminuido de forma apreciable, pero no muy significativa. Se ha apreciado también cómo en esta reducción ha tenido un papel importante la recuperación de la vegetación arbustiva natural.

RÉSUMÉ

L'influence des reforestations récentes (1948-1993) sur les niveaux de susceptibilité à l'érosion dans le bassin du fleuve Sorbe (Guadalajara. Espagne).- Le bassin du fleuve Sorbe a été largement reboisé pendant la deuxième moitié du XX^{ème} siècle afin de favoriser la conservation des sols et de réduire l'érosion. L'application d'une adaptation de la méthode développée par l'ITC a permis d'évaluer un considérablement haut niveau de susceptibilité à l'érosion avant le commencement de la reforestation et une sensible, mais peu significative, diminution de ce niveau une fois le reboisement fini. L'influence du recouvrement de la végétation arbustive naturelle sur cette réduction a aussi pu être mesuré.

ABSTRACT

The influence of recent afforestations (1948-1993) in susceptibility to erosion levels in the river Sorbe basin (Guadalajara. Spain).- The Sorbe River Basin has been amply afforested during the last half of twentieth century towards soil conservation and erosion amendment. Using an adaptation of the Method for Evaluation of Erosion Susceptibility created in ITC and aerial photography covers of the area at different dates, it could be seen how the susceptibility to erosion level before the afforestation was considerably high and how after forty years of intense afforestation it had been decreased appreciably, but not too much. We also appreciate how the decrease of this level has been influenced by the natural heath's recuperation.

Palabras clave / Mots clé / Key words

Repoblación forestal, susceptibilidad a la erosión, conservación de suelos, clasificación de territorios.

Reforestation, susceptibilité à l'érosion, conservation de sols, classification de territoires.

Afforestation, erosion susceptibility, soil conservation, terrain classification.

EL RÍO Sorbe forma parte del sistema hidrográfico del Tajo, al que vierte sus aguas a través del Henares, del que es afluente, y del Jarama. Con un trazado N-S y una longitud próxima a los 90 Km., entre Campisábalos y Humanes de Mohernando (Guadalajara), puede

definirse como un curso de montaña medianamente caudaloso que atraviesa los relieves orientales del Sistema Central español y drena una parte importante de los macizos paleozoicos de Ayllón y del Ocejón, junto con las sierras y altiplanos mesozoicos que las enmarcan y un

CUADRO I. Desarrollo cronológico de las reforestaciones en la cuenca del Sorbe (según FERNÁNDEZ MUÑOZ, 1998)

Período	Has repobladas	Has repobladas al final del período
1948-1950	86	86
1951-1960	1.354	1.440
1961-1970	2.674	4.114
1971-1980	10.752	14.866
1981-1990	304	15.170
1991-1993	38	15.208

pequeño sector marginal de la Cuenca Terciaria de Madrid. Desde los años centrales del siglo xx su régimen se encuentra regulado como consecuencia de la construcción de dos presas, una en su tramo central (Pozo de los Ramos) y otra a pocos kilómetros de su desembocadura (Beleña). Aguas arriba de esta última la cuenca del Sorbe tiene una superficie de 46.805 Ha y sobre ella se ha desarrollado entre los años 1948 y 1993 una importante actividad reforestadora, cuyo resultado es la presencia de 15.208 Ha. de nuevos pinares (equivalentes al 32,5% de su extensión total) (Fig. 1 y Cuadro I). Dicha repoblación forestal fue planificada y llevada a cabo con la finalidad expresa de propiciar «la conservación del suelo y la corrección de la erosión» y, mediante ello, mejorar el aprovechamiento económico del territorio y limitar el aterramiento de los embalses.

El objeto del presente artículo es mostrar un balance acerca de los cambios que se han registrado en la susceptibilidad a la erosión de los suelos de este territorio mayoritariamente montañoso desde el comienzo del período indicado hasta el final del siglo xx, intentando determinar la influencia que en ellos ha tenido la acción repobladora efectuada a lo largo de casi 45 años, pero muy concentrada en los años setenta. En esta década se efectuó el 70,7% de las plantaciones de pinos, por lo que los nuevos pinares de *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster* y *Pinus nigra* (que se suman a los bosques naturales de pino silvestre que ocupan algo más de 6.000 Ha en el sector tabular de la cabecera de la cuenca) tienen hoy en su mayor parte una edad próxima a los 25 años.

I

MÉTODO DE ANÁLISIS Y VALORACIÓN

El nivel de «susceptibilidad a la erosión» se ha establecido y evaluado conforme a las Claves de la ITC (VAN ZUIDAM y VAN ZUIDAM-CANCELADO, 1979), susti-

tuyendo en algunos aspectos el método o la técnica empírica de obtención de datos por sistemas de cálculo o de reconocimiento de campo más precisos. Como es conocido, el valor de dicho nivel es convencional —es un número en una escala de 1 a 100, que se ha dividido en «clases» o intervalos— y se obtiene sumando las puntuaciones correspondientes a una serie de parámetros (Pendiente, Vegetación y uso del suelo, Condiciones climatológicas, etc) (Cuadro II). Para el análisis de la cuenca del Sorbe estos parámetros se han agrupado en los cuatro «factores» siguientes:

Factor 1. Topografía-hidrografía.- Hace referencia al valor de la pendiente y a la densidad de líneas de drenaje (cauces) que se registra en el área estudiada. Utilizando como base y fuente de información el modelo digital del terreno correspondiente a la cartografía a escala 1:25.000 del I.G.N. con el apoyo de fotografía aérea a escala 1:30.000 (en concreto el Vuelo Nacional de 1984-85), este primer factor se ha hallado multiplicando por 10 el resultado de aplicar la fórmula propuesta por Simonov para determinar la susceptibilidad intrínseca a la erosión (Si) a unidades homogéneas (cuadrados de 6,25 Ha.) que cubren todo el área de estudio. Dicha fórmula es:

$Si = \text{Tangente de la pendiente} \times \text{Densidad de drenaje}$
(en Km/Km²)

Se le ha considerado equivalente al «Parámetro A» de las Claves de la ITC y, como en ellas, su valor oscila entre 3 y 39.

Factor 2. Roca-suelo.- Hace referencia a la naturaleza, textura, estado y disposición de las rocas aflorantes y del desarrollo de los suelos existentes sobre ellas. Coincide con el «Parámetro E» de las Claves de la ITC y se ha hallado aplicando estrictamente los criterios y puntuaciones señalados en ellas a 40 cortes reconocidos en el campo y correspondientes a las unidades litológicas existentes en el área. De ellos 35 corresponden a las 7 unidades más importantes y extensas (5 a cada una) y los 5 restantes a las unidades muy escasamente representadas, siendo las áreas de afloramiento (establecidas por la cartografía geológica) los ámbitos de atribución de los resultados obtenidos. Los valores de este factor varían entre 3 y 28.

Factor 3. Clima.- Hace referencia a la capacidad del clima para desencadenar procesos de arroyada y, en general, de erosión de suelos. De acuerdo con las claves de la ITC («Parámetro C»), se ha hallado teniendo en cuenta el número de «aguaceros» que por término medio se registran cada año en las estaciones meteorológicas situa-

CUADRO II. *Parámetros de evaluación y escala de clases de susceptibilidad a la erosión de la ITC (versión original, traducida al español por SANCHO MARCÉN, 1997)*

Parámetros		Baremo	Parámetros		Baremo
A) Pendiente			E) Suelo y roca madre		
Tipo en %			1. Profundidad material no consolidado (cm.)		
0-2	Llano o casi llano	1	>150	Muy profundo	1
3-7	Poco pendiente	2	100-150	Profundo	1
8-13	Pendiente	4	50-100	Poco profundo	2
14-20	Poco escarpado	8	25-50	Superficial	3
21-55	Escarpado	16	<25	Muy superficial	4
56-140	Muy escarpado superior a 140%	24	2. Textura		
		28		Turbosa	1
<i>longitud de pendiente en mts.</i>				Grava	1
<15	Muy corta	1		Arena gruesa	2
15-50	Corta	2		Limo y arcilla	4
50-150	Algo larga	4		Arena fina y limo	8
150-300	Larga	6	3. Susceptibilidad de fragmentación		
>300	Muy larga	8		Ninguna	0
<i>forma de la pendiente</i>				Débil	1
	Cóncava	1		Moderada	3
	Convexa	2		Fuerte	5
	Recta	3	4. Compactación del suelo		
B) Vegetación y uso del suelo				Muy consolidado	1
Densidad % Tipo				Poco consolidado	2
>75	Densamente cultivado, pastos permanentes, bosques	1		No consolidado	4
51-75	Bosques degradados	2	5. Estructura de la roca subyacente		
26-50	Zonas de pastoreo, rastrojos, matorral	4		Estratif. horizontal	0
11-25	Cultivos extensivos, bosques quemados	8		Estratif. vertical	1
<10	Eriales/barbechos	16		Poco inclinada	1
C) Condiciones climatológicas				Medio inclinada	2
Frecuencia fuertes aguaceros				Muy inclinada	3
	Excepcional	1	6. Profundidad capas impermeables		
	1 en 1 año	2		>150 Profundidad	0
	Varios en 1 año	4		100-150 Poco profunda	1
D) Grados de erosión y movimiento en masa				50-100 Algo superficial	2
1. Grado de erosión eólica				<50 Superficial	4
	Ninguna	0	F) Prácticas de conservación		
	Débil	1	1. En el terreno		
	Moderada	2		Bancales	-6
	Fuerte	4		Terrazas	-4
2. Grado de erosión laminar				Arado según curvas nivel	-2
	Ninguna	0	2. En la red de drenaje		
	Débil	1		Represas	-4
	Moderada	2		Canales	-2
	Fuerte	4		Caballones	-1
3. Grado de erosión de la red de drenaje			Clases de susceptibilidad que se obtienen por el sumatorio de estos índices		
	Ninguna	0	Clase	Sumatorio	Descripción
	Débil	1	1	0-8	Nula
	Moderada	2	2	9-16	Débil
	Fuerte	4	3	17-32	Moderada
4. Grados de erosión por movimientos en masa			4	33-48	Alta
	Ninguna	0	5	49-64	Muy alta
	Débil	1	6	>64	Altísima
	Moderada	2			
	Fuerte	4			

CUADRO III. Escala adaptada de las «Clases de Susceptibilidad a la Erosión» de la ITC

Sumatorio	Clase
Más de 90	Excepcionalmente alta
65-89	Altísima
49-64	Muy alta
42-48	Alta
33-41	Moderadamente alta
17-32	Moderada
9-16	Débil
0-8	Nula

das en el área, entendiéndose por aguaceros las pluviocidades diarias situadas en el intervalo superior (>30 mm.) de las fichas-resumen anuales del Instituto Nacional de Meteorología. Los valores de este factor varían de 1 a 4.

Factor 4. Cubierta vegetal, huellas de erosión y prácticas de conservación.— Se refiere a la densidad y a los caracteres del recubrimiento de vegetación y, en relación con él, a la importancia de las manifestaciones erosivas y de las obras efectuadas para el control o la reducción de éstas. Se ha hallado por medio de medida en el campo, utilizando una técnica inspirada en el trabajo de L. M. Ortigosa sobre las repoblaciones en La Rioja (ORTIGOSA, 1990); dicha técnica consiste en lo siguiente:

a) Con el apoyo de una cobertura de foto aérea reciente (en este caso el Vuelo Nacional de 1994, a escala 1:40.000), se realiza una cartografía de vegetación y usos, siendo los tipos y los recintos definidos en ella las unidades de análisis.

b) En el territorio correspondiente a cada uno de los recintos —que en el caso de los pinares de repoblación se precisan teniendo en cuenta la edad y la técnica de plantación— se establecen una serie de Estaciones o puntos representativos, objeto de análisis directo.

c) En cada una de las Estaciones (240 en total para cubrir el territorio estudiado) se tiende una cinta métrica de 20 m. de largo en el sentido de la pendiente y se mide sobre ella la longitud cubierta por plantas de talla arbórea (CA), la longitud cubierta por plantas de talla infra-arbórea (CI), la longitud correspondiente a segmentos (naturales o artificiales) con menos del 5% de inclinación (PI) y la longitud correspondiente a segmentos artificiales de más del 30% de inclinación (PS). Se tiende después dicha cinta de 20 m. en sentido perpendicular a la pendiente y se mide sobre ella la longitud correspondiente a segmentos afectados o removidos por la arroyada (SA). Las cinco medidas obtenidas se pasan a porcentajes.

d) Se halla el componente A (Recubrimiento vegetal) mediante el cálculo de la media de CA, CI y PI; el valor resultante se transforma en puntuación aplicando las Claves de la ITC (Parámetro B).

e) Se halla el componente B (Erosión apreciable) sumando PS y SA y dividiendo el valor resultante entre 10.

f) Sumando los valores de ambos componentes se obtiene la puntuación en el Factor 4, que varía entre 0 y 29.

Como se ha indicado, la suma de las puntuaciones en los cuatro factores expresa el nivel de susceptibilidad a la pérdida de suelo que se registra en cada una de las unidades de 6,25 Ha (1/16 Km²) de superficie definidas por la retícula establecida sobre el modelo digital del terreno. Los índices obtenidos se han agrupado y cualificado conforme a la escala que se expone en el Cuadro III, en el cual se diferencian 8 rangos o «clases», incrementando en dos las propuestas en la escala original de la ITC. De este modo se ha podido evaluar y analizar estadísticamente la susceptibilidad a la erosión en la cuenca del Sorbe. Pero este análisis valorativo no se ha efectuado sólo con relación a la situación vigente a finales del siglo XX, sino que —conforme a los objetivos de la investigación— se ha llevado a cabo también con relación a situaciones anteriores.

Partiendo de la idea de que las puntuaciones relacionadas con los factores 1 (Topografía-Hidrología), 2 (Roca-suelo) y 3 (Clima) no varían apreciablemente a lo largo del tiempo, se han realizado los mapas de vegetación y usos correspondientes a los tiempos inmediatamente anteriores al comienzo de las repoblaciones forestales, a los momentos iniciales de la segunda y más importante fase de plantación y a los años posteriores a la conclusión de la expansión planificada de los pinares, con una leyenda análoga a la del mapa correspondiente a la situación actual, y se les han aplicado los valores de erosionabilidad atribuidos a las distintas unidades en este último. El primero y el último se han basado en la interpretación de las fotos aéreas a escala 1:30.000 de la «Serie A» (1946) y a escala 1:40.000 del «Vuelo nacional» (1994) y el segundo en la cartografía y las descripciones anexas a la «Memoria de reconocimiento general de la cuenca de la presa de Beleña de Sorbe» realizado en 1969 por el Servicio Hidrológico Forestal de Guadalajara. A partir de la información contenida en ellos se ha determinado el valor y la distribución del factor 4 en cada uno de los cortes temporales citados. También se ha realizado con el objeto de que sirva como marco de referencia y comparación el mapa de vegetación potencial de la cuenca, con base en los datos contenidos en la car-

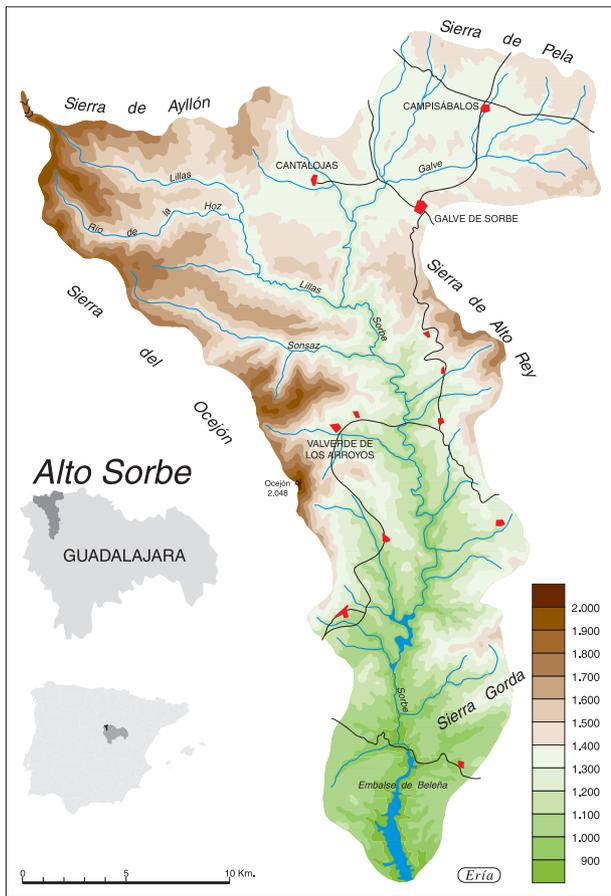


FIG. 1. Localización y caracterización morfográfico-hidrográfica de la cuenca del Sorbe.

topografía de Pisos y Series de Vegetación de Rivas-Martínez (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987), y se han determinado a partir de él los valores de susceptibilidad original a la erosión aplicándole las correspondientes puntuaciones en el factor «Cubierta vegetal, manifestaciones erosivas y prácticas de conservación».

II LOS FACTORES ESTABLES DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN

1. TOPOGRAFÍA-HIDROLOGÍA: LA EROSIONABILIDAD INTRÍNSECA

La cuenca objeto de estudio tiene una altura media de 1.343 m y un desnivel de 1.205 m (entre los 2.049 m del pico Ocejón y los 844 m de la presa de Beleña), caracterizándose globalmente su relieve por el vigor de las

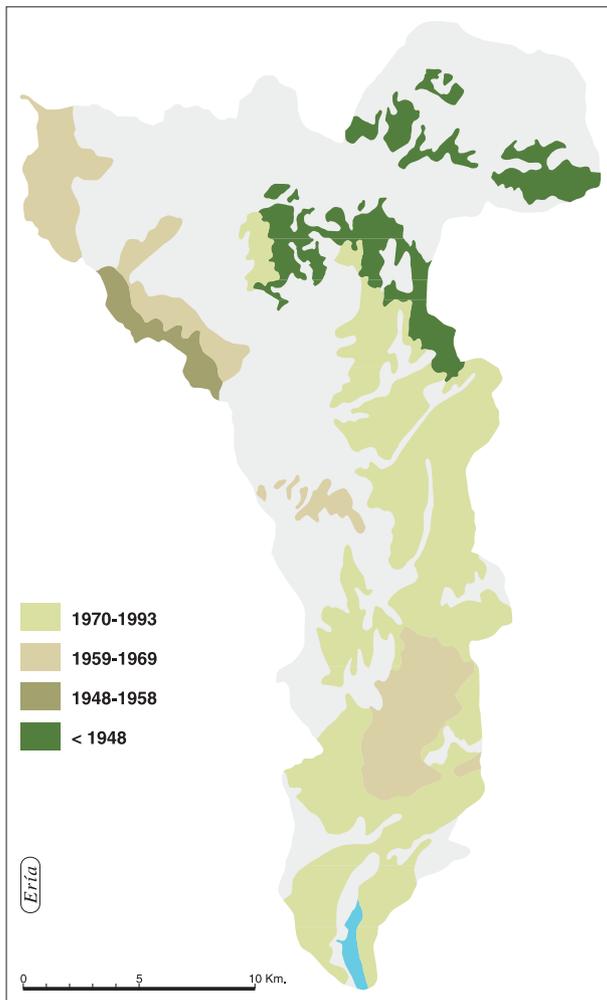


FIG. 2. Distribución por edad de los pinares en la cuenca del Sorbe. 1. Pinares naturales o antiguos; 2. Plantados entre 1948 y 1958; 3. Plantados entre 1959 y 1969; 4. Plantados entre 1970 y 1993.

pendientes (24,3% de media) y por la densidad de las líneas de drenaje (5,17 Km de cauces/Km²). Pero desde todos los puntos de vista, comenzando por el topográfico-hidrográfico, dentro de dicha cuenca se diferencian dos sectores: uno aplanado y tabular, que abarca una cuarta parte de su extensión, y otro montañoso de relieve muy accidentado, que incluye las tres cuartas partes restantes. El primero se localiza en la cabecera y tiene una altura media mayor (1.375 m.), pero presenta un escaso desnivel (310 m.), una moderada pendiente media (en torno al 18,0%) y una densidad de cauces relativamente baja (3,1 km/Km²). El segundo tiene un relieve muy accidentado y, pese a que su altura media es algo inferior (1.333 m.), muestra un fuerte desnivel (1.205 m.), unas pendientes francamente marcadas (poco menos del

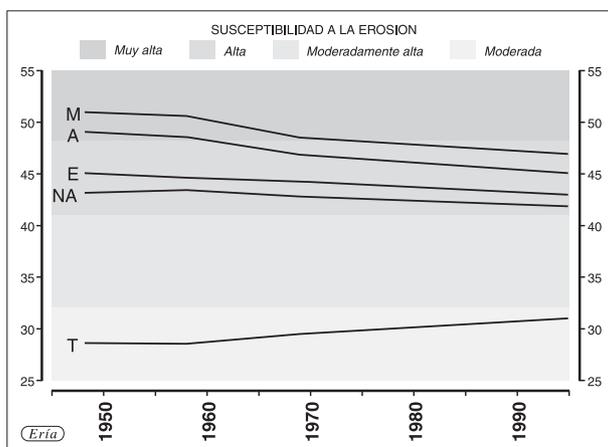


FIG. 3. Evolución de los niveles medios de susceptibilidad a la erosión en la cuenca del Sorbe. A. Área reforestada; NA. Área no reforestada; E. Conjunto del territorio. M. Sector montañoso; T. Sector tabular y arrasado.

27,0% de media) y una elevada densidad de cauces (5,8 km/Km²). En todo caso las áreas elevadas, de fuerte pendiente y densamente diseccionadas tienen una presencia muy significativa en el conjunto del territorio, en torno a un tercio del cual se sitúa por encima de los 1.500 m de altura, registra pendientes superiores al 30,0% y tiene más de 6,0 km de cauces por Km² (Fig. 1).

Combinando las medidas clinométricas e hidrométricas conforme a la fórmula de Simonov anteriormente expuesta se ha hallado el nivel de erosionabilidad intrínseca en cada una de las unidades de 6,25 Ha en que se ha dividido el área de estudio y se han establecido de este modo los correspondientes valores en el Factor 1. Se puede apreciar así cómo en la cuenca analizada las condiciones toográficas e hidrográficas son bastante favorables para la erosión superficial, ya que en ella el valor medio de dicho factor es 12,99 (situado en el rango de erosionabilidad intrínseca «moderadamente alta») y en el 32,0% de su extensión se registran valores superiores a 15,00 (calificables de «altos», «muy altos» o «altísimos»).

Desde este punto de vista es muy marcada la diferencia entre el sector amesetado de la cabecera del Sorbe y el sector montañoso mayoritario en ella: mientras en el primero (que al conservar importantes masas de pinar silvestre natural quedó al margen de las reforestaciones) la erosionabilidad intrínseca ligada a las condiciones topográficas e hidrológicas es relativamente moderada (5,58 de media y menos del 20,0% de su superficie con índices superiores a 15,0), en el segundo, que constituyó el ámbito de las acciones de repoblación forestal analizadas, ha de ser considerada francamente alta



FIG. 4. Pinares de repoblación antiguos y galerías de hayas en las altas cabeceras de Tejera Negra (macizo paleozoico de Ayllón).

(15,52 de media y casi el 45,0% de su territorio con índices superiores a 15,0).

2. SUSTRATO LITOLÓGICO Y SUELO

La cuenca del Sorbe se extiende sobre siete unidades morfolíticas, cuya denominación y superficie (tanto absoluta como relativa) dentro del área figuran en el Cuadro IV. El sector montañoso comprende cinco de ellas (el macizo de Ayllón, el macizo del Ocejón, las sierras de Alto Rey, las sierras de Júcar-Muriel y la cuenca de Beleña-La Mierla), las tres primeras de las cuales (que suman el 88,3% de dicho sector) se encuentran modeladas sobre pizarras y cuarcitas correspondientes al zócalo paleozoico del Sistema Central; la cuarta coincide con estructuras plegadas desarrolladas sobre calizas, margocalizas y margas cretácicas; y en la quinta estos materiales se combinan con areniscas, arenas y arcillas triásicas y, en mayor medida, miocenas. Por su parte, el sector arrasado y tabular está compuesto por la superficie arrasada de Cantalojas, en la que afloran también los materiales pizarroso-cuarcíticos del zócalo paleozoico, y el altiplano de Campisábalos, cuyo relieve amesetado se desarrolla sobre estratos carbonatados del Cretácico y arcilloso-conglomeráticos del Mioceno muy escasamente deformados.

Puede decirse, pues, que el roquedo silíceo paleozoico, en el que son mayoritarias las pizarras, domina con amplitud en la cuenca del Sorbe, aflorando en el 73,66% de su superficie; a mucha distancia le sigue el roquedo carbonatado mesozoico, con el 15,93% de la misma. El resto de las litologías muestran áreas de afloramiento muy reducidas, aunque las formaciones arcillo-arenosas

CUADRO IV. Distribución del territorio de la cuenca del Sorbe entre los complejos litológicos que afloran en ella

Complejos litológicos	Has	%
Pizarras y cuarcitas paleozoicas	34.481	73,7
Calizas y margas mesozoicas	7.455	15,9
Arenas y arcillas terciarias	3.900	8,3
Otras rocas y formaciones detríticas	969	2,1
Total	46.805	100,0

miocenas tienen una trascendencia particular debido a su concentración en el extremo meridional del territorio (vid. Cuadro IV).

Aplicando los criterios señalados en las Claves de la ITC, se han atribuido las puntuaciones que figuran en el Cuadro V a los diversos componentes de las asociaciones litológicas que se acaban de diferenciar.

A partir de las puntuaciones expuestas y de su distribución se obtiene un valor medio de 17,49 en el Factor 2, lo cual indica que en el conjunto de la cuenca analizadas las facilidades que el roquedo da a los procesos erosivos son moderadamente altas, aunque hay que poner de relieve que en algo más del 70% de la misma la erosionabilidad ligada a la litología se sitúa en niveles que ya han de considerarse altos.

3. CLIMA

En las Claves para la evaluación de la susceptibilidad a la pérdida de suelo de la ITC solamente se toma en consideración una variable climática: la frecuencia media anual de los «aguaceros fuertes». Considerando que éstos coinciden con los días de precipitación intensa (por encima de 30 mm), se ha podido constatar que en toda el área dicha frecuencia es importante, aunque no elevada. En consecuencia se ha asignado la puntuación de 3,0 en este tercer factor a todas las unidades de la cuadrícula en que se ha dividido el área de estudio.

III

LOS FACTORES VARIABLES DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN: CUBIERTA VEGETAL Y PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN

1. SITUACIÓN ACTUAL

Como se expone en la tercera columna del Cuadro VII, a finales del siglo XX en la cuenca del Sorbe aguas

CUADRO V. Puntuaciones atribuidas en el factor 3 (Sustrato litológico) a los distintos tipos de litología aflorantes en la cuenca del Sorbe

<i>Pizarras y cuarcitas paleozoicas</i>	
Cuarcitas en bancos o lechos gruesos	8
Pizarras alternantes con lechos finos de cuarcita	16
Pizarras	18
<i>Rocas carbonatadas mesozoicas</i>	
Calizas	11
Calizas y margas alternantes	18
Margocalizas	19
Margas	19
<i>Arenas y arcillas terciarias</i>	
Arenas y arcillas rojas miocenas	21
<i>Otras litologías</i>	
Margas ocre y margocalizas miocenas	19
Arcillas rojas triásicas	20
Yesos triásicos o paleógenos	10

arriba del embalse de Beleña se pueden distinguir nueve grandes tipos de cobertura del suelo resultantes de otras tantas formas de uso del suelo. El más importante de ellos es el correspondiente a los «matorrales, eriales y campos abandonados», que ocupan el 34,9% de la superficie total del territorio, seguido a muy poca distancia por el formado por los « pinares de repoblación », que suman el 32,5% de la misma y dentro de los cuales predominan las masas de *P. sylvestris* y *P. pinaster* que ya han alcanzado una importante densidad. En tercer lugar se encuentran los « montes altos naturales de frondosas » (encinares, robledales de *Q. pyrenaica*, hayedos), que cubren el 13,1% del territorio, y en cuarto puesto los « pinares antiguos de pino silvestre » frecuentemente adherados, que abarcan una superficie muy parecida (12,8%).

Globalizando ha de concluirse, sin embargo, que actualmente en el área de estudio los bosques de pino, sumando los antiguos y los procedentes de las repoblaciones históricas recientes, constituyen, con un 45,3% de la extensión, la cobertura del suelo mayoritaria en un territorio donde los cultivos tienen ya una presencia puramente testimonial (6,7%).

Aplicando el método de medida directa en el campo que se expone en el apartado 3 a un número significativo de estaciones o puntos de análisis y realizando en caso necesario subdivisiones dentro de los grandes tipos de cobertura indicados, se han obtenido los valores en el factor 4 de la susceptibilidad a la erosión que figuran en el Cuadro VI.

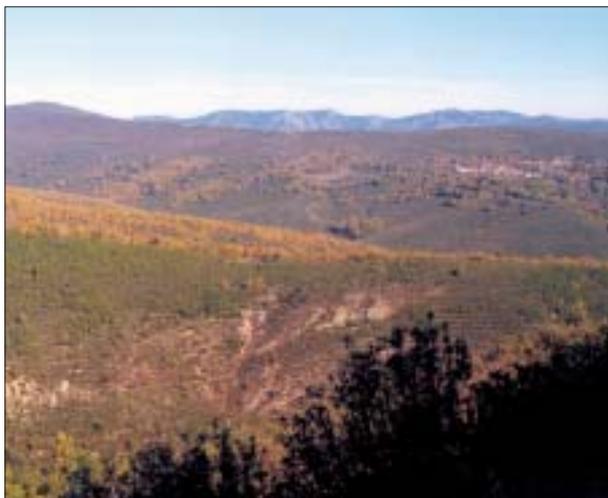


FIG. 5. Montes naturales de rebollo y plantaciones recientes de pinos, en terrazas, sobre las pizarras y cuarcitas paleozoicas de área de Palancares-Nava de Jadraque.

Todos los valores que en él figuran dan como resultado una puntuación media actual en el factor *Erosionabilidad ligada a la cubierta vegetal y a las prácticas de conservación* de 8,65, calificable de «moderada».

2. SITUACIÓN ORIGINAL: LA VEGETACIÓN POTENCIAL

De acuerdo con los análisis realizados (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987), la vegetación potencial de la cuenca del Sorbe está constituida en un 63% por bosques densos de rebollo (*Quercus pyrenaica*); los siguen los encinares y los pinares silvestres, con un 16% y un 15% de la superficie respectivamente; y el 6% restante se reparte entre hayedos y matorrales de alta montaña. Aplicando a las indicadas áreas los valores establecidos mediante análisis de campo para las correspondientes formaciones allí donde hoy se conservan, se puede apreciar cómo la puntuación media en el indicado factor se reduce a 5,32. Ello indica que en una teórica situación original, en la que la vegetación natural se mantenía intacta, las facilidades dadas a la erosión de los suelos por una cubierta biótica eran francamente bajas.

3. SITUACIÓN PREVIA A LAS FORESTACIONES: VEGETACIÓN Y USOS EN 1946

Las fotografías aéreas a escala aproximada 1:30.000 realizadas por el ejército norteamericano en 1946 permiten reconocer la cubierta vegetal y los usos del suelo

CUADRO VI. Puntuaciones atribuidas en el factor 4 (*Cubierta vegetal y prácticas de conservación*) a los diversos tipos de vegetación y usos en la cuenca del Sorbe

<i>Labor de secano</i>	
Campos no abancalados en áreas de topografía suave	10
Campos abancalados en laderas de montaña	11
<i>Montes altos naturales de coníferas</i>	
Pinares poco densos de pino silvestre	8
Pinares adhesados de pino silvestre	11
<i>Montes altos naturales de frondosas</i>	
Encinares densos	7
Encinares abiertos	9
Robledales densos	4
Robledales abiertos y adhesados	10
Enclaves de hayedo	4
<i>Matorrales, eriales y campos abandonados</i>	
Matorrales altos y densos de brezos y jaras	6
Matorrales poco densos de jaras y brezos	11
Jarales de «estepa»	14
Jarales ladaníferos	12
Matorrales bajos de brechina y labiadas	17
Pastizales y campos abandonados recientes	18
Eriales acaravados	23
<i>Plantaciones de pino recientes o marradas</i>	
Plantaciones recientes o marras de pino silvestre	10
Plantaciones recientes o marras de pino negral o laricio	12
<i>Pinares de repoblación jóvenes</i>	
Pinares jóvenes de pino silvestre	7
Pinares jóvenes de pino laricio o pinaster	8
<i>Pinares de repoblación maduros</i>	
Pinares maduros de pino silvestre en hoyos o surcos	3
Pinares maduros de pino silvestre en bancales	6
Pinares maduros de pino laricio o pinaster en surcos	3
Pinares maduros de pino laricio o pinaster en bancales	7

en un momento en el que el sistema agrario tradicional se mantenía aún vigente, no se habían iniciado las más importantes intervenciones en el medio natural de la cuenca del Sorbe (construcción de embalses y repoblación forestal) y no había comenzado el éxodo masivo de sus habitantes. La imagen que de la interpretación de las citadas fotografías se deriva muestra un territorio donde predominan los eriales a pastos y las rozas más o menos recuperadas por la vegetación de matorral (55,5%) y los campos de secano (22,4%) y en el que la superficie calificable de forestal (compuesta mayoritariamente por montes abiertos de pino silvestre y en menor medida por robledales y encinares muy afectados por la extracción de leña y el carboneo) apenas supera el 22,0%. En esta situación, la susceptibilidad a la erosión relacionada con la cubierta vegetal y las prácticas

de conservación alcanza un valor medio de 10,45, que puede calificarse de moderadamente alto y casi duplica el que se ha atribuido al área cuando conservaba la cubierta biótica original.

4. SITUACIÓN AL FINAL DE LA PRIMERA FASE DE REFORESTACIÓN: VEGETACIÓN Y USOS EN 1969-70

Los mapas y las tablas que acompañan a la «Memoria del reconocimiento general de la cuenca del embalse de Beleña de Sorbe» (SERVICIO HIDROLÓGICO-FORESTAL DE GUADALAJARA, 1969) permiten reconstruir la situación de la cubierta vegetal y los usos del suelo después las primeras intervenciones reforestadoras, iniciadas en 1948 y que en poco más de veinte años habían tenido como consecuencia la plantación de más de 4000 Ha de nuevos pinares sobre antiguas rozas y pastizales y sobre campos secano abandonados como consecuencia del éxodo rural que a finales de los años sesenta estaba llevando al vaciamiento demográfico de la zona. Aún entonces los eriales y los matorrales ocupaban más de la mitad de la superficie de la cuenca (el 51,7%) y seguía en cultivo un 15,8% de la misma, pero los montes altos naturales de coníferas y frondosas habían ganado algo de extensión, llegando a cubrir en conjunto el 22,1% del territorio, y se habían incorporado los indicados pinares de repoblación (8,8%), aún muy poco desarrollados. Con esta distribución de vegetación y usos se ha calculado un valor medio en el factor de 9,44, calificable todavía de moderadamente alto, sólo 1,01 puntos inferior al que se registraba con anterioridad al inicio de las reforestaciones y 0,79 puntos superior al que ha llegado a registrarse en la última década del siglo XX.



FIG. 6. Pinar de repoblación de mediana edad, plantado en surcos, sobre las facies rojas miocenas de una vertiente acarcavada próxima a Beleña de Sorbe y La Mierla.

IV RESULTADOS

Para efectuar el análisis propuesto y dar sentido a sus resultados hay que resaltar que desde todos los puntos de vista, comenzando por el topográfico-hidrográfico y terminando con el referente a la incidencia de la actividad reforestadora, dentro de la cuenca del Sorbe se diferencian dos sectores: Uno aplanado y tabular, que abarca una cuarta parte de su extensión (11.828 Ha), y otro montañoso de relieve muy accidentado, que incluye las tres cuartas partes restantes (34.977 Ha). El primero se localiza en la cabecera y tiene una altura media mayor (1.375 m.), pero presenta un escaso desnivel (310 m.), una moderada pendiente media (poco más de 10°) y una densidad de cauces relativamente baja (3,1 km/Km²); aunque acoge la práctica totalidad de los

CUADRO VII. Evolución de los usos del suelo en la cuenca del Sorbe, entre 1946 y 1994

Usos del suelo	1946		1969		1994	
	Has	%	Has	%	Has	%
Labor de secano	10.494	22,4	7.399	15,8	3.136	6,7
Montes altos naturales de coníferas	6.384	13,6	6.515	13,9	6.010	12,8
Montes altos naturales de frondosas	3.969	8,5	4.575	9,8	6.127	13,1
Matorrales, eriales y campos abandonados	25.958	55,5	24.202	51,7	16.324	34,9
Plantaciones de pino recientes o marradas	–	–	2.674	5,7	342	0,7
Pinares de repoblación jóvenes	–	–	1.440	3,1	4.300	9,2
Pinares de repoblación maduros	–	–	–	–	10.566	22,6
<i>Superficie forestal</i>	10.354	22,1	15.204	32,5	27.345	54,4
<i>Superficie de pinar</i>	6.384	13,6	10.629	22,7	21.218	45,3
<i>Superficie repoblada de pinos</i>	–	–	4.114	8,8	15.208	32,5

CUADRO VIII. Evolución del nivel medio de susceptibilidad a la erosión en las áreas de la cuenca del Sorbe reforestadas de 1948 a 1970 (4.114 Ha) y de 1971 a 1993 (11.094 Ha)

Susceptibilidad	1948-1970	1971-1993
media original	40,83 (moderad. alta/alta)	40,06 (moderad. alta/alta)
media pre-repoblación	50,31 (muy alta)	48,77 (alta/muy alta)
media actual	43,72 (alta)	45,72 (alta)

montes naturales de pino silvestre, en él no se han efectuado repoblaciones de coníferas durante el período considerado. El segundo tiene un relieve montañoso muy accidentado y, pese a que su altura media es algo inferior (1333 m.), muestra un fuerte desnivel (1.205 m.), unas pendientes francamente marcadas (15° de media) y una elevada densidad de cauces (5,8 km/Km²); es en él en que se ha efectuado la totalidad de la actividad reforestadora objeto de estudio.

1. LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN EN EL SECTOR MONTAÑOSO DE LA CUENCA Y SU EVOLUCIÓN DESDE EL COMIENZO DE LAS REFORESTACIONES

Aplicando —con las adaptaciones descritas— las Claves de Clasificación de la ITC correspondientes a topografía-hidrografía, a roca-suelo y a factor climático y añadiendo a la suma de los valores resultantes el valor correspondiente a las citadas formaciones en el factor cubierta vegetal se ha hallado la erosionabilidad «original» en este sector montañoso, es decir la pérdida de suelo que se registraría en él —como consecuencia de su relieve, de su hidrografía, de su roquedo y de su ambiente climático— en una situación teórica previa a cualquier intervención en su cubierta vegetal climática. El resultado es que el valor medio de esta erosionabilidad se sitúa en un nivel Moderadamente alto: 40,80 en la escala de la ITC. Ello pone de manifiesto cómo en los relieves vertientes al Sorbe de los macizos de Ayllón y del Ocejón y de las sierras y valles que los enmarcan

por el SE, accidentados y vigorosamente incididos, se registra una notable susceptibilidad natural u original a la pérdida de suelo, por debajo de cuyos valores no es posible descender (Cuadro VIII).

En los años cuarenta, inmediatamente antes del comienzo de las reforestaciones analizadas, el recubrimiento forestal sólo se conservaba —apreciablemente degradado— en alrededor del 15% de este territorio montañoso, habiendo sido sustituido por matorrales y montes bajos en un 45% del mismo, por eriales y pastizales en un 30% y por cultivos en alrededor del 10%. Este cambio en la cubierta vegetal derivado del sistema de uso humano tradicional en el área tiene como consecuencia un marcado incremento de la susceptibilidad a la erosión, cuyo valor medio asciende a 50,83 en la escala de la ITC y entra en un nivel Muy Alto.

Entre 1948 y 1970 la reforestación se efectúa sin que el sistema de usos y la distribución espacial de los mismos cambie sustancialmente. Las repoblaciones afectan durante esta primera fase a 4.114 Ha. (11,76%) del sector montañoso y se localizan mayoritariamente en áreas donde —tanto por razones intrínsecas (altura, pendiente, densidad de disección) como debido a la escasa protección de la cubierta vegetal de éstas (formada por eriales, matorrales, montes degradados)— la erosionabilidad era especialmente alta. Sin embargo, en 1970 no se deriva aún de ellas un cambio apreciable en la susceptibilidad global a la erosión.

La fase principal de reforestación se desarrolla entre 1970 y 1993 y coincide con una casi total despoblación

CUADRO IX. Evolución de la susceptibilidad media a la erosión en las áreas no reforestadas (19.769 Ha) y reforestadas (15.208 Ha) del sector montañoso de la cuenca del Sorbe

Susceptibilidad	Área no reforestada	Área reforestada	Conjunto del sector
Media original	41,21 (mod. alta/alta)	40,27 (mod. alta/alta)	40,80 (mod. alta/alta)
Media pre-reforestación	52,10 (muy alta)	49,18 (muy alta/alta)	50,83 (muy alta/alta)
Media actual	48,55 (alta/muy alta)	45,19 (alta)	47,19 (alta)

CUADRO X. Evolución de la susceptibilidad a la erosión en el sector tabular y arrasado de la cuenca del Sorbe (11.928 Ha)

Susceptibilidad	Sector tabular y arrasado
Media original	26,32 (moderada)
Media pre-reforestación*	28,24 (moderada)
Media actual	31,02 (moderada/moderad. alta)

* Al no haberse producido repoblaciones recientes en este sector, se entiende como anterior a 1948, fecha en que éstas comienzan en el resto de la cuenca.

y un abandono masivo de los usos y aprovechamientos tradicionales en la superficie montañosa, la mayor parte de la cual pasa a ser controlada por la Dirección General de Montes y gestionada por el Servicio Forestal de Guadalajara (y por los organismos de la administración central o autonómica que los han sucedido). Se repueblan de pino a lo largo de este intervalo 11.094 Ha. (31,72% del sector), con lo que a mediados de la presente década se suman las ya indicadas 12.508 Ha. de pinar de repoblación (43,48% de la extensión montañosa total). En la actualidad, tras esta segunda fase, se registra ya una disminución apreciable en la erosionabilidad, cuyo valor medio se sitúa en 47,09 en la escala de la ITC. Esta disminución es modesta y sólo significa el paso de una susceptibilidad a la pérdida de suelo Muy Alta a una susceptibilidad Alta. En todo caso, está aún muy por encima de los niveles que se han calculado en condiciones de mantenimiento de la cubierta vegetal original.

Pero los análisis realizados ponen de manifiesto que la citada reducción no es resultado solamente de la actividad repobladora, sino también de la evolución de la cubierta vegetal consecuente con la despoblación y al cambio de uso del suelo. Así lo indica el hecho de que la disminución de los valores de erosionabilidad se aprecie tanto en la parte reforestada del sector montañoso como en la no afectada por la plantación de coníferas, aunque dicha disminución sea levemente menos marcada en esta última (Cuadro IX).

En los sectores no repoblados la erosionabilidad media ha bajado 3,55 puntos, pasando de 52,10 a 48,55 en la escala de la ITC, como consecuencia sobre todo de la progresiva ampliación y densificación de los montes bajos y matorrales en el sector montañoso, que se aprecia con claridad en las sucesivas coberturas de foto aérea. Por su parte, en los sectores repoblados la plantación de pinos ha reducido la susceptibilidad a la pérdida de suelo en 3,99 puntos, de 49,18 a 45,19 en la citada escala de la ITC. Y dentro de ellos, la antigüedad de la repoblación (con la que se relaciona una menor agresividad de

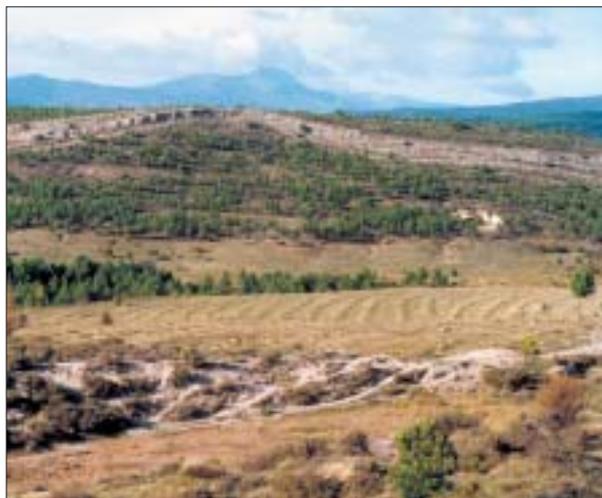


FIG. 7. Pinares de repoblación de mediana edad, plantados en surcos, sobre margas y arenas de relieves montañosos cretácicos del área del Júcar.

las técnicas de plantación) se manifiesta como un factor que influye significativamente y de modo positivo en la reducción de la susceptibilidad a la erosión. Así, en las áreas repobladas en la primera fase, antes de 1968-70, mediante el sistema de hoyos o de surcos dicha reducción ha alcanzado 6,59 puntos (de 50,31 a 43,72), mientras que en las áreas de repoblación más reciente, posterior a 1970 y efectuada en terrazas, se queda en 3,05 puntos (de 48,77 a 45,72).

El proceso de reforestación ha tenido, pues, una incidencia favorable en la reducción de la pérdida potencial de suelo de las áreas directamente afectadas por él, pero —al ser muy mayoritarias en ellas las masas de pinar con 25 o menos años de edad plantadas utilizando técnicas agresivas de preparación del terreno— no ha sido capaz por el momento de hacerla bajar de un nivel calificable como Alto. Y, dado que la superficie de las áreas repobladas no llega a la mitad del sector montañoso, aún menos ha sido capaz de hacerlo en el conjunto de éste.

2. LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN Y SU EVOLUCIÓN EN EL SECTOR ARRASADO Y TABULAR DE LA CUENCA NO AFECTADO POR LAS REFORESTACIONES

Debido ante todo a su posición en cabecera, aguas arriba del límite de la oleada de incisión regresiva del Sorbe, y también a su morfología heredada o estructural este sector —que incluye el altiplano de Campisábalos y la superficie arrasada de Cantalojas— muestra desniveles, pendientes y densidades de disección relativa-



FIG. 8. Cubierta vegetal recuperada (jaral-brezales, rebollares y encinares) en las laderas no afectadas por el proceso reforestador del macizo paleozoico del Ocejón.

mente bajas, de las que deriva una susceptibilidad intrínseca a la erosión francamente moderada. La erosionabilidad original (con cubierta vegetal óptima, compuesta por rebollares densos y pinares naturales de pino silvestre) tiene igualmente un nivel Moderado: 26,32 en la escala de la ITC (Cuadro X).

En los años cuarenta, antes de que en las sierras y macizos de la cuenca se iniciasen las repoblaciones, la superficie del sector arrasado y tabular estaba ocupada en un 55% por pinares «antiguos» de pino silvestre, medianamente conservados y en parte adeshados, en un 25% por cultivos y en un 20% por pastizales escasamente arbolados. Con este recubrimiento la susceptibilidad a la erosión había ascendido a 28,24 en la escala de

la ITC. Ello quiere decir que la erosionabilidad media era apreciablemente superior a la calculada en condiciones previas a la intervención antrópica, aunque se mantenía dentro de los márgenes de la moderación.

Durante el período analizado —sobre todo en su primera fase, anterior a 1970— el sector arrasado y tabular de la cabecera de la cuenca registra una fortísima despooblación y como consecuencia de ello se produce un cambio muy apreciable en el recubrimiento del suelo: mientras los pinares «antiguos» dejan de ser sometidos a los aprovechamientos locales tradicionales y, gestionados por la Jefatura de Montes, inician una clara aunque lenta recuperación, los cultivos y los pastizales son abandonados y se transforman rápidamente en eriales sensiblemente más expuestos a los procesos erosivos. Y es este segundo proceso de cambio en la cubierta vegetal el que globalmente ha prevalecido hasta el presente, ya que hoy la erosionabilidad de la superficie arrasada de Cantalojas y el altiplano de Campisábalos es un poco mayor que la registrada a mediados de siglo: 31,00 en la escala de la ITC, superior en 2,76 puntos a la que se registraba cuando aún se mantenía el sistema de usos tradicional. De todos modos no se llegan a superar —aunque por poco— los límites de una susceptibilidad a la erosión moderada.

V

CONCLUSIONES: LOS CAMBIOS DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN EN EL CONJUNTO DE LA CUENCA

Combinando los resultados obtenidos en ambos sectores ha de concluirse que desde el comienzo de las repoblaciones históricas hasta el presente se ha producido

CUADRO XI. Evolución de las tasas de susceptibilidad a la erosión en la superficie de la cuenca del Sorbe afectada por la actividad reforestadora (15.208 Ha= 32,5% de la superficie total del territorio estudiado)

Susceptibilidad a la erosión Índice ITC	Original		1946		1969		1994	
	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%
Altísima: 65 y más	943	6,2	2.418	15,9	2.190	14,4	836	5,5
Muy Alta: 49-64	1.582	10,4	4.532	29,8	3.908	25,7	4.000	26,3
Alta: 42-48	3.528	23,2	4.319	28,4	4.593	30,2	4.654	30,6
Moderadamente alta: 33-41	6.144	40,4	2.312	15,2	2.737	18,0	3.756	24,7
Moderada: 17-32	3.011	19,8	1.627	10,7	1.779	11,7	1.962	12,9
Susceptibilidad media	40,274		49,177		47,660		45,190	
% con susceptibilidad Muy Alta o Altísima: 49 y más	16,6		45,7		40,1		31,8	

CUADRO XII. Evolución de las tasas de susceptibilidad a la erosión en la superficie de la cuenca del Sorbe no afectada por la actividad reforestadora (31.597 Ha= 67,5% de la superficie total del territorio estudiado)

Susceptibilidad a la erosión Índice ITC	Original		1946		1969		1994	
	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%
Altísima: 65 y más	789	2,5	3.713	11,8	3.754	11,9	1.832	5,8
Muy Alta: 49-64	2.771	8,8	4.080	12,9	5.593	17,7	6.671	21,1
Alta: 42-48	3.493	11,0	10.613	33,5	6.500	20,6	8.498	26,9
Moderadamente alta: 33-41	13.607	43,1	8.172	25,9	9.151	28,9	7.852	24,9
Moderada: 17-32	10.937	34,6	5.019	15,9	6.599	20,9	6.744	21,3
Susceptibilidad media	35,620		43,173		43,410		41,993	
% con susceptibilidad Muy Alta o Altísima: 49 y más	11,3		24,7		29,6		26,9	

en el conjunto del territorio estudiado una reducción apreciable aunque modesta de la susceptibilidad a la pérdida de suelo: de 45,12 en la escala de la ITC se ha pasado a 43,00, lo cual significa un descenso de 2,12 puntos. Con ello no se ha conseguido bajar la erosionabilidad de un nivel francamente Alto ni aproximarla a los moderadamente altos valores originales (37,14).

Teniendo en cuenta que, pese a su trascendencia paisajística y a que en ellos se dan las mayores tasas de reducción de la erosionabilidad, los montes repoblados sólo ocupan el 32,5% de la superficie total de la cuenca, la actividad reforestadora no puede ser considerada el único factor de la disminución del riesgo de pérdida de suelo en el conjunto de ésta. Sí puede ser considerado el factor más importante, seguido por la ampliación y la densificación espontánea de los matorrales y montes bajos y por la recuperación, con frecuencia promovida y gestionada por el hombre, de las formaciones forestales naturales o naturalizadas. Si dicha disminución sólo se hubiese producido en la superficie repoblada, mante-

niéndose el resto del territorio en las condiciones previas a la repoblación, la atenuación de la erosionabilidad en el conjunto de éste hubiera sido muy escasamente apreciable.

La antigüedad de la repoblación (con la que se relaciona una menor agresividad de las técnicas de plantación) se manifiesta como un factor que influye significativamente y de modo positivo en la reducción de la susceptibilidad a la erosión. Así, en las áreas repobladas en la primera fase, antes de 1969-70, mediante el sistema de hoyos o de surcos dicha reducción ha alcanzado los 8,79 puntos, mientras que en las áreas de repoblación más reciente, posterior a 1970 y efectuada en terrazas, no pasa 3,05. De ello se deduce que los efectos de estas repoblaciones de 25 o menos años de edad se han producido aún en corta medida, por lo que es de esperar que en las áreas que ocupan continúe el descenso de la susceptibilidad a la erosión y que lo haga en una medida capaz de trascender en el sector montañoso donde se ubican y en el conjunto de la cuenca.

CUADRO XIII. Evolución de las tasas de susceptibilidad a la erosión en el conjunto de la cuenca del Sorbe (46.805 Ha)

Susceptibilidad a la erosión Índice ITC	Original		1946		1969		1994	
	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%
Altísima: 65 y más	1.732	3,7	6.131	13,1	5.944	12,7	2.668	5,7
Muy Alta: 49-64	4.353	9,3	8.612	18,4	9.501	20,3	10.671	22,8
Alta: 42-48	7.021	15,0	14.932	31,9	11.093	23,7	13.152	28,1
Moderadamente alta: 33-41	19.751	42,2	10.484	22,4	11.889	25,4	11.608	24,8
Moderada: 17-32	13.948	29,8	6.646	14,2	8.378	17,9	8.706	18,6
Susceptibilidad media	37,143		45,125		44,797		43,033	
% con susceptibilidad Muy Alta o Altísima: 49 y más	13,0		31,5		33,0		28,5	

CUADRO XIV. Evolución comparada de la susceptibilidad media a la erosión en el conjunto de las áreas no reforestadas (31.597 Ha) y en la totalidad de la superficie de la cuenca del Sorbe (46.805 Ha)

Susceptibilidad	Conjunto de las áreas no reforestadas	Total de la cuenca
Media original	35,62 (moderadamente alta)	37,14 (moderadamente alta)
Pre-reforestación	43,17 (alta)	45,12 (alta)
Media actual	41,99 (moderadamente alta/alta)	43,03 (alta)

Los otros procesos favorables al descenso de la erosionabilidad muestran una tendencia positiva. La progresiva ampliación y densificación de los montes bajos y matorrales en el sector montañoso se aprecia en las imágenes y fotos aéreas más recientes; y lo mismo ocurre con la regeneración y restauración de los bosques de frondosas de toda la cuenca y de los pinares naturales del sector aplanado de cabecera. Todo indica que en este último la tendencia está próxima a cambiar y que también en él se impondrá una dinámica de disminución de la susceptibilidad a la pérdida de suelo.

Puede decirse, en conclusión, que la cuenca del Sorbe se encuentra en un proceso de recuperación de la cubierta vegetal en relación con el cual la erosionabilidad de su suelo tiende a reducirse. Y la reforestación con pinos de un tercio de su superficie es uno de los factores principales —pero no el único— de dicha recuperación. Los efectos de la acción repobladora aún son incipientes y es previsible que se vayan afirmando e incrementando durante las próximas décadas; sin embargo no es de esperar que a corto plazo den lugar a una reducción de la erosionabilidad hasta niveles moderados en el conjunto de la cuenca.

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación CICYT-I.N.I.A. F096-020 («Análisis de repoblaciones históricas recientes e inventario

de forestaciones actuales. Aspectos territoriales, ambientales, socioeconómicos y culturales»).

B I B L I O G R A F Í A

BORDAS, 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», *Anales de Edafología y Agrobiología*, XLVI, 11-12, págs. 1.277-1.290.

FERNÁNDEZ MUÑOZ, S. (1998): *Las repoblaciones en el Alto Sorbe (Guadalajara)*, Madrid, 1998 (inédito).

FERNÁNDEZ MUÑOZ, S. (2002): «Consecuencias socioeconómicas y territoriales de las repoblaciones forestales en el Alto Sorbe (Guadalajara)», *Ería*, 58 (2002), págs. 183-203.

FIDALGO, C. (1987): *La transformación humana del paisaje en la Serranía de Atienza*, Madrid, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.

ICONA (1990): *Mapa de estados erosivos. Cuenca hidrográfica del Tajo*, Madrid, ICONA.

ORTIGOSA, L. M. (1991): *Las repoblaciones forestales en la Rioja: resultados y efectos geomorfológicos*, Logroño, Geofoma Ed.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1987): *Mapa de las series de vegetación de España*, Madrid, ICONA.

RUBIO, J. L., SÁNCHEZ, J., SANROQUE, P. y MOLINA, M. J. (1984): «Metodología de evaluación de la erosión hídrica en suelos del área mediterránea», *1 Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*, Valencia, tomo II, págs. 827-836.

SERVICIO HIDROLÓGICO-FORESTAL DE GUADALAJARA (1969): *Memoria de reconocimiento general de la cuenca de la presa de Beleña de Sorbe sobre el río Sorbe*, Madrid, Dirección General de Montes, Caza y Pesca fluvial (inédito).

SÁNCHEZ, J. et al. (1986): «Mapas de erosión actual (grado) y de erosión potencial (riesgo)» en CENDRERO, A. et al., *Mapa geocientífico de la provincia de Valencia*, Valencia, Di-

putación Provincial de Valencia-Universidades de Cantabria y Valencia.

SÁNCHEZ, J. (Dir.) (1995): *Cartografía del potencial del medio natural en Gran Canaria*, Las Palmas, Cabildo Insular de Gran Canaria-Universidades de Las Palmas de Gran Canaria y Valencia.

SANCHO MARCÉN, C. (1997): «Los mapas de riesgos» en PEÑA MONNÉ, J. L. (Ed.), *Cartografía geomorfológica Básica y Aplicada*, Logroño, Geoforma Ed. (págs. 181-200).

SIMONOV, Y. G. (1985): *Análisis morfométrico*, Moscú, Universidad Estatal de Moscú (Versión española inédita del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México).

VAN ZUIDAM, R. A. y VAN ZUIDAM-CANCELADO, F. I. (1979): «Terrain analysis and classification using aerial photographs» en *I.T.C. Textbook of photo-interpretation*, volumen VII, capítulo 6, Enschede, I.T.C. (págs. 1-309).