

inventario  
nacional  
erosión  
suelos  
2002-2022



2022

RESUMEN





# inventario nacional erosión suelos



2022

## RESUMEN



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Madrid, 2022





Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

**Proyecto encargado por:**

Área de Hidrología y Zonas Desfavorecidas  
Subdirección General de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación  
Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación

**Dirección Técnica - Responsables generales del proyecto:**

Eduardo del Palacio Fernández–Montes

**Cartografía, trabajo de campo, proceso de datos, redacción y fotos:**

Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A., S.M.E., M.P. (TRAGSATEC)

**Prólogo:** Eduardo del Palacio Fernández–Montes



**MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y RETO DEMOGRÁFICO**

**Edita:**

© Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

**Maquetación, producción, fotomecánica e impresión :**

Editorial MIC, S.L.

**Diseño:** Miguel Mansanet, S.L.

**Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:**

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

**NIPO:** 665-22-058-2

**ISBN:** 978-84-18508-89-9

**Depósito Legal:** M-29756-2022

# Índice

PRÓLOGO.....	7
1. EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS.....	13
1.1. Objetivos.....	15
1.2. Metodología.....	15
1.3. Mapa conceptual.....	16
1.4. Gráficos.....	17
1.5. Tabla de resultados.....	20
2. EROSIÓN EN CÁRCAVAS Y BARRANCOS.....	23
2.1. Objetivos.....	25
2.2. Metodología.....	26
2.3. Gráficos.....	26
2.4. Tabla de resultados.....	28
3. MOVIMIENTOS EN MASA.....	31
3.1. Objetivos.....	33
3.2. Metodología.....	33
3.3. Mapa conceptual.....	36
3.4. Gráficos.....	37
3.5. Tabla de resultados.....	40
4. EROSIÓN EN CAUCES.....	53
4.1. Objetivos.....	55
4.2. Metodología.....	55
4.3. Mapa conceptual.....	57
4.4. Gráficos.....	58
4.5. Tabla de resultados.....	60
5. EROSIÓN EÓLICA.....	61
5.1. Objetivos.....	63
5.2. Metodología.....	64
5.3. Gráficos.....	69
5.5. Tabla de resultados.....	72
6. BIBLIOGRAFÍA.....	75
7. CARTOGRAFÍA.....	81



## EL INVENTARIO NACIONAL DE EROSIÓN DE SUELOS (INES) 2000-2022

### El INES. Un trabajo a escala nacional

Pueden darse muchas acepciones para el vocablo suelo, pero todas ellas se relacionan con su definición más elemental de superficie de la tierra, aquella donde se desarrolla la vida de la flora, de la fauna y, en última instancia, del hombre.

Este concepto de soporte de la vida es el que da toda su dimensión al factor suelo como recurso natural básico, y el que justifica su defensa ante los procesos que puedan amenazarlo, no ya como simple superficie de la tierra, sino como espacio vital del ecosistema tierra.

En relación a tales procesos, el sistema suelo no es inmutable: muestra, por el contrario, un elevado dinamismo, determinado por los efectos que sobre él provocan los agentes naturales (temperatura, luz, agua, microorganismos...), a su vez cada vez más intensa y frecuentemente alterados por la acción del hombre.

El suelo, por tanto, está en constante proceso de formación y destrucción. La formación tiene su origen en la meteorización, tanto física como biológica, mientras que la destrucción se debe fundamentalmente a la erosión, tanto eólica como, especialmente, hídrica.

En relación a este proceso de erosión-desertificación, son bien conocidos los múltiples daños que provoca, tanto a nivel internacional, donde alrededor de 2.500 millones de personas se ven afectadas por el problema, como en España, país especialmente sensible a esta fenomenología por una serie de circunstancias, de entre las que destacan:

- Orografías accidentadas, con extensas superficies de elevada pendiente.
- Clima de tipo mediterráneo, con marcada alternancia de períodos húmedos y secos, y precipitaciones irregulares, a menudo torrenciales.
- Suelos pobres, a veces esqueléticos, con unas características en cuanto a textura y estructura que favorecen su disgregación y lavado.
- Falta de una adecuada cubierta vegetal, suficiente tanto para ofrecer protección al suelo frente a la desertificación, como para suavizar y regularizar la escorrentía de las aguas.

En España, por tanto, el problema de la erosión es importante porque puede conducir a la desertificación del suelo, secuencia final del proceso erosivo, propiciando con ello su desertización, entendiéndose como tal el abandono de la población asentada en ella, al no encontrar ésta los medios y servicios suficientes para alcanzar y mantener un adecuado nivel de vida.

Si queremos ahondar en este problema, y estar en una adecuada posición para planificar las necesarias actuaciones de control y el diseño de una escala de prioridades, debemos plantearnos "el dónde y el cuánto" o, lo que es lo mismo, debemos determinar las zonas donde el fenómeno erosivo presenta más intensidad y consecuencias más negativas.

A tales efectos se han venido desarrollando una serie de estudios, dentro de los cuales destacan los "Mapas de Estados Erosivos", confeccionados y publicados por el ICONA a lo largo del periodo 1987-2001, en los cuales se definían, por estratos, las pérdidas de suelo en el territorio nacional o, lo que es lo mismo, las áreas críticas, donde era más urgente actuar.

Estos Mapas de Estados Erosivos (MEE) representaron un importante avance, constituyéndose en uno de los primeros casos, a nivel internacional, en que un país disponía de una cartografía de la erosión de cierto detalle (escala de trabajo 1:200.000) para la totalidad del territorio nacional.

En 2000, y como resultado de la voluntad de seguir avanzando y mejorando la determinación y estudio del fenómeno erosivo, se iniciaron los trabajos correspondientes al presente Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES), que ahora finaliza y cuyos resultados finales, integrados para el total nacional, se presentan en esta publicación.

## **Objetivos y alcance del INES**

El INES tiene como objetivo fundamental cuantificar y reflejar cartográficamente, en soporte digital y gráfico, los diferentes procesos de erosión de suelos, así como estudiar su evolución mediante su comparación con inventarios sucesivos y anteriores, lo que precisa una actividad cartográfica encaminada al fraccionamiento del suelo en sistemas homogéneos, otra de mediciones en el terreno, y una posterior de integración y procesamiento de datos de ambas.

El INES es la única fuente de información a escala nacional en materia de erosión de suelos, suministrando una información estadística homogénea, y se ha realizado a escala provincial y a una escala 1:50.000, formando parte del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, a través de la Estadística Forestal Española, tal y como explícitamente se establece en el Plan Forestal Español y la Ley 43/2003,



de Montes, y en la Ley 21/2015, por la que se modifica la anterior, así como en el Real Decreto 1130/2008, de 4 de julio.

Los datos suministrados por el INES son de gran importancia, entre otras aplicaciones, para la restauración de áreas incendiadas o susceptibles a inundaciones, para las políticas de lucha contra la Desertificación y el Cambio Climático, y como elemento de cálculo del carbono orgánico en el suelo. Además, es un criterio biofísico en las actuaciones cofinanciadas por la Unión Europea, y se constituye como un importante instrumento de trabajo en políticas y planes nacionales y autonómicos, permitiendo localizar, cuantificar y analizar la evolución de los fenómenos erosivos, y la consiguiente delimitación de líneas de trabajo.

Concretamente, se ha aplicado en el Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias en materia de Restauración Hidrológico-Forestal, que tiene como objetivo prioritario decidir la localización y naturaleza de los trabajos de restauración y el momento en que han de aplicarse. Para ello, utilizando datos del INES, y después de un análisis de la problemática existente, se llega a un diagnóstico de las zonas donde el fenómeno presenta más intensidad y consecuencias más negativas, lo que permite diseñar la escala de prioridades. Identificadas estas zonas (áreas críticas) en toda la geografía del país se cuantifica el coste de los trabajos de restauración necesarios para estas zonas más urgentes, supeditado a las disponibilidades presupuestarias y a las posibilidades físicas e institucionales de actuación.

## **Material Suministrado**

En el INES se inventarían y cartografían cinco formas de erosión:

1. La erosión laminar o en regueros, que es causada por el agua y supone la forma más importante cuantitativa y cualitativamente. Para elaborar su cartografía se empezó por el diseño de campo, preparando la cartografía temática básica (clima, fisiografía, litología y vegetación) y posteriormente se utilizó para clasificar el territorio en estratos homogéneos y asignar a cada estrato un número proporcional de parcelas de campo, mediante muestreo aleatorio sistemático con refuerzo dirigido, con una densidad media de una parcela cada 2.500 ha.
2. Erosión en cárcavas o barrancos, cuyo objetivo es la identificación de estas formas de erosión no contempladas en el modelo RUSLE, pero sí que son visibles en fotografías aéreas, realizándose su cartografía a partir de localización de las zonas afectadas mediante fotointerpretación de pares estereoscópicos de fotos, entre una escala de 1:20.000 y 1:40.000, localizándolas mediante la aplicación DINAMAP sobre la ortofoto y digitalizando su contorno a una

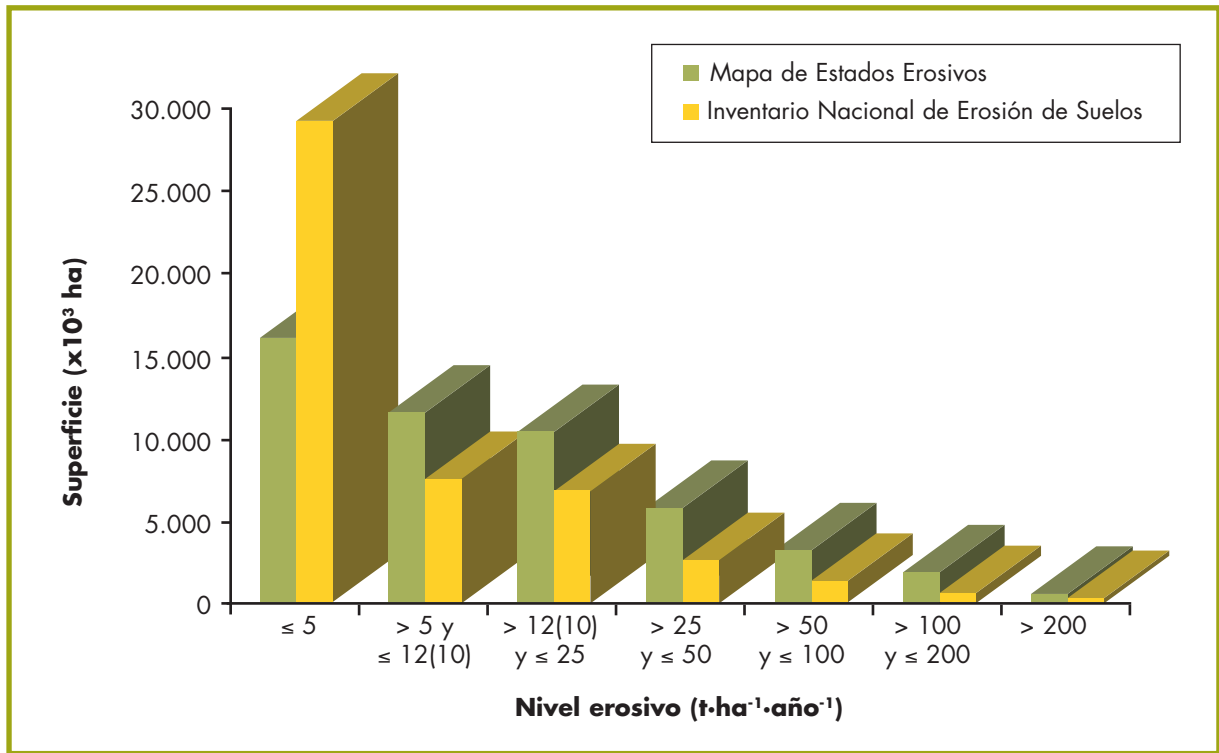
escala aproximada de 1:20.000, tomando como tamaño mínimo de zona de cárcavas 25 ha.

3. Movimientos en masa (erosión en profundidad), mecanismos de erosión, transporte y deposición que se producen por la inestabilidad gravitacional del terreno, y cuyo grado o nivel de potencialidad básica se obtiene cruzando tres capas informativas con distintos pesos (litofacies, 50 %; pendiente, 30 % y pluviometría, 20 %), a las que se asignan valores según que las características sean más o menos favorables a los movimientos, estableciéndose rangos de los resultados obtenidos, que se correlacionan con los niveles o grados de potencialidad.
4. Erosión en cauces, realizándose una clasificación cualitativa de las unidades hidrológicas en que se encuentra dividido el territorio en función del grado de susceptibilidad potencial a presentar fenómenos torrenciales de erosión a lo largo de su red de drenaje, asignándose a cada uno de los factores que intervienen en el proceso torrencial (pendiente, litología, pluviometría y erosión) un valor medio por unidad, combinándose entre sí para obtener el valor cualitativo final del riesgo de erosión en cauces.
5. Erosión eólica, que se puede definir como el proceso de disgregación, remoción y transporte de las partículas del suelo por la acción del viento, y que suele presentarse en zonas más o menos llanas y extensas desnudas de obstáculos importantes, con escasa vegetación, y presencia de partículas sueltas en la superficie. En España existen algunas áreas donde se manifiesta con una cierta intensidad. Por tanto, para conseguir un completo Inventario Nacional de Erosión de Suelos se realiza una identificación de "áreas de deflación" (pendiente inferior al 10% y superficie mínima de 2.500 ha), sobre las que se estudian los factores viento, vegetación y suelo, obteniéndose una clasificación final de las mismas en función del riesgo potencial de erosión eólica.

## Resultados

En el presente trabajo se incluyen una serie de cuadros y diagramas donde se ofrecen y ponen a disposición de los usuarios interesados datos detallados con diferentes tipos de información.

Como resumen y comentario general, podemos destacar la siguiente comparativa entre los datos nacionales del anterior inventario de suelos (MEE) y el que ahora finaliza (INES):



Mapa de Estados Erosivos. Resumen Nacional.  
Escala de trabajo 1:200.000

Nivel erosivo (t·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup> )	Superficie (ha)
0-5	16.120.928,52
5-12	11.664.828,66
12-25	10.526.142,02
25-50	5.852.927,45
50-100	3.297.782,23
100-200	2.058.143,63
>200	630.037,38
Agua	335.274,33
Núcleos urbanos	99.521,14
Sin nivel	68.120,55
TOTAL	50.653.705,92

Nivel erosivo (t·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup> )	Superficie (ha)
≤ 25	38.311.899,21
≥ 25	11.838.890,69
Agua	335.274,33
Núcleos urbanos	99.521,14
Sin nivel	68.120,55
TOTAL	50.653.705,92

Inventario Nacional de Erosión de Suelos.  
Resumen Nacional. Escala 1:50.000

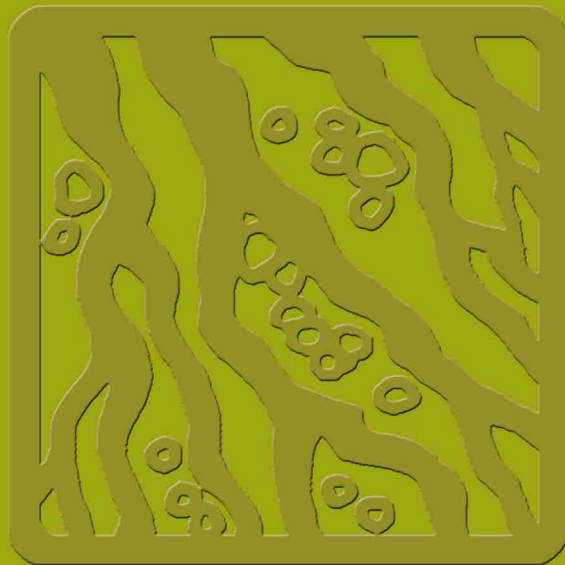
Nivel erosivo (t·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup> )	Superficie (ha)
≤ 5	29.229.161,38
> 5 y ≤ 10	7.598.825,06
> 10 y ≤ 25	6.909.605,63
> 25 y ≤ 50	2.723.926,25
> 50 y ≤ 100	1.481.294,13
> 100 y ≤ 200	711.812,81
> 200	289.174,50
Láminas de agua superficiales y humedales	500.474,00
Superficies artificiales	1.174.538,50
TOTAL	50.618.812,25

Nivel erosivo (t·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup> )	Superficie (ha)
≤ 25	43.737.592,06
≥25	5.206.207,69
Láminas de agua superficiales y humedales	500.474,00
Superficies artificiales	1.174.538,50
TOTAL	50.618.812,25

Como se puede apreciar, la superficie en hectáreas por debajo de 25 t·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> pasa desde 38.311.899,21 ha en el Mapa de Estados Erosivos a 43.737.592,06 ha en el INES integrado, reflejando, lógicamente, la tendencia que se había ido observando por provincias.

Es con este mensaje esperanzador como quisiera cerrar mi etapa como director técnico del INES a lo largo de todos estos años, agradeciendo su trabajo y dedicación a todas las personas que de una u otra manera han colaborado en su confección, y deseando lo mejor para las que continúen esta labor en un actualizado y sin duda necesario nuevo INES.

*Eduardo del Palacio Fernández-Montes*  
*Director técnico INES 2000-2022*



## 1. Erosión laminar y en regueros



## 1.1. Objetivos



Obtener una cartografía, en formato gráfico y digital, de niveles cuantitativos de pérdidas medias anuales de suelo por erosión hídrica superficial de tipo laminar o en regueros, mediante la aplicación del modelo RUSLE. Esto supone el cálculo y la obtención de cartografía de los distintos factores considerados por dicho modelo.

## 1.2. Metodología

Se utiliza el modelo RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation, Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Revisada), que permite determinar las pérdidas que se ocasionan en el suelo de una manera objetiva. Su ecuación básica es:

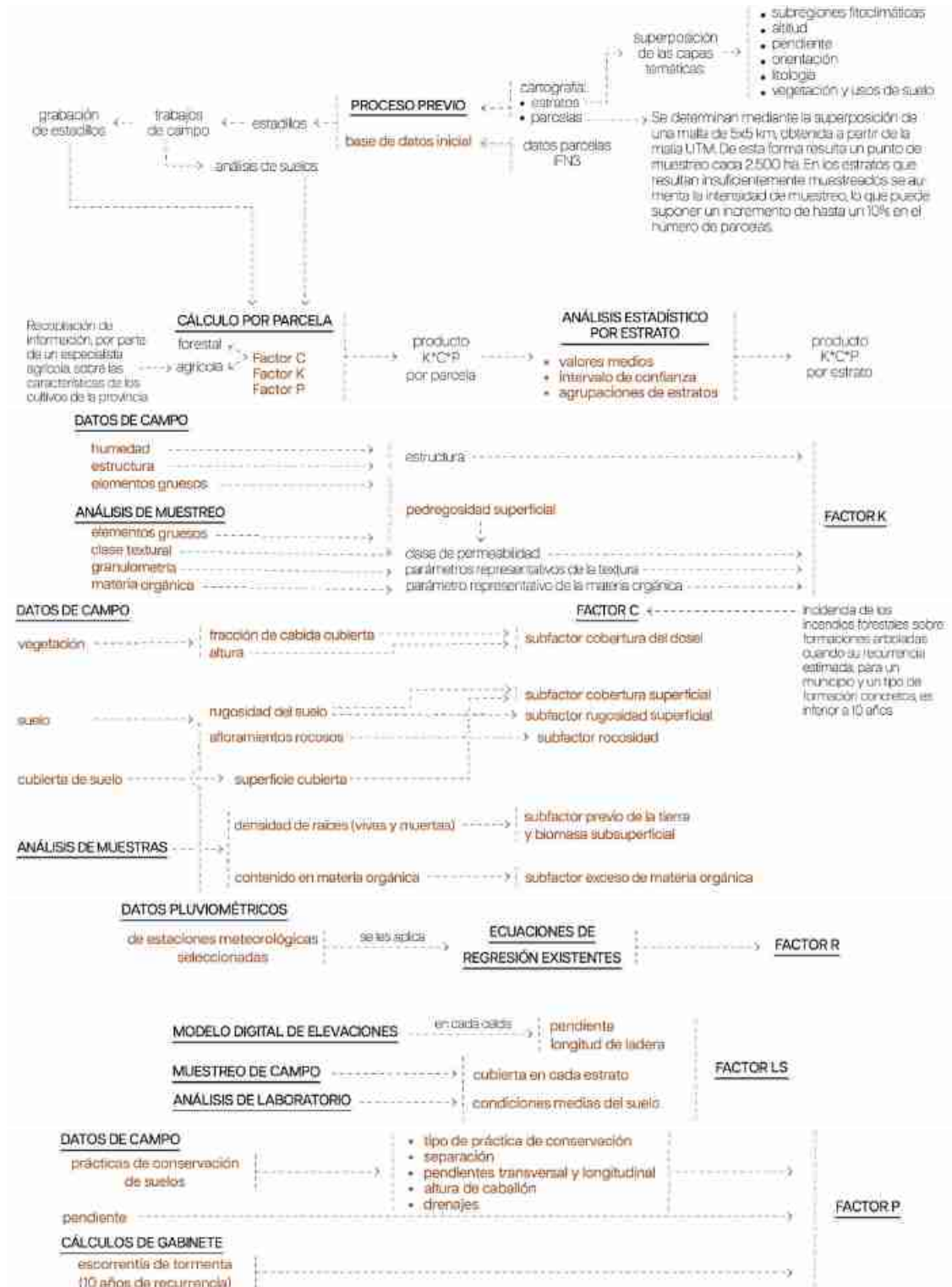
$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

donde:

- A: pérdidas de suelo por unidad de superficie para el periodo de tiempo considerado. Se obtiene por el producto de los factores siguientes:
- R: Factor erosividad de la lluvia. Es el número de unidades del índice de erosión ( $E \times I_{30}$ ) en el período considerado, donde E es la energía cinética de una precipitación determinada e  $I_{30}$  es la intensidad máxima en 30 minutos de la misma. El índice de erosión es una medida de la fuerza erosiva de una precipitación determinada.
- K: Factor erosionabilidad del suelo. Es el valor de las pérdidas de suelo por unidad del índice de erosión pluvial, para un suelo determinado en barbecho continuo, con una pendiente del 9% y una longitud de ladera de 22,1 m.
- L: Factor longitud de ladera. Es la relación entre la pérdida de suelo para una longitud de ladera determinada y la pérdida para una longitud de 22,1 m del mismo tipo de suelo y vegetación o uso.
- S: Factor pendiente. Es la relación entre las pérdidas para una pendiente determinada y las pérdidas para una pendiente del 9% del mismo tipo de suelo y vegetación o uso.
- C: Factor cubierta y manejo. Es la relación entre las pérdidas de suelo en un terreno cultivado en condiciones específicas o con determinada vegetación natural y las pérdidas correspondientes de un suelo en barbecho continuo.
- P: Factor de prácticas de conservación del suelo. Es la relación entre las pérdidas de suelo con cultivo a nivel, en fajas, en terrazas, en bancales o con drenaje subsuperficial, y las pérdidas de suelo correspondientes a labor en línea de máxima pendiente.



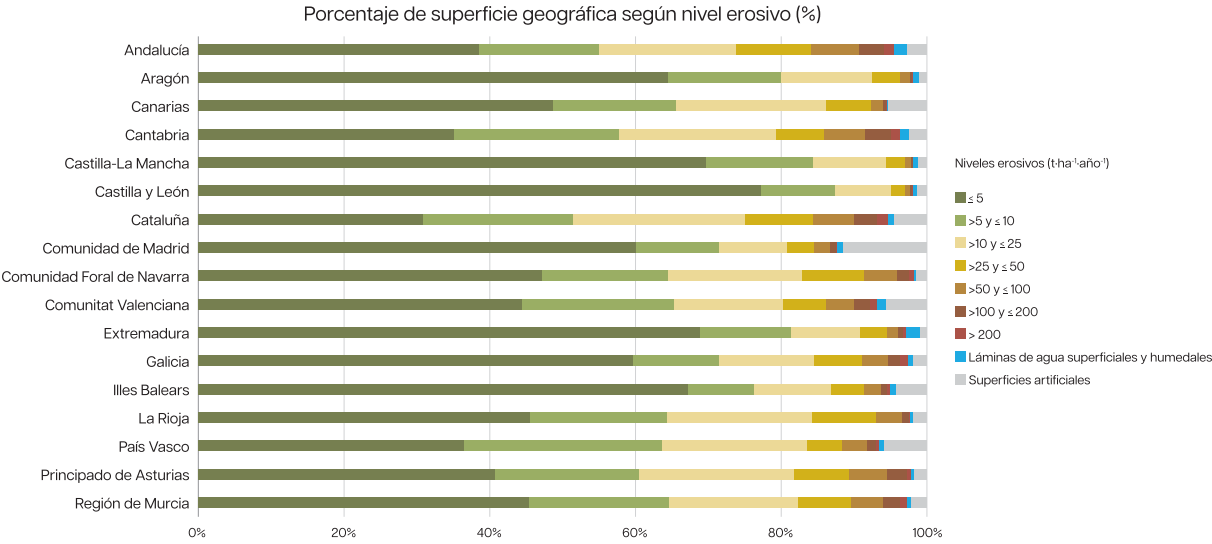
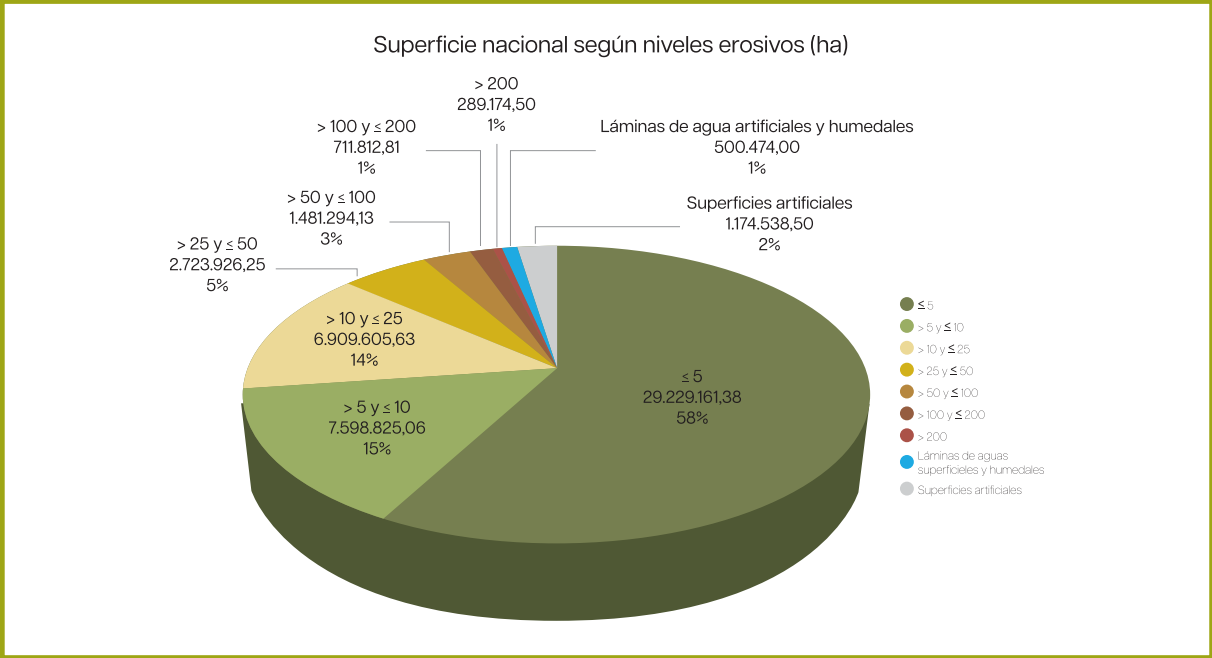
## 1.3. Mapa conceptual

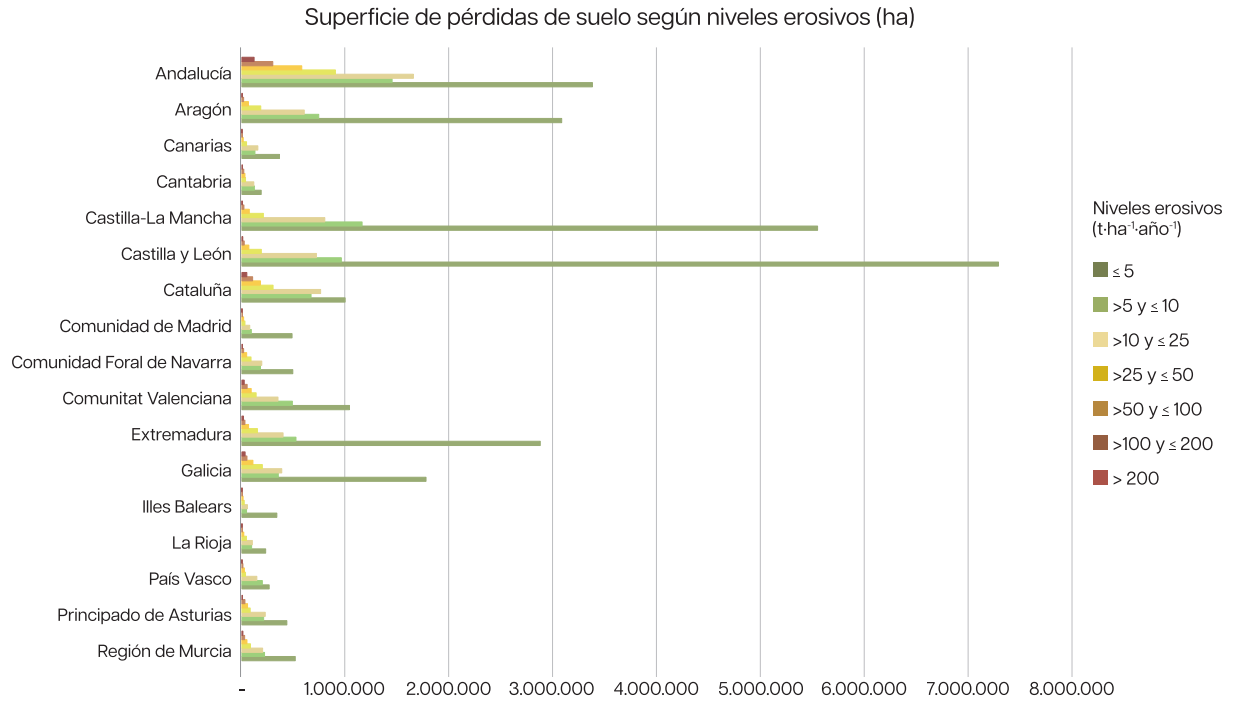






# 1.4. Gráficos



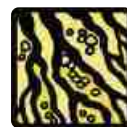






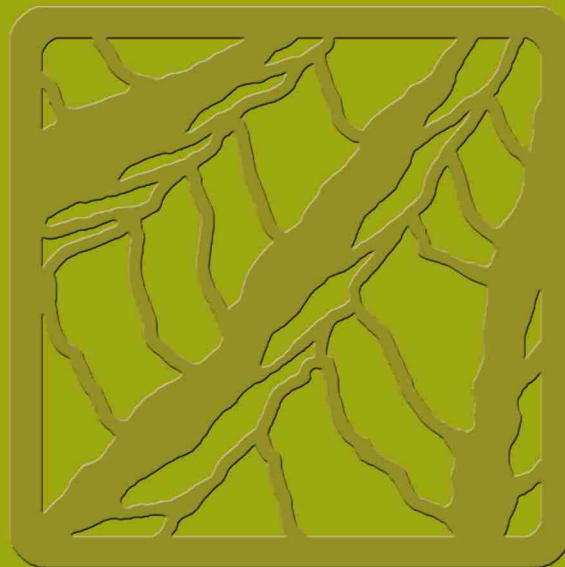
## 1.5. Tabla de resultados

Comunidad Autónoma	Ud	Superficie (ha)							
		Nivel erosivo ( $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ )							
		≤ 5	> 5 y ≤ 10	> 10 y ≤ 25	> 25 y ≤ 50	> 50 y ≤ 100	> 100 y ≤ 200	> 200	
Andalucía	ha	3.372.329,88	1.445.363,81	1.650.519,56	899.151,31	575.854,75	297.690,13	117.900,56	
	%	38,49	16,50	18,84	10,26	6,57	3,40	1,35	
Aragón	ha	3.076.694,75	739.427,50	599.776,00	181.930,69	63.840,81	16.761,31	3.029,00	
	%	64,46	15,49	12,57	3,81	1,34	0,35	0,06	
Canarias	ha	362.072,31	125.541,94	153.539,69	45.824,06	12.763,38	3.181,00	502,44	
	%	48,64	16,87	20,63	6,16	1,71	0,43	0,07	
Cantabria	ha	186.656,38	119.926,94	114.549,25	35.491,94	29.537,38	18.789,31	6.709,81	
	%	35,13	22,57	21,56	6,68	5,56	3,54	1,26	
Castilla - La Mancha	ha	5.537.070,56	1.155.778,00	797.717,94	206.442,63	71.333,19	20.509,19	3.912,19	
	%	69,73	14,55	10,05	2,60	0,90	0,26	0,05	
Castilla y León	ha	7.276.799,00	957.377,25	717.298,88	187.322,63	66.978,06	23.393,56	8.822,44	
	%	77,23	10,16	7,61	1,99	0,71	0,25	0,09	
Cataluña	ha	993.346,06	665.276,31	757.774,50	300.560,31	179.212,00	104.098,38	48.371,38	
	%	30,84	20,66	23,53	9,33	5,56	3,23	1,50	
Comunidad de Madrid	ha	482.568,50	90.648,63	75.677,13	29.501,50	17.803,69	5.701,63	1.420,31	
	%	60,13	11,29	9,43	3,68	2,22	0,71	0,18	
Comunidad Foral de Navarra	ha	489.578,63	179.637,31	191.515,06	88.171,25	46.617,69	17.695,50	6.247,69	
	%	47,14	17,30	18,44	8,49	4,49	1,70	0,60	
Comunitat Valenciana	ha	1.035.034,69	485.179,00	347.587,88	136.956,13	89.153,81	50.269,63	22.861,44	
	%	44,48	20,85	14,94	5,89	3,83	2,16	0,98	
Extremadura	ha	2.869.803,75	520.722,75	396.891,06	150.297,25	64.257,88	29.711,13	16.187,44	
	%	68,85	12,49	9,52	3,61	1,54	0,71	0,39	
Galicia	ha	1.771.574,94	350.275,81	384.631,25	197.208,25	106.493,31	48.652,94	31.597,56	
	%	59,69	11,80	12,96	6,64	3,59	1,64	1,06	
Illes Balears	ha	336.935,88	45.378,81	53.132,63	22.736,56	11.762,44	4.325,25	1.709,31	
	%	67,17	9,05	10,59	4,53	2,34	0,86	0,34	
La Rioja	ha	229.571,25	94.498,94	100.528,25	44.037,94	18.434,50	4.431,19	616,88	
	%	45,54	18,74	19,94	8,74	3,66	0,88	0,12	
País Vasco	ha	263.001,25	196.473,19	144.175,44	34.783,38	23.761,88	9.808,00	2.532,19	
	%	36,42	27,21	19,96	4,82	3,29	1,36	0,35	
Principado de Asturias	ha	432.749,50	209.614,50	224.810,44	80.668,88	54.469,69	29.366,94	5.830,13	
	%	40,78	19,75	21,19	7,60	5,13	2,77	0,55	
Región de Murcia	ha	513.374,06	217.704,38	199.480,69	82.841,56	49.019,69	27.427,75	10.923,75	
	%	45,38	19,24	17,63	7,32	4,33	2,42	0,97	
ESPAÑA	ha	29.229.161,38	7.598.825,06	6.909.605,63	2.723.926,25	1.481.294,13	711.812,81	289.174,50	
	%	57,74	15,01	13,65	5,38	2,93	1,41	0,57	



	Superficie erosionable	Láminas de agua superficiales y humedales	Superficies artificiales	Total superficie geográfica	Total pérdidas de suelo	Pérdidas medias totales (t·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup> )
	8.358.810,00	159.140,00	243.576,63	8.761.526,63	193.626.441,84	23,16
	95,40	1,82	2,78	100,00	100,00	
	4.681.460,06	38.319,13	53.297,44	4.773.076,63	33.739.483,48	7,21
	98,08	0,80	1,12	100,00	100,00	
	703.424,81	1.527,06	39.397,88	744.349,75	6.796.823,88	9,66
	94,50	0,21	5,29	100,00	100,00	
	511.661,00	6.646,81	13.054,13	531.361,94	10.868.094,81	21,24
	96,29	1,25	2,46	100,00	100,00	
	7.792.763,69	52.446,75	95.812,81	7.941.023,25	45.128.809,45	5,79
	98,13	0,66	1,21	100,00	100,00	
	9.237.991,81	50.386,13	134.343,06	9.422.721,00	43.807.160,68	4,74
	98,04	0,53	1,43	100,00	100,00	
	3.048.638,94	24.536,63	147.328,06	3.220.503,63	72.199.149,86	23,68
	94,66	0,76	4,57	100,00	100,00	
	703.321,38	7.052,31	92.185,19	802.558,88	5.958.293,69	8,47
	87,63	0,88	11,49	100,00	100,00	
	1.019.463,13	3.843,69	15.274,50	1.038.581,31	16.373.572,00	16,06
	98,16	0,37	1,47	100,00	100,00	
	2.167.042,56	30.612,19	129.381,75	2.327.036,50	36.202.575,30	16,71
	93,12	1,32	5,56	100,00	100,00	
	4.047.871,25	82.850,69	37.198,06	4.167.920,00	33.322.852,94	8,23
	97,12	1,99	0,89	100,00	100,00	
	2.890.434,06	21.187,19	56.233,88	2.967.855,13	45.113.976,93	15,61
	97,39	0,71	1,89	100,00	100,00	
	475.980,88	4.011,94	21.620,38	501.613,19	4.154.440,18	8,73
	94,89	0,80	4,31	100,00	100,00	
	492.118,94	2.355,88	9.657,31	504.132,13	6.303.715,12	12,81
	97,62	0,47	1,92	100,00	100,00	
	674.535,31	5.512,81	42.116,50	722.164,63	9.125.956,25	13,53
	93,40	0,76	5,83	100,00	100,00	
	1.037.510,06	4.261,19	19.310,94	1.061.082,19	18.138.714,87	17,48
	97,78	0,40	1,82	100,00	100,00	
	1.100.771,88	5.783,63	24.750,00	1.131.305,50	19.394.852,63	17,62
	97,30	0,51	2,19	100,00	100,00	
	48.943.799,75	500.474,00	1.174.538,50	50.618.812,25	600.254.913,91	12,26
	96,69	0,99	2,32	100,00	100,00	



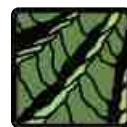


## 2. Erosión en cárcavas y barrancos





## 2.1. Objetivos



La erosión en cárcavas y barrancos se caracteriza fundamentalmente por el avance remontante de una incisión en el terreno que, adoptando los clásicos perfiles en U o V, concentra las aguas de escorrentía y las conduce a la red principal de drenaje. El detonante para el proceso suele ser la pérdida de vegetación en áreas donde la micro-topografía favorece esta concentración de flujos de corriente durante las lluvias. Las cárcavas están, casi siempre, asociadas a una erosión acelerada sobre litofacias blandas y, por tanto, a paisajes inestables.

Existen dos tipos fundamentales de cárcavas: de fondo de valle y de ladera. Las primeras son esencialmente un fenómeno de superficie y pueden considerarse como grandes regueros formados cuando la fuerza de arrastre ejercida por el flujo supera la resistencia del suelo. Pero, una vez que han alcanzado cierta profundidad, el principal mecanismo de avance es el retroceso de la cabecera, hasta que, al moverse pendiente arriba, y ser el espesor del suelo cada vez menor, provoca que la base de la cárcava llegue a la roca madre y la altura del muro de cabecera se reduzca suficientemente para estabilizarse.

Antes de que esto ocurra, lo más probable es que una cárcava de fondo de valle haya avanzado en el interior de las laderas que la rodean, donde se comportará como una cárcava de ladera. En este segundo tipo, las cárcavas se desarrollan formando, más o menos, ángulos rectos con la dirección principal del valle, donde las concentraciones locales de escorrentía superficial cortan la base de las colinas, los conductos subsuperficiales se hunden o los movimientos locales de masas crean una depresión lineal en el paisaje (R.P.C. MORGAN. 1997. Erosión y conservación del suelo. Ediciones Mundi-Prensa).

En ocasiones, las cárcavas de ladera se extienden de forma ramificada a través de terrenos generalmente erosionables, evolucionando hasta llegar a la formación de las denominadas "badlands", que son superficies cubiertas de cárcavas, no productivas y prácticamente imposibles de recuperar.

Aunque este tipo de erosión suele tener una importancia cuantitativa menor que otros procesos (erosión laminar y en regueros, fundamentalmente) en lo que a pérdidas de suelo se refiere, su repercusión paisajística es incluso superior, pues cárcavas y barrancos son elementos muy visibles y considerados generalmente como indicadores de procesos avanzados de degradación del territorio. De ahí su inclusión en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos, en el que se trató de determinar, como indicador de este tipo de fenómenos, la superficie afectada por los mismos.

El objetivo perseguido por este módulo es la identificación de estas formas de erosión que no son contempladas por el modelo RUSLE, pero sí son visibles en fotografías aéreas.



## 2.2. Metodología

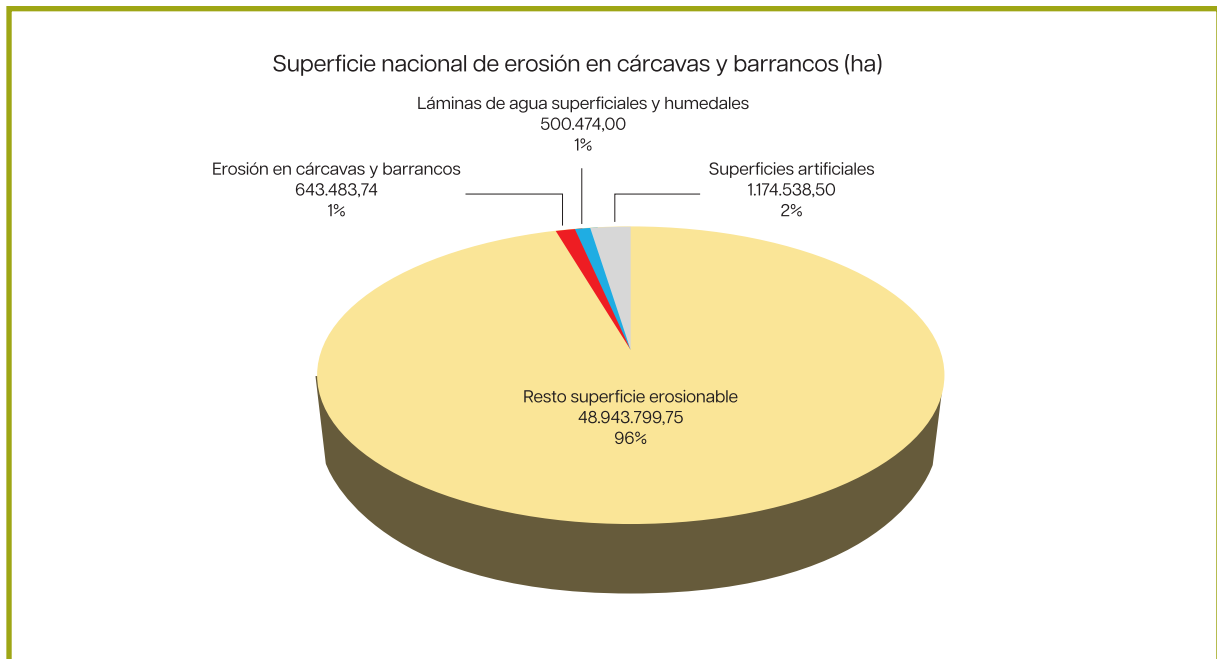
La erosión en cárcavas se identificó mediante fotointerpretación de pares estereoscópicos de fotografías aéreas y digitalizando el contorno de las zonas de erosión.

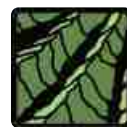
La digitalización se realizó a una escala aproximada de 1:20.000, siendo la superficie mínima considerada para marcar una zona de cárcavas de 25 ha.

La superficie identificada como zona de cárcavas se marcó con una línea envolvente cerrada lo más suave y adaptada al terreno posible. Es frecuente que las superficies de erosión estén compuestas por una red densa de cauces con las márgenes claramente acaravadas. En estos casos el criterio de digitalización consistió en englobar dichos cauces si la distancia entre ellos es menor de 100 m, mientras que cuando la separación entre cauces es superior, se marcan de forma independiente.

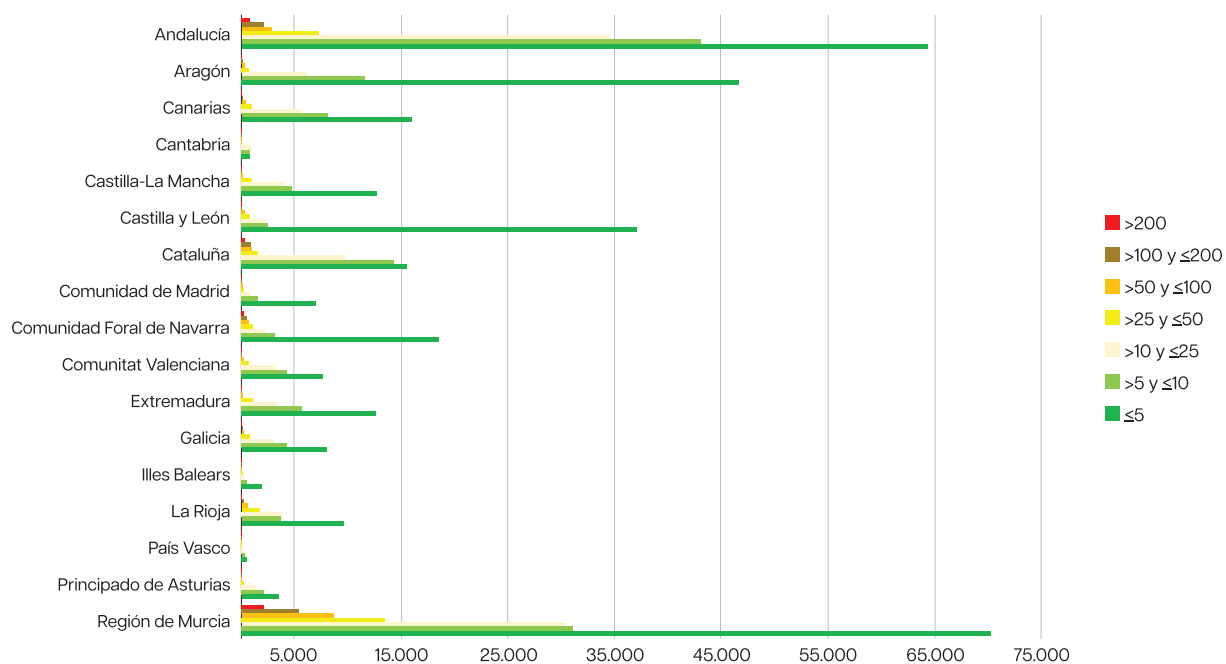
El trabajo cartográfico incorporó al sistema de información geográfica la cartografía de zonas erosivas en cárcavas, en formato digital.

## 2.3. Gráficos

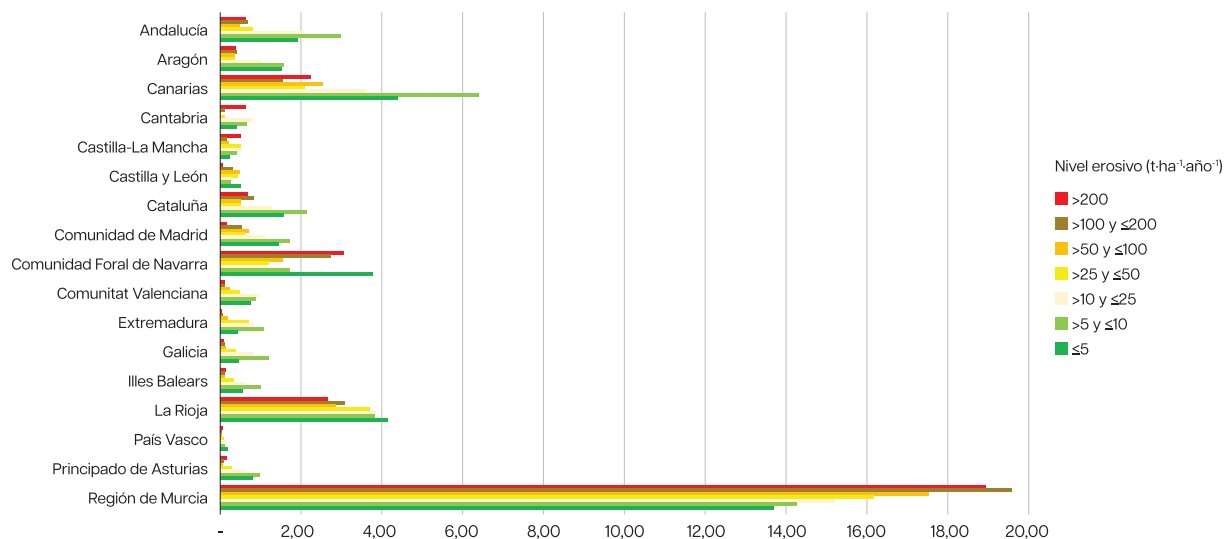




Superficie de erosión en cárcavas y barrancos según niveles erosivos (ha)

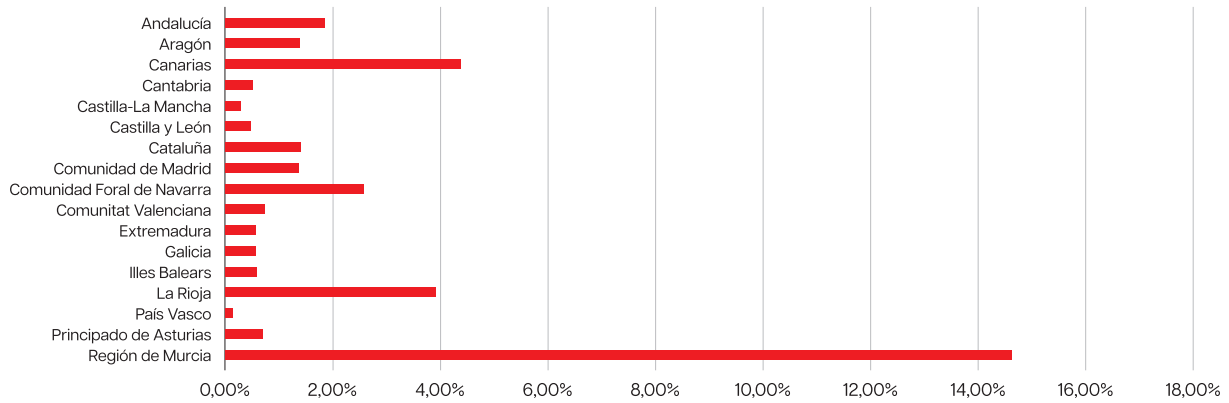


Porcentaje de superficie de cárcavas con respecto a la superficie de niveles erosivos (%)





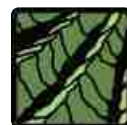
Porcentaje de superficie de erosión en cárcavas y barrancos con respecto al total de la superficie erosionable (%)



## 2.4. Tabla de resultados

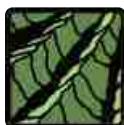
Provincia / Comunidad Autónoma	Descripción	Ud	Nivel erosivo ( $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ )							Superficie erosionable
			$\leq 5$	$> 5 y \leq 10$	$> 10 y \leq 25$	$> 25 y \leq 50$	$> 50 y \leq 100$	$> 100 y \leq 200$	$> 200$	
Andalucía	Erosión laminar y en regueros	ha	3.372.329,88	1.445.363,81	1.650.519,56	899.151,31	575.854,75	297.690,13	117.900,56	8.358.810,00
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	64.310,81	43.000,19	34.491,25	7.192,06	2.762,25	2.011,75	735,63	154.503,94
		%	1,91	2,98	2,09	0,80	0,48	0,68	0,62	1,85
Aragón	Erosión laminar y en regueros	ha	3.076.694,75	739.427,50	599.776,00	181.930,69	63.840,81	16.761,31	3.029,00	4.681.460,06
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	46.626,50	11.499,63	6.043,50	652,06	229,25	68,00	11,56	65.130,50
		%	1,52	1,56	1,01	0,36	0,36	0,41	0,38	1,39
Canarias	Erosión laminar y en regueros	ha	362.072,31	125.541,94	153.539,69	45.824,06	12.763,38	3.181,00	502,44	703.424,81
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	15.915,86	8.012,93	5.532,24	956,79	321,93	48,76	11,30	30.799,80
		%	4,40	6,38	3,60	2,09	2,52	1,53	2,25	4,38
Cantabria	Erosión laminar y en regueros	ha	186.656,38	119.926,94	114.549,25	35.491,94	29.537,38	18.789,31	6.709,81	511.661,00
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	742,88	771,94	923,88	33,63	3,56	18,69	42,69	2.537,25
		%	0,40	0,64	0,81	0,09	0,01	0,10	0,64	0,50

sigue ►►

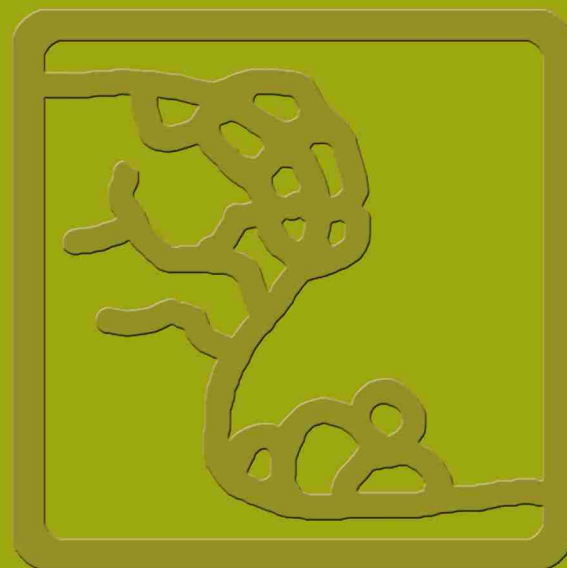


Provincia / Comunidad Autónoma	Descripción	Ud	Nivel erosivo ( $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ )							Superficie erosionable
			$\leq 5$	$> 5 y \leq 10$	$> 10 y \leq 25$	$> 25 y \leq 50$	$> 50 y \leq 100$	$> 100 y \leq 200$	$> 200$	
Castilla La Mancha	Erosión laminar y en regueros	ha	5.537.070,56	1.155.778,00	797.717,94	206.442,63	71.333,19	20.509,19	3.912,19	7.792.763,69
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	12.696,81	4.732,13	3.973,94	1.007,94	141,25	32,44	19,81	22.604,31
		%	0,23	0,41	0,50	0,49	0,20	0,16	0,51	0,29
Castilla y León	Erosión laminar y en regueros	ha	7.276.799,00	957.377,25	717.298,88	187.322,63	66.978,06	23.393,56	8.822,44	9.237.991,81
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	37.124,56	2.447,81	2.174,69	816,56	321,94	70,13	6,06	42.961,75
		%	0,51	0,26	0,30	0,44	0,48	0,30	0,07	0,47
Cataluña	Erosión laminar y en regueros	ha	993.346,06	665.276,31	757.774,50	300.560,31	179.212,00	104.098,38	48.371,38	3.048.638,94
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	15.503,38	14.258,38	9.720,63	1.491,06	913,69	861,63	332,69	43.081,44
		%	1,56	2,14	1,28	0,50	0,51	0,83	0,69	1,41
Comunidad de Madrid	Erosión laminar y en regueros	ha	482.568,50	90.648,63	75.677,13	29.501,50	17.803,69	5.701,63	1.420,31	703.321,38
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	6.928,50	1.546,00	822,44	178,94	126,50	30,06	2,31	9.634,75
		%	1,44	1,71	1,09	0,61	0,71	0,53	0,16	1,37
Comunidad Foral de Navarra	Erosión laminar y en regueros	ha	489.578,63	179.637,31	191.515,06	88.171,25	46.617,69	17.695,50	6.247,69	1.019.463,13
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	18.472,25	3.082,94	2.187,81	1.044,56	716,81	481,81	190,56	26.176,75
		%	3,77	1,72	1,14	1,18	1,54	2,72	3,05	2,57
Comunitat Valenciana	Erosión laminar y en regueros	ha	1.035.034,69	485.179,00	347.587,88	136.956,13	89.153,81	50.269,63	22.861,44	2.167.042,56
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	7.642,44	4.199,00	3.239,44	646,00	207,44	55,81	24,44	16.014,56
		%	0,74	0,87	0,93	0,47	0,23	0,11	0,11	0,74
Extremadura	Erosión laminar y en regueros	ha	2.869.803,75	520.722,75	396.891,06	150.297,25	64.257,88	29.711,13	16.187,44	4.047.871,25
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	12.585,69	5.621,50	3.262,94	1.054,81	120,88	15,50	5,06	22.666,38
		%	0,44	1,08	0,82	0,70	0,19	0,05	0,03	0,56
Galicia	Erosión laminar y en regueros	ha	1.771.574,94	350.275,81	384.631,25	197.208,25	106.493,31	48.652,94	31.597,56	2.890.434,06
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	7.913,75	4.213,75	3.023,38	724,88	148,44	57,38	24,25	16.105,81
		%	0,45	1,20	0,79	0,37	0,14	0,12	0,08	0,56

sigue ►►



Provincia / Comunidad Autónoma	Descripción	Ud	Nivel erosivo ( $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ )							Superficie erosionable
			$\leq 5$	$> 5 y \leq 10$	$> 10 y \leq 25$	$> 25 y \leq 50$	$> 50 y \leq 100$	$> 100 y \leq 200$	$> 200$	
Illes Balears	Erosión laminar y en regueros	ha	336.935,88	45.378,81	53.132,63	22.736,56	11.762,44	4.325,25	1.709,31	475.980,88
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	1.894,25	454,13	314,50	74,56	13,38	4,31	2,13	2.757,25
		%	0,56	1,00	0,59	0,33	0,11	0,10	0,12	0,58
La Rioja	Erosión laminar y en regueros	ha	229.571,25	94.498,94	100.528,25	44.037,94	18.434,50	4.431,19	616,88	492.118,94
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	9.528,56	3.602,25	3.861,94	1.622,88	525,69	136,81	16,44	19.294,56
		%	4,15	3,81	3,84	3,69	2,85	3,09	2,66	3,92
País Vasco	Erosión laminar y en regueros	ha	263.001,25	196.473,19	144.175,44	34.783,38	23.761,88	9.808,00	2.532,19	674.535,31
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	467,13	229,88	218,13	28,44	8,19	2,44	1,13	955,31
		%	0,18	0,12	0,15	0,08	0,03	0,02	0,04	0,14
Principado de Asturias	Erosión laminar y en regueros	ha	432.749,50	209.614,50	224.810,44	80.668,88	54.469,69	29.366,94	5.830,13	1.037.510,06
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	3.439,06	2.058,31	1.344,94	217,50	28,31	24,25	9,13	7.121,50
		%	0,79	0,98	0,60	0,27	0,05	0,08	0,16	0,69
Región de Murcia	Erosión laminar y en regueros	ha	513.374,06	217.704,38	199.480,69	82.841,56	49.019,69	27.427,75	10.923,75	1.100.771,88
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	70.298,56	31.039,38	30.357,06	13.404,69	8.596,69	5.373,13	2.068,38	161.137,88
		%	13,69	14,26	15,22	16,18	17,54	19,59	18,93	14,64
ESPAÑA	Erosión laminar y en regueros	ha	29.229.161,38	7.598.825,06	6.909.605,63	2.723.926,25	1.481.294,13	711.812,81	289.174,50	48.943.799,75
	Erosión en cárcavas y barrancos	ha	332.090,98	140.770,12	111.492,68	31.147,35	15.186,18	9.292,88	3.503,55	643.483,74
		%	1,14	1,85	1,61	1,14	1,03	1,31	1,21	1,31



### 3. Movimientos en masa





## 3.1. Objetivos



Realizar una zonificación del territorio según dos criterios:

1. Grados o niveles de potencialidad del territorio para que sucedan movimientos en masa:
  - nula o muy baja
  - baja o moderada
  - media
  - alta
  - muy alta
2. Tipología predominante de movimientos en masa en zonas de potencialidad media, alta o muy alta:
  - derrumbes en general (desprendimientos, vuelcos, hundimientos,...)
  - deslizamientos (rotacionales y traslacionales)
  - flujos (reptaciones, solifluxiones, flujos de tierra,...)
  - complejos o mixtos (avalanchas, corrientes de lodo,...)

## 3.2. Metodología

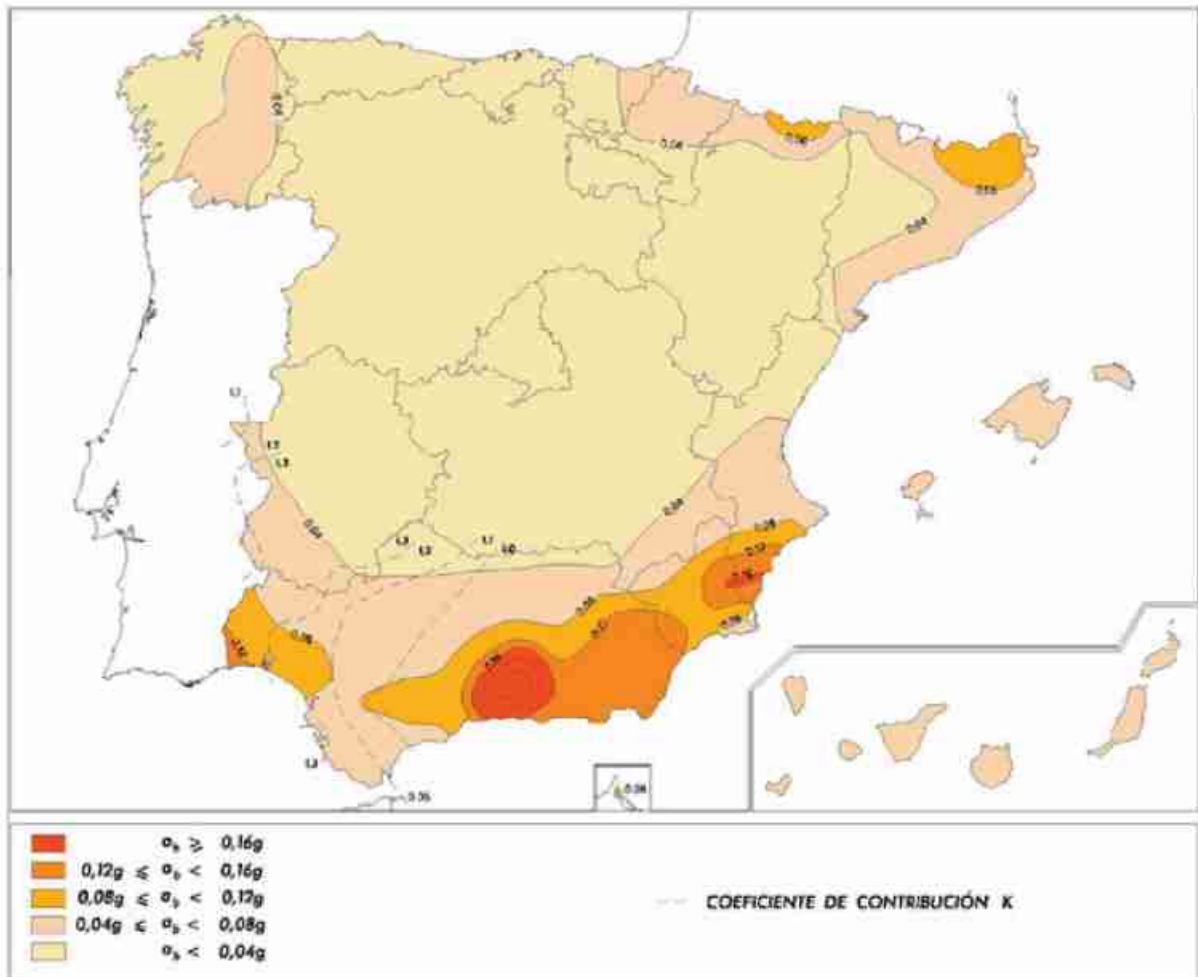
Para obtener el grado o nivel de potencialidad se cruzan las siguientes capas o niveles informativos:

- potencialidad básica
- sismicidad
- recopilación bibliográfica de movimientos en masa (Catálogo de Riesgos Geológicos del Instituto Geológico y Minero de España, IGME; Mapa Geotécnico 1:200.000, Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias en materia de Restauración Hidrológico-Forestal; Control de la Erosión y Lucha contra la Desertificación)

El grado o nivel de potencialidad lo determina fundamentalmente la potencialidad básica, que es aumentada si existen antecedentes bibliográficos o si se trata de una zona de alto riesgo sísmico.



El riesgo sísmico se establece a partir de los valores de la aceleración sísmica básica que define la Norma de Construcción Sismorresistente, según la figura mostrada a continuación:



Sobre la base de la experiencia acumulada por distintos organismos e instituciones en estudios similares, se obtienen los factores que influyen en la potencialidad básica, así como sus correspondientes pesos. En consecuencia, la potencialidad básica se obtiene cruzando tres capas informativas con distintos pesos (litofacies, 50%; pendiente, 30% y pluviometría, 20%), a las que se asignan valores según que las características sean más o menos favorables a los movimientos. Los valores de las tres capas se suman y se establecen rangos de los resultados obtenidos, que se correlacionan con los niveles o grados de potencialidad. A continuación, se exponen los valores correspondientes a los factores que influyen en la potencialidad básica:



- Factor litología:

Litofacies	Valor
no favorable	0
muy poco favorable	1
poco favorable	2
medianamente favorable	3
favorable	4
muy favorable	5

- Factor pendiente:

Litofacies	Valor
baja ( $\leq 15\%$ )	0
media ( $>15$ y $\leq 30\%$ )	1
alta ( $>30$ y $\leq 100\%$ )	2
muy alta o escarpes ( $>100\%$ )	3

- Factor pluviometría: Además de considerar la pluviometría media anual, claramente correlacionable con las zonas de movimientos en masa, se contempla la torrencialidad de las precipitaciones:

Precipitación media anual (mm)	*T10 (mm)	Valor
$\leq 600$	$\leq 100$	0
$\leq 600$	$> 100$	1
$< 600 - \leq 1.200$	$\leq 100$	1
$< 600 - \leq 1.200$	$> 100$	2
$> 1.200$	cualquiera	2

\*T10: precipitación máxima en 24 horas para 10 años de recurrencia

El rango de valores para asignar la potencialidad básica es:

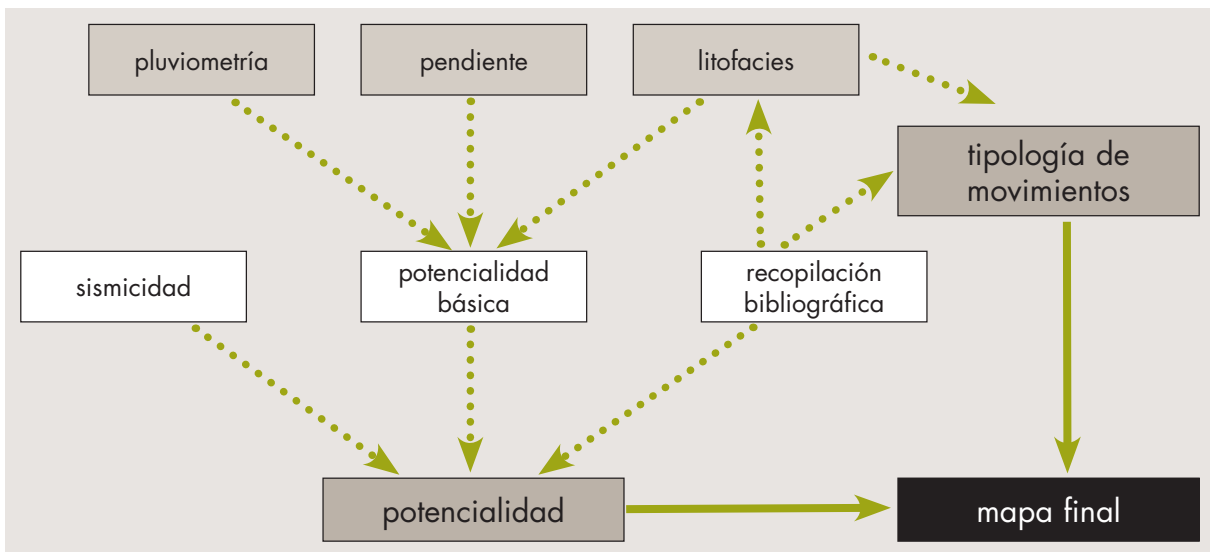
Potencialidad básica	Valor
nula o muy baja	0-1
baja o moderada	2-3
media	4-5
alta	6-7
muy alta	8-9-10



La tipología se obtiene de analizar las características de las formaciones geológicas o unidades cartográficas del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (Serie MAGNA 50):

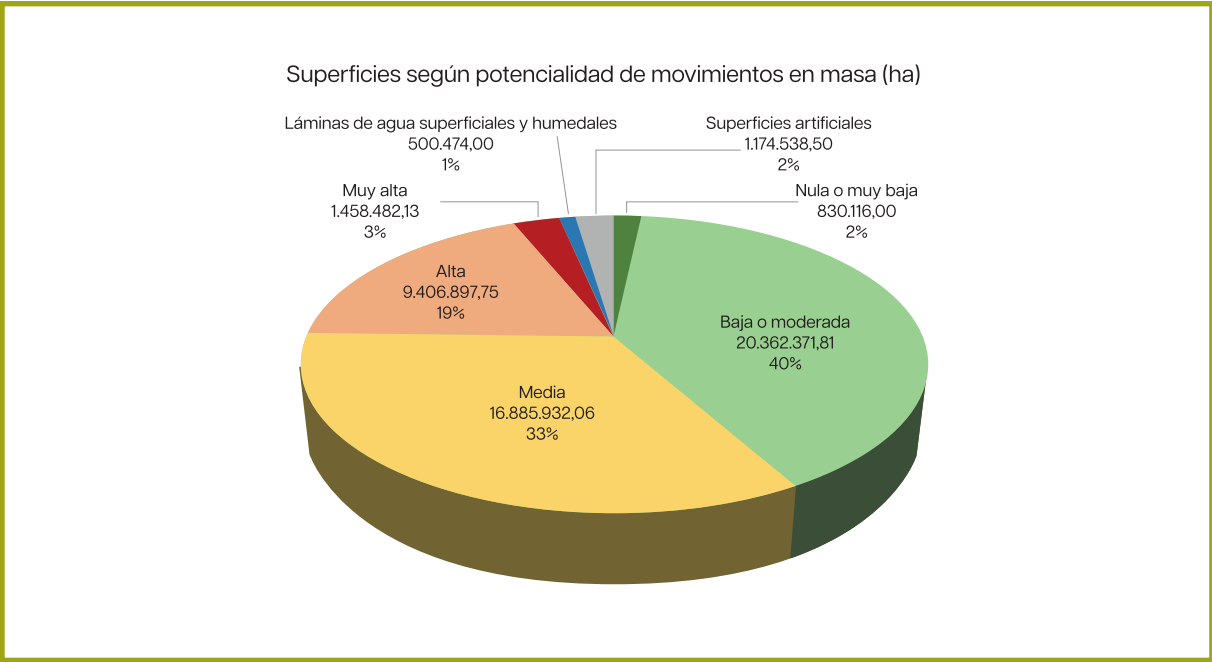
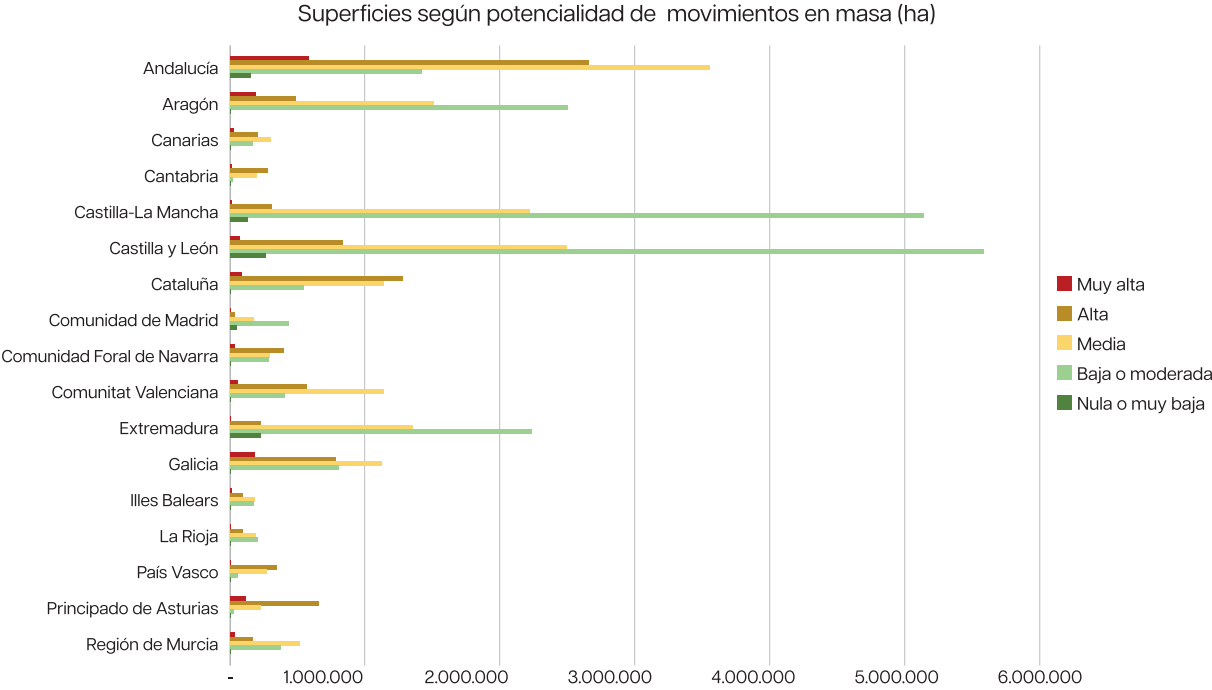
- Tipo geotécnico (suelo blando, suelo duro, roca blanda o roca dura).
- Estructura: abundancia y disposición de discontinuidades (estratificación, esquistosidad, fracturación,...).
- Homogeneidad o heterogeneidad de la formación.
- Potencia o espesor.
- Textura o granulometría (fina, media, equilibrada o gruesa).

### 3.3. Mapa conceptual



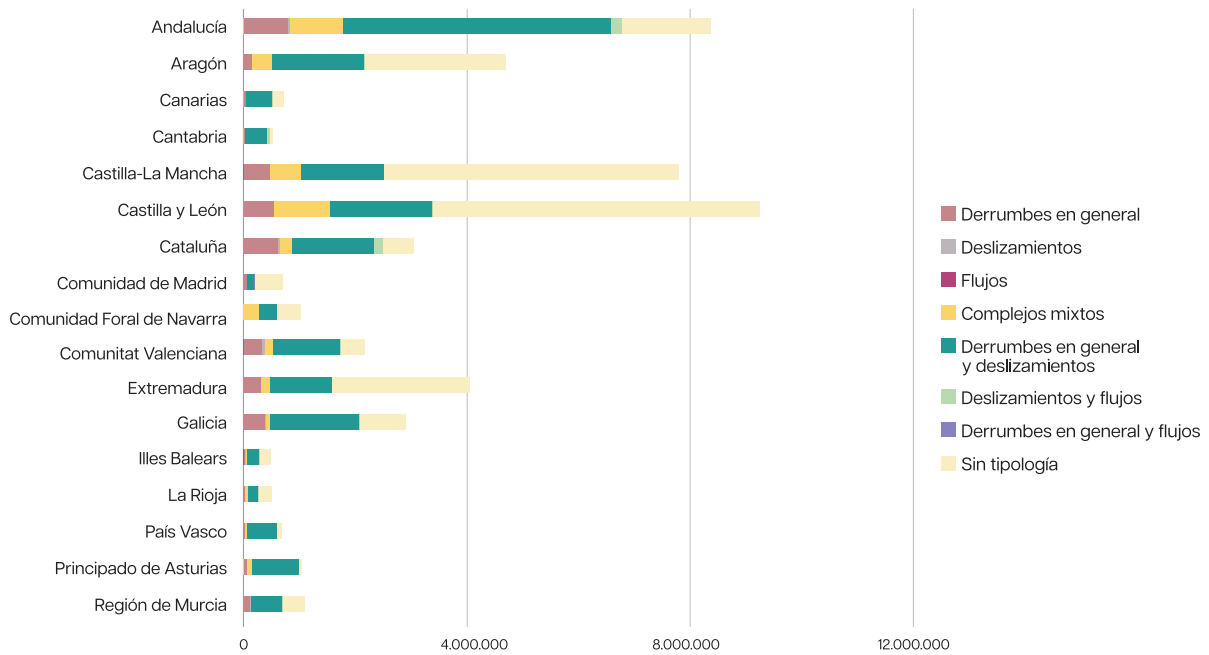


## 3.4. Gráficos

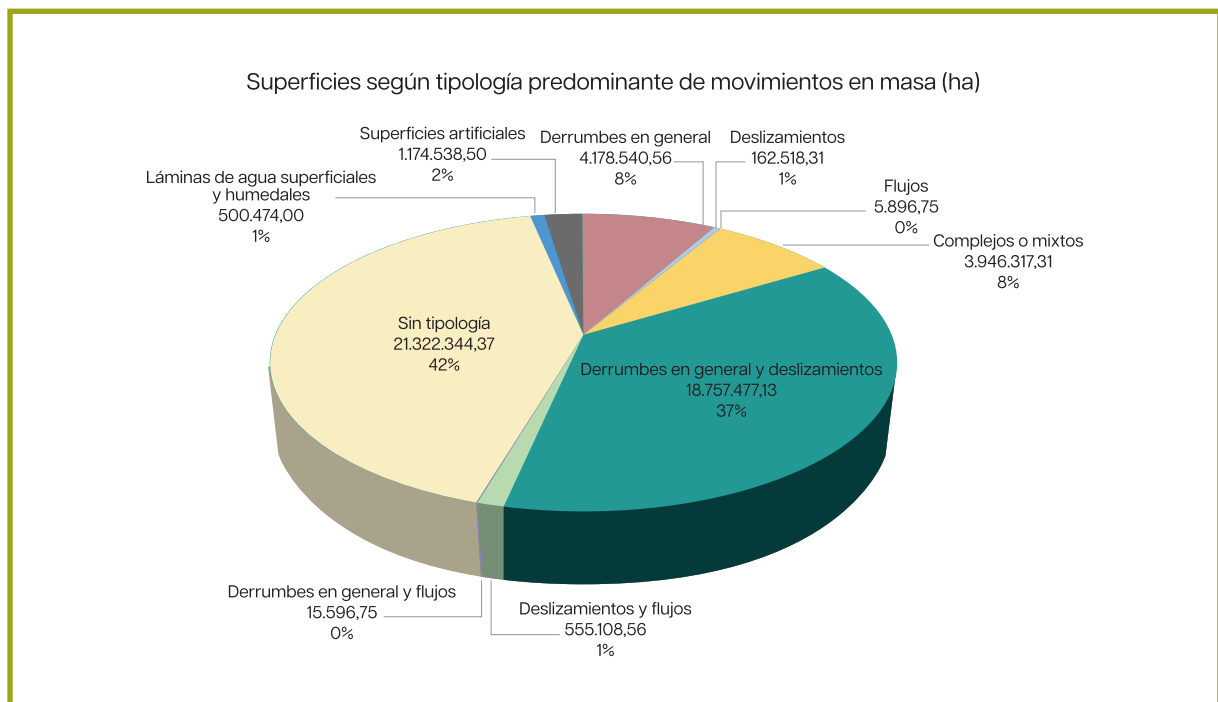




Superficies según tipología de movimientos en masa (ha)



Superficies según tipología predominante de movimientos en masa (ha)







### 3.5. Tabla de resultados

Comunidad Autónoma	Tipología predominante	Potencialidad			
		Nula o muy baja		Baja o moderada	
		ha	%	ha	%
Andalucía	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	151.411,81	1,73	1.421.139,56	16,22
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>151.411,81</b>	<b>1,73</b>	<b>1.421.139,56</b>	<b>16,22</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
<b>TOTAL</b>					
Aragón	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	132,44	0,00	2.496.858,25	52,31
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>132,44</b>	<b>0,00</b>	<b>2.496.858,25</b>	<b>52,31</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
<b>TOTAL</b>					
Canarias	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	115,13	0,02	167.969,06	22,57
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>115,13</b>	<b>0,02</b>	<b>167.969,06</b>	<b>22,57</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
<b>TOTAL</b>					





	Potencialidad						Superficie geográfica	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
	645.137,19	7,36	134.894,00	1,54	31.935,19	0,36	811.966,38	9,27
	24.145,81	0,28	273,56	0,00	7,25	0,00	24.426,63	0,28
	-	-	-	-	-	-	-	-
	354.498,13	4,05	424.978,38	4,85	173.892,25	1,98	953.368,75	10,88
	2.410.614,38	27,51	2.013.637,88	22,98	372.355,94	4,25	4.796.608,19	54,75
	112.343,94	1,28	79.957,38	0,91	7.587,38	0,09	199.888,69	2,28
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	1.572.551,38	17,95
	3.546.739,44	40,48	2.653.741,19	30,29	585.778,00	6,69	8.358.810,00	95,40
							159.140,00	1,82
							243.576,63	2,78
							8.761.526,63	100,00
	110.504,50	2,32	32.052,44	0,67	23.655,94	0,50	166.212,88	3,48
	108,50	0,00	148,06	0,00	2,69	0,00	259,25	0,01
	-	-	-	-	-	-	-	-
	221.830,69	4,65	66.259,44	1,39	53.566,25	1,12	341.656,38	7,16
	1.158.490,13	24,27	387.851,75	8,13	117.030,75	2,45	1.663.372,63	34,85
	12.431,81	0,26	489,38	0,01	47,06	0,00	12.968,25	0,27
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	2.496.990,69	52,31
	1.503.365,63	31,50	486.801,06	10,20	194.302,69	4,07	4.681.460,06	98,08
							38.319,13	0,80
							53.297,44	1,12
							4.773.076,63	100,00
	32.772,38	4,40	14.369,88	1,93	3.805,94	0,51	50.948,19	6,84
	4.323,50	0,58	170,50	0,02	0,31	0,00	4.494,31	0,60
	-	-	-	-	-	-	-	-
	605,81	0,08	216,25	0,03	578,44	0,08	1.400,50	0,19
	259.902,00	34,92	188.743,94	25,36	25.772,88	3,46	474.418,81	63,74
	3.954,25	0,53	115,25	0,02	9,31	0,00	4.078,81	0,55
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	168.084,19	22,58
	301.557,94	40,51	203.615,81	27,35	30.166,88	4,05	703.424,81	94,50
							1.527,06	0,21
							39.397,88	5,29
							744.349,75	100,00

sigue ►►



Comunidad Autónoma	Tipología predominante	Potencialidad			
		Nula o muy baja		Baja o moderada	
		ha	%	ha	%
Cantabria	Derrumbes en general		-		-
	Deslizamientos		-		-
	Flujos		-		-
	Complejos o mixtos		-		-
	Derrumbes en general y deslizamientos		-		-
	Deslizamientos y flujos		-		-
	Derrumbes en general y flujos		-		-
	Sin tipología	5,69	0,00	20.441,69	3,85
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>5,69</b>	<b>0,00</b>	<b>20.441,69</b>	<b>3,85</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
Castilla - La Mancha	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	130.574,88	1,64	5.130.410,94	64,61
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>130.574,88</b>	<b>1,64</b>	<b>5.130.410,94</b>	<b>64,61</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
Castilla y León	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	266.886,81	2,83	5.575.514,44	59,17
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>266.886,81</b>	<b>2,83</b>	<b>5.575.514,44</b>	<b>59,17</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				



	Potencialidad						Superficie geográfica	
	Media		Alta		Muy alta		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%		
	23.455,00	4,41	10.003,38	1,88	449,38	0,08	33.907,75	6,38
	3.753,75	0,71	98,69	0,02		-	3.852,44	0,73
		-		-		-	-	-
	1.724,13	0,32	3.539,50	0,67	749,06	0,14	6.012,69	1,13
	147.302,31	27,72	221.049,13	41,60	10.963,69	2,06	379.315,13	71,39
	24.769,88	4,66	43.101,38	8,11	254,19	0,05	68.125,44	12,82
		-		-	0,19	0,00	0,19	0,00
		-		-		-	20.447,38	3,85
	201.005,06	37,83	277.792,06	52,28	12.416,50	2,34	511.661,00	96,29
							6.646,81	1,25
							13.054,13	2,46
							531.361,94	100,00
	392.792,13	4,95	81.706,50	1,03	2.575,88	0,03	477.074,50	6,01
	666,31	0,01	6,88	0,00	40,06	0,00	713,25	0,01
	-	-	-	-	-	-	-	-
	443.117,56	5,58	108.607,19	1,37	4.061,75	0,05	555.786,50	7,00
	1.379.115,81	17,37	113.114,13	1,42	3.175,81	0,04	1.495.405,75	18,83
	2.779,69	0,04	11,00	0,00	-	-	2.790,69	0,04
	4,94	0,00	2,25	0,00	-	-	7,19	0,00
	-	-	-	-	-	-	5.260.985,81	66,25
	2.218.476,44	27,94	303.447,94	3,82	9.853,50	0,12	7.792.763,69	98,13
							52.446,75	0,66
							95.812,81	1,21
							7.941.023,25	100,00
	468.902,06	4,98	69.234,50	0,73	15.785,81	0,17	553.922,38	5,88
	2.526,13	0,03	228,75	0,00	39,38	0,00	2.794,25	0,03
	63,75	0,00	38,13	0,00	64,00	0,00	165,88	0,00
	719.896,00	7,64	238.638,00	2,53	37.658,19	0,40	996.192,19	10,57
	1.294.986,81	13,74	525.184,50	5,57	15.094,94	0,16	1.835.266,25	19,48
	6.397,81	0,07	195,69	0,00	656,13	0,01	7.249,63	0,08
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	5.842.401,25	62,00
	2.492.772,56	26,45	833.519,56	8,85	69.298,44	0,74	9.237.991,81	98,04
							50.386,13	0,53
							134.343,06	1,43
							9.422.721,00	100,00

sigue ►►



Comunidad Autónoma	Tipología predominante	Potencialidad			
		Nula o muy baja		Baja o moderada	
		ha	%	ha	%
Cataluña	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	442,63	0,01	542.695,63	16,85
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>442,63</b>	<b>0,01</b>	<b>542.695,63</b>	<b>16,85</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
	Comunidad de Madrid	Derrumbes en general		-	
Deslizamientos			-		-
Flujos			-		-
Complejos o mixtos			-		-
Derrumbes en general y deslizamientos			-		-
Deslizamientos y flujos			-		-
Derrumbes en general y flujos			-		-
Sin tipología		51.763,44	6,45	434.076,63	54,09
<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>		<b>51.763,44</b>	<b>6,45</b>	<b>434.076,63</b>	<b>54,09</b>
Láminas de agua superficiales y humedales					
Superficies artificiales					
<b>TOTAL</b>					
Comunidad Foral de Navarra		Derrumbes en general		-	
	Deslizamientos		-		-
	Flujos		-		-
	Complejos o mixtos		-		-
	Derrumbes en general y deslizamientos		-		-
	Deslizamientos y flujos		-		-
	Derrumbes en general y flujos		-		-
	Sin tipología	318,81	0,03	287.432,44	27,68
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>318,81</b>	<b>0,03</b>	<b>287.432,44</b>	<b>27,68</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				



	Potencialidad						Superficie geográfica	
	Media		Alta		Muy alta		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%		
	430.936,06	13,38	194.513,56	6,04	6.461,31	0,20	631.910,94	19,62
	23.235,19	0,72	654,44	0,02	0,25	0,00	23.889,88	0,74
	-	-	-	-	-	-	-	-
	47.086,69	1,46	152.635,31	4,74	28.276,69	0,88	227.998,69	7,08
	595.308,94	18,48	836.257,13	25,97	27.831,44	0,86	1.459.397,50	45,32
	43.047,44	1,34	93.103,75	2,89	26.152,50	0,81	162.303,69	5,04
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	543.138,25	16,87
	1.139.614,31	35,39	1.277.164,19	39,66	88.722,19	2,75	3.048.638,94	94,66
							24.536,63	0,76
							147.328,06	4,57
							3.220.503,63	100,00
	62.597,06	7,80	9.298,94	1,16	2.969,44	0,37	74.865,44	9,33
	346,94	0,04	119,69	0,01	60,19	0,01	526,81	0,07
		-		-		-	-	-
	651,94	0,08	280,56	0,03	37,75	0,00	970,25	0,12
	94.534,25	11,78	19.828,75	2,47	1.442,44	0,18	115.805,44	14,43
	8.707,94	1,09	1.359,75	0,17	87,81	0,01	10.155,50	1,27
	11.335,63	1,41	3.821,56	0,48	0,69	0,00	15.157,88	1,89
		-		-		-	485.840,06	60,54
	178.173,75	22,20	34.709,25	4,32	4.598,31	0,57	703.321,38	87,63
							7.052,31	0,88
							92.185,19	11,49
							802.558,88	100,00
	6.332,31	0,61	5.184,25	0,50	455,69	0,04	11.972,25	1,15
	1.863,88	0,18	431,56	0,04	0,13	0,00	2.295,56	0,22
		-		-		-	-	-
	105.971,31	10,20	152.412,44	14,68	18.292,25	1,76	276.676,00	26,64
	137.680,94	13,26	164.158,25	15,81	9.067,06	0,87	310.906,25	29,94
	5,00	0,00	0,25	0,00		-	5,25	0,00
		-		-		-	-	-
	43.205,50	4,16	77.751,56	7,49	8.899,50	0,86	417.607,81	40,21
	295.058,94	28,41	399.938,31	38,51	36.714,63	3,54	1.019.463,13	98,16
							3.843,69	0,37
							15.274,50	1,47
							1.038.581,32	100,00

sigue ►►



Comunidad Autónoma	Tipología predominante	Potencialidad			
		Nula o muy baja		Baja o moderada	
		ha	%	ha	%
Comunitat Valenciana	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	28,25	0,00	406.809,31	17,48
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>28,25</b>	<b>0,00</b>	<b>406.809,31</b>	<b>17,48</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
Extremadura	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	227.955,63	5,47	2.231.920,25	53,55
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>227.955,63</b>	<b>5,47</b>	<b>2.231.920,25</b>	<b>53,55</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
Galicia	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	244,00	0,01	800.428,06	26,97
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>244,00</b>	<b>0,01</b>	<b>800.428,06</b>	<b>26,97</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				



	Potencialidad						Superficie geográfica	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
	292.818,19	12,58	34.575,88	1,49	3.499,75	0,15	330.893,81	14,22
	58.584,88	2,52	346,13	0,01	0,75	0,00	58.931,75	2,53
	-	-	-	-	-	-	-	-
	66.059,69	2,84	70.108,38	3,01	8.450,44	0,36	144.618,50	6,21
	708.450,19	30,44	452.631,19	19,45	45.491,06	1,95	1.206.572,44	51,85
	9.007,63	0,39	9.537,06	0,41	643,81	0,03	19.188,50	0,82
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	406.837,56	17,48
	1.134.920,56	48,77	567.198,63	24,37	58.085,81	2,50	2.167.042,56	93,12
							30.612,19	1,32
							129.381,75	5,56
							2.327.036,50	100,00
	265.313,19	6,37	56.683,25	1,36	4.483,63	0,11	326.480,06	7,83
	496,94	0,01	27,94	0,00	62,81	0,00	587,69	0,01
	-	-	-	-	-	-	-	-
	128.154,25	3,07	20.991,00	0,50	1.084,38	0,03	150.229,63	3,60
	955.470,50	22,92	149.822,63	3,59	3.614,75	0,09	1.108.907,88	26,61
	379,56	0,01	1.241,94	0,03	168,63	0,00	1.790,13	0,04
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	2.459.875,88	59,02
	1.349.814,44	32,39	228.766,75	5,49	9.414,19	0,23	4.047.871,25	97,12
							82.850,69	1,99
							37.198,06	0,89
							4.167.920,00	100,00
	378.271,44	12,75	17.584,38	0,59	398,38	0,01	396.254,19	13,35
	13.844,88	0,47	493,31	0,02	804,19	0,03	15.142,38	0,51
	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.371,13	0,18	24.806,44	0,84	34.705,94	1,17	64.883,50	2,19
	711.050,63	23,96	736.304,88	24,81	149.007,88	5,02	1.596.363,38	53,79
	15.904,00	0,54	1.214,38	0,04	0,19	0,00	17.118,56	0,58
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	800.672,06	26,98
	1.124.442,06	37,89	780.403,38	26,30	184.916,56	6,23	2.890.434,06	97,39
							21.187,19	0,71
							56.233,88	1,89
							2.967.855,13	100,00

sigue ►►



Comunidad Autónoma	Tipología predominante	Potencialidad			
		Nula o muy baja		Baja o moderada	
		ha	%	ha	%
Illes Balears	Derrumbes en general		-		-
	Deslizamientos		-		-
	Flujos		-		-
	Complejos o mixtos		-		-
	Derrumbes en general y deslizamientos		-		-
	Deslizamientos y flujos		-		-
	Derrumbes en general y flujos		-		-
	Sin tipología	2,56	0,00	179.485,38	35,78
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>2,56</b>	<b>0,00</b>	<b>179.485,38</b>	<b>35,78</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
La Rioja	Derrumbes en general		-		-
	Deslizamientos		-		-
	Flujos		-		-
	Complejos o mixtos		-		-
	Derrumbes en general y deslizamientos		-		-
	Deslizamientos y flujos		-		-
	Derrumbes en general y flujos		-		-
	Sin tipología	65,81	0,01	204.854,50	40,64
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>65,81</b>	<b>0,01</b>	<b>204.854,50</b>	<b>40,64</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
País Vasco	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	26,00	0,00	56.039,19	7,76
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>26,00</b>	<b>0,00</b>	<b>56.039,19</b>	<b>7,76</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				





	Potencialidad						Superficie geográfica	
	Media		Alta		Muy alta		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%		
	25.086,06	5,00	5.821,31	1,16	781,13	0,16	31.688,50	6,32
	21.065,50	4,20	341,81	0,07		-	21.407,31	4,27
	5.649,25	1,13	81,63	0,02		-	5.730,88	1,14
	20.831,06	4,15	2.955,94	0,59	37,00	0,01	23.824,00	4,75
	112.365,75	22,40	83.896,88	16,73	10.671,00	2,13	206.933,63	41,25
	654,31	0,13	2.250,06	0,45	4.004,25	0,80	6.908,63	1,38
		-		-		-	-	-
		-		-		-	179.487,94	35,78
	185.651,94	37,01	95.347,63	19,01	15.493,38	3,09	475.980,88	94,89
							4.011,94	0,80
							21.620,38	4,31
							501.613,19	100,00
	26.523,56	5,26	10.168,31	2,02	834,88	0,17	37.526,75	7,44
	2,75	0,00		-		-	2,75	0,00
		-		-		-	-	-
	11.467,50	2,27	47.737,19	9,47	471,69	0,09	59.676,38	11,84
	147.261,44	29,21	29.205,50	5,79	363,50	0,07	176.830,44	35,08
	7.820,06	1,55	4.224,25	0,84	1.118,00	0,22	13.162,31	2,61
		-		-		-	-	-
		-		-		-	204.920,31	40,65
	193.075,31	38,30	91.335,25	18,12	2.788,06	0,55	492.118,94	97,62
							2.355,88	0,47
							9.657,31	1,92
							504.132,13	100,00
	25.023,25	3,47	13.752,69	1,90	352,50	0,05	39.128,44	5,42
	227,38	0,03	13,00	0,00	0,06	0,00	240,44	0,03
	-	-	-	-	-	-	-	-
	13.724,44	1,90	20.814,31	2,88	1.286,69	0,18	35.825,44	4,96
	230.019,31	31,85	311.221,50	43,10	1.471,88	0,20	542.712,69	75,15
	5,44	0,00	245,38	0,03	312,31	0,04	563,13	0,08
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	56.065,19	7,76
	268.999,81	37,25	346.046,88	47,92	3.423,44	0,47	674.535,31	93,40
							5.512,81	0,76
							42.116,50	5,83
							722.164,63	100,00

sigue ►►



Comunidad Autónoma	Tipología predominante	Potencialidad			
		Nula o muy baja		Baja o moderada	
		ha	%	ha	%
Principado de Asturias	Derrumbes en general		-		-
	Deslizamientos		-		-
	Flujos		-		-
	Complejos o mixtos		-		-
	Derrumbes en general y deslizamientos		-		-
	Deslizamientos y flujos		-		-
	Derrumbes en general y flujos		-		-
	Sin tipología	5,69	0,00	29.407,88	2,77
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>5,69</b>	<b>0,00</b>	<b>29.407,88</b>	<b>2,77</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
Región de Murcia	Derrumbes en general		-		-
	Deslizamientos		-		-
	Flujos		-		-
	Complejos o mixtos		-		-
	Derrumbes en general y deslizamientos		-		-
	Deslizamientos y flujos		-		-
	Derrumbes en general y flujos		-		-
	Sin tipología	136,44	0,01	376.888,63	33,31
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>136,44</b>	<b>0,01</b>	<b>376.888,63</b>	<b>33,31</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				
ESPAÑA	Derrumbes en general	-	-	-	-
	Deslizamientos	-	-	-	-
	Flujos	-	-	-	-
	Complejos o mixtos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y deslizamientos	-	-	-	-
	Deslizamientos y flujos	-	-	-	-
	Derrumbes en general y flujos	-	-	-	-
	Sin tipología	830.116,00	1,64	20.362.371,81	40,23
	<b>SUPERFICIE EROSIONABLE</b>	<b>830.116,00</b>	<b>1,64</b>	<b>20.362.371,81</b>	<b>40,23</b>
	Láminas de agua superficiales y humedales				
	Superficies artificiales				
	<b>TOTAL</b>				



	Potencialidad						Superficie geográfica	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
	37.357,63	3,52	18.934,31	1,78	13.562,81	1,28	69.854,75	6,58
	343,81	0,03	20,44	0,00	0,06	0,00	364,31	0,03
		-		-		-	-	-
	4.672,25	0,44	38.525,25	3,63	55.938,88	5,27	99.136,38	9,34
	188.864,44	17,80	595.985,50	56,17	49.067,00	4,62	833.916,94	78,59
	238,06	0,02	3.535,69	0,33	618,88	0,06	4.392,63	0,41
		-	191,19	0,02	240,31	0,02	431,50	0,04
		-		-		-	29.413,56	2,77
	231.476,19	21,82	657.192,38	61,94	119.427,94	11,26	1.037.510,06	97,78
							4.261,19	0,40
							19.310,94	1,82
							1.061.082,19	100,00
	119.788,69	10,59	10.014,06	0,89	4.130,63	0,37	133.933,38	11,84
	2.537,56	0,22	49,81	0,00	1,94	0,00	2.589,31	0,23
		-		-		-	-	-
	3.957,19	0,35	4.094,31	0,36	10,06	0,00	8.061,56	0,71
	380.979,31	33,68	145.568,13	12,87	28.196,38	2,49	554.743,81	49,04
	13.524,94	1,20	10.151,19	0,90	742,63	0,07	24.418,75	2,16
		-		-		-	-	-
		-		-		-	377.025,06	33,33
	520.787,69	46,03	169.877,50	15,02	33.081,63	2,92	1.100.771,88	97,30
							5.783,63	0,51
							24.750,00	2,19
							1.131.305,50	100,00
	3.343.610,69	6,61	718.791,63	1,42	116.138,25	0,23	4.178.540,56	8,25
	158.073,69	0,31	3.424,56	0,01	1.020,06	0,00	162.518,31	0,32
	5.713,00	0,01	119,75	0,00	64,00	0,00	5.896,75	0,01
	2.149.619,75	4,25	1.377.599,88	2,72	419.097,69	0,83	3.946.317,31	7,80
	10.912.397,13	21,56	6.974.461,63	13,78	870.618,38	1,72	18.757.477,13	37,06
	261.971,75	0,52	250.733,75	0,50	42.403,06	0,08	555.108,56	1,10
	11.340,56	0,02	4.015,00	0,01	241,19	0,00	15.596,75	0,03
	43.205,50	0,09	77.751,56	0,15	8.899,50	0,02	21.322.344,38	42,12
	16.885.932,06	33,36	9.406.897,75	18,58	1.458.482,13	2,88	48.943.799,75	96,69
							500.474,00	0,99
							1.174.538,50	2,32
							50.618.812,25	100,00





#### 4. Erosión en cauces



## 4.1. Objetivos



El objetivo de este módulo es realizar una clasificación cualitativa de las unidades hidrológicas en que se encuentra dividido el territorio en función del grado de susceptibilidad a presentar fenómenos torrenciales de erosión a lo largo de su red de drenaje.

## 4.2. Metodología

De acuerdo con las leyes de la Hidráulica, los principios físicos que rigen el dinamismo torrencial en los cauces se basan en la comparación de dos valores para cada sección del mismo: la tensión tractiva o de arrastre, que arranca y transporta los materiales del lecho, principalmente en forma de acarreos ( $\tau$ ); y la tensión límite o crítica, que se opone a la anterior y resulta de la resistencia que presentan los materiales a dicho arranque y transporte ( $(\tau_o)_{cr}$ ).

La función que rige la tensión tractiva se expresa de la forma:

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot I$$

siendo:

- $\gamma$ : peso específico del agua
- R: radio hidráulico de la sección
- I: pendiente del cauce

Por su parte, la tensión límite o crítica tiene por expresión:

$$(\tau_o)_{cr} = \Psi \cdot (\gamma_m - \gamma) \cdot d$$

siendo:

- $\Psi$ : coeficiente que varía según distintas experiencias y autores
- d: diámetro característico de los materiales del lecho
- $\gamma_m$ : peso específico de los materiales del lecho

La comparación de ambos valores existentes en un curso de agua, para una misma sección, en un momento dado, califica su estado torrencial, que tendrá lugar siempre que  $\tau > (\tau_o)_{cr}$ .

En base a la experiencia práctica obtenida a través del estudio de los fenómenos torrenciales en numerosas cuencas representativas de las diferentes condiciones existentes en el territorio nacional, realizado en el marco de los proyectos de restauración hidrológico-forestal, para estimar el riesgo de erosión en cauces existente



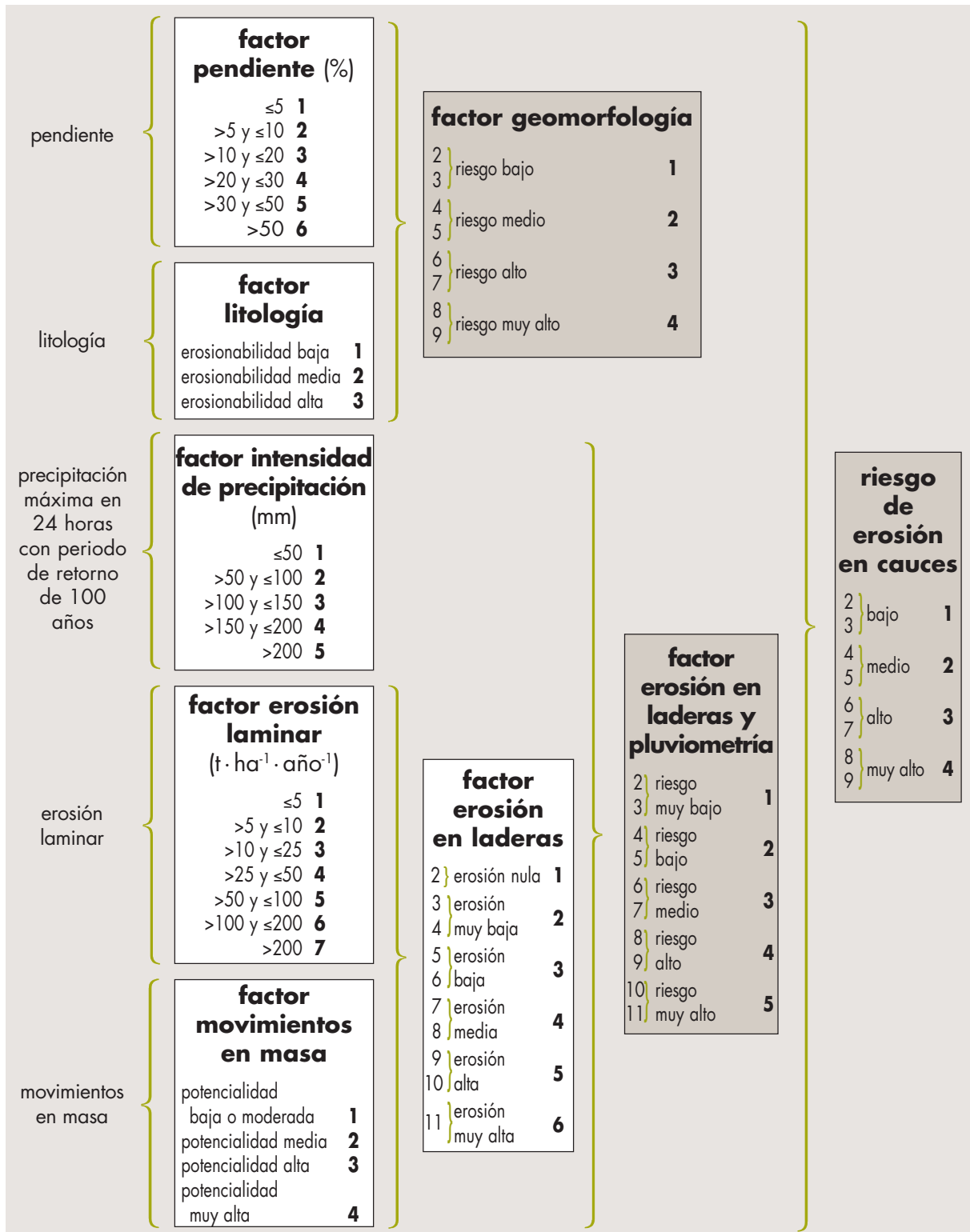
en una unidad hidrológica, se le asigna, a cada uno de los factores que intervienen en el proceso torrencial, un valor medio por unidad. Dichos factores son los que intervienen en las expresiones de tensión tractiva y tensión crítica. El primero de ellos, el peso específico del agua ( $\gamma$ ), depende de la cantidad de arrastres de la corriente, la cual es directamente proporcional, por un lado, al grado de *erosión laminar* existente en la cuenca, y por otro, a la propensión de la misma a presentar *movimientos en masa*. La pendiente del cauce ( $l$ ) se estima en función de la pendiente media del terreno de la unidad hidrológica. El radio hidráulico de la sección ( $R$ ) depende del caudal circulante, a su vez directamente relacionado con la *intensidad de la precipitación*, para lo que se utiliza el valor de la precipitación máxima en 24 horas con periodo de retorno de 100 años ( $T_{100}$ ). En cuanto a los factores específicos que se oponen a la tensión de arrastre, el diámetro ( $d$ ) y peso específico de los materiales ( $\gamma_m$ ) dependen directamente de la litología existente, por lo que se estima, en función de las clases geológicas presentes, un valor medio de la misma.

Una vez asignado un valor a todos los factores para cada unidad hidrológica, éstos se combinan entre sí. La combinación de dos factores entre sí supone la suma de los valores que cada factor tiene en cada unidad hidrológica y se realiza de la siguiente manera: factor *pendiente* y factor *litología* se combinan para obtener el factor combinado *geomorfología*. A su vez, el factor *erosión laminar* se combina con el factor *movimientos en masa* para obtener el factor conjunto que se denomina *erosión en laderas*, que a su vez se combina con el factor *intensidad de precipitación* obteniendo el factor conjunto *erosión en laderas y pluviometría*. Por último, en cada unidad hidrológica se combinan el factor *geomorfología* y el factor *erosión en laderas y pluviometría*, dando como resultado un valor cualitativo de riesgo de erosión en cauces.



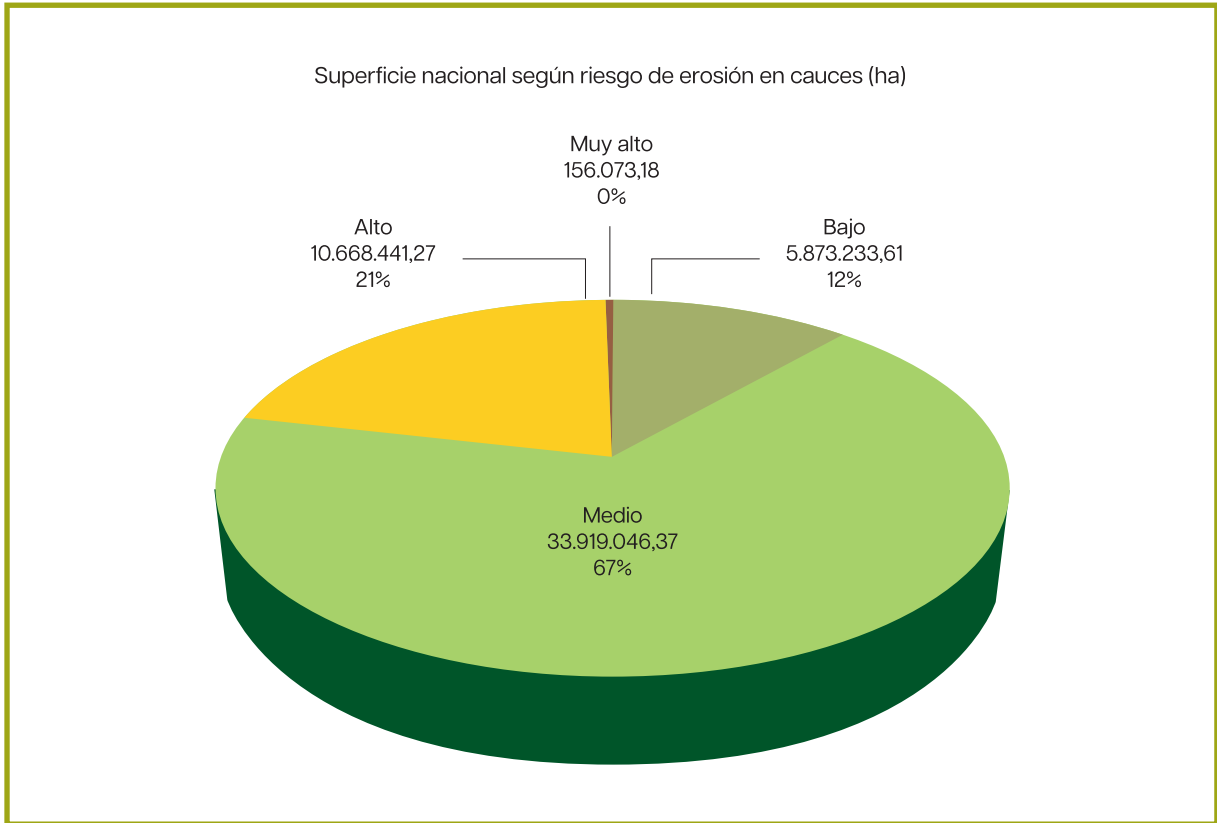


## 4.3. Mapa conceptual



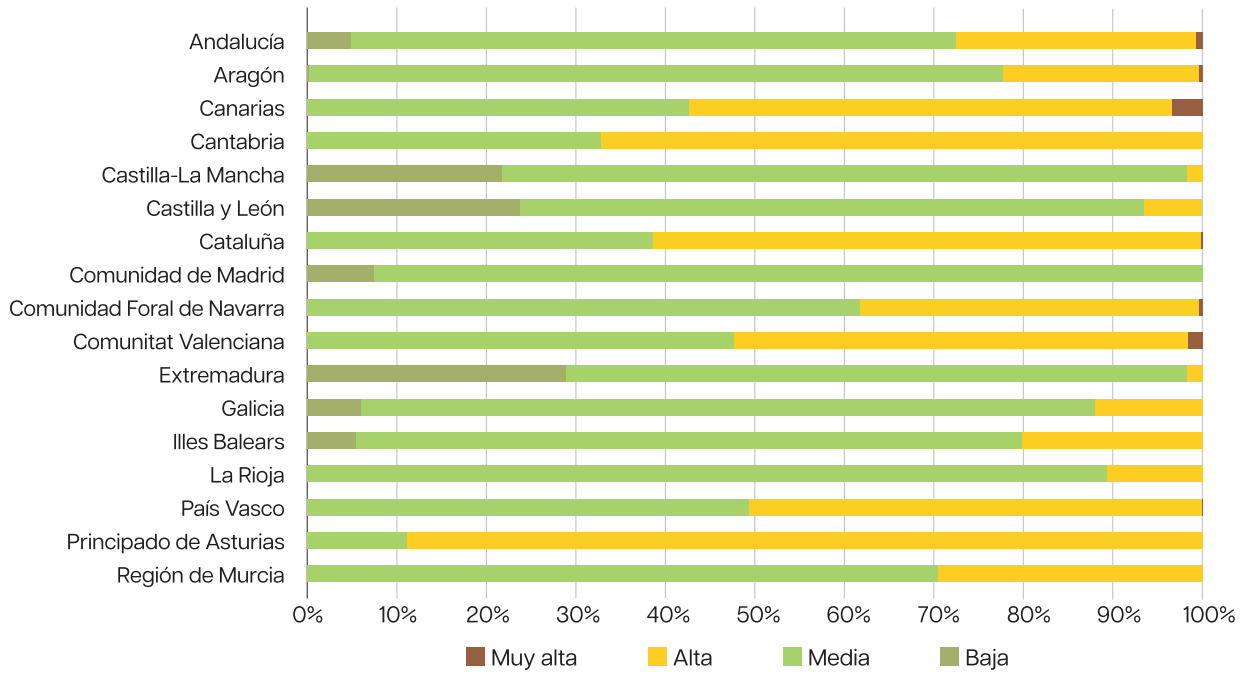


## 4.4. Gráficos

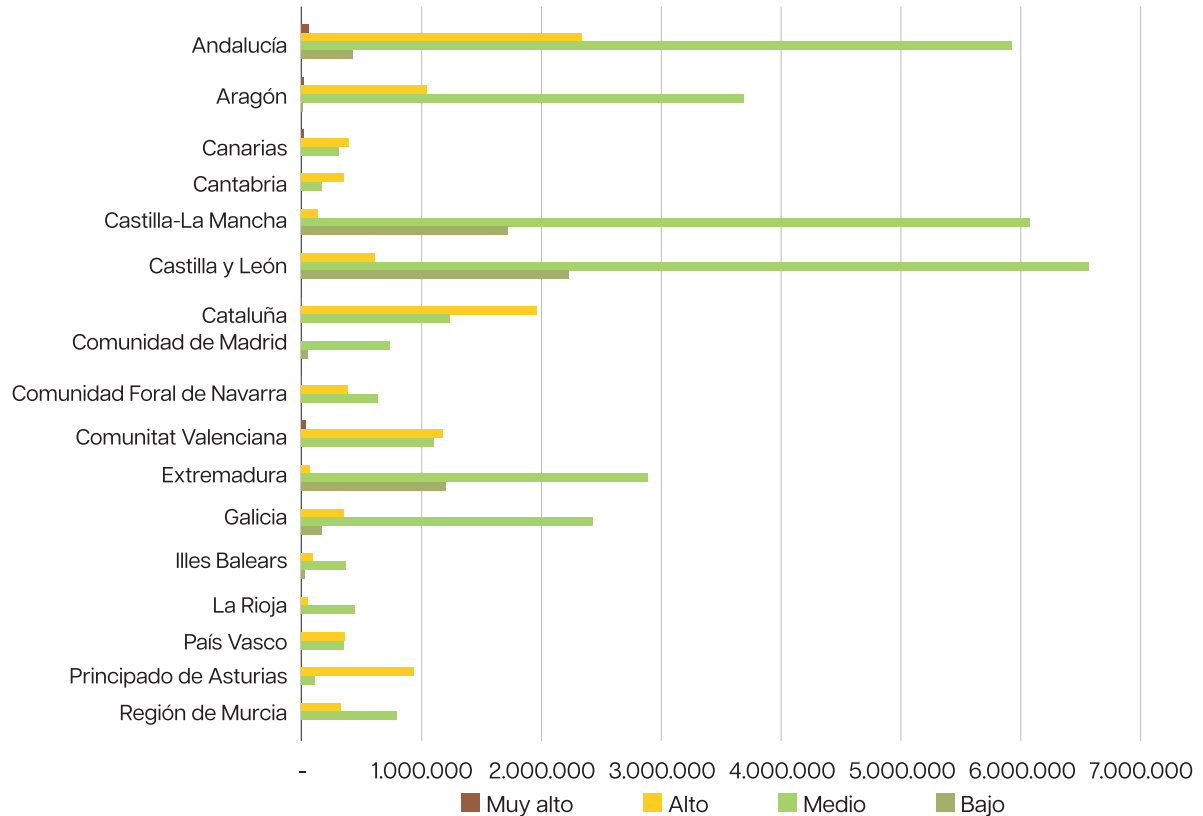




Porcentaje de superficie según riesgo de erosión en cauces (%)



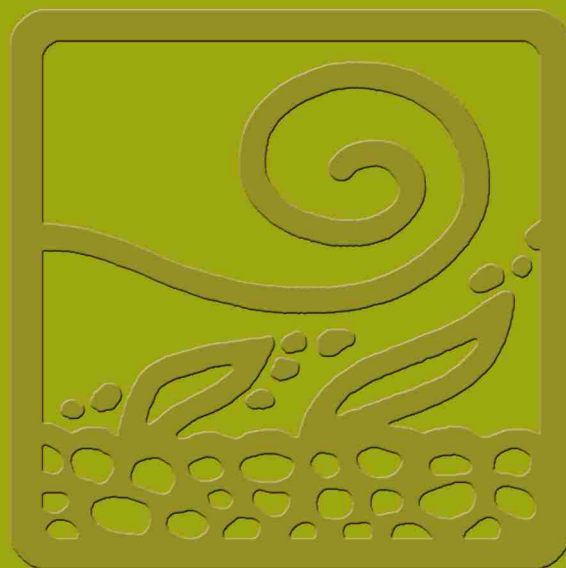
Superficie según riesgo de erosión en cauces (ha)





## 4.5. Tabla de resultados

Comunidad autónoma	Superficie según riesgo de erosión en cauces (ha)				Total
	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	
Andalucía	430.208,83	5.927.764,26	2.337.840,75	65.710,56	8.761.524,40
Aragón	11.127,69	3.694.968,75	1.048.017,99	18.963,66	4.773.078,09
Canarias		317.695,97	401.546,65	25.157,90	744.400,51
Cantabria	191,80	174.004,34	357.165,81		531.361,95
Castilla - La Mancha	1.723.804,89	6.078.585,18	138.641,16		7.941.031,22
Castilla y León	2.235.478,73	6.572.292,15	614.943,67		9.422.714,56
Cataluña		1.246.050,10	1.970.090,56	4.347,59	3.220.488,24
Comunidad de Madrid	60.079,61	742.478,18			802.557,79
Comunidad Foral de Navarra		641.766,65	392.722,82	4.090,99	1.038.580,46
Comunitat Valenciana		1.109.439,92	1.179.740,58	37.789,10	2.326.969,60
Extremadura	1.205.891,86	2.887.764,01	74.261,65		4.167.917,52
Galicia	178.410,19	2.430.868,49	356.797,82		2.966.076,50
Illes Balears	27.534,30	373.071,89	100.920,35		501.526,53
La Rioja	493,24	449.821,98	53.818,08		504.133,30
País Vasco	12,48	356.502,05	365.636,66	13,39	722.164,59
Principado de Asturias		118.680,83	942.413,53		1.061.094,37
Región de Murcia		797.291,62	333.883,20		1.131.174,82
ESPAÑA	5.873.233,61	33.919.046,37	10.668.441,27	156.073,18	50.616.794,43



## 5. Erosión eólica



## 5.1. Objetivos



La erosión eólica se puede definir como el proceso de disgregación, remoción y transporte de las partículas del suelo por la acción del viento. En el territorio nacional suele ser cuantitativamente menos importante que las demás formas de erosión y está condicionada a la ausencia de vegetación y a la presencia de partículas sueltas en la superficie.

Aparte del diferente agente erosivo (viento), la erosión eólica difiere en varios aspectos de la erosión hídrica. Esta última necesita que el terreno tenga una cierta pendiente y la actuación de lluvias más o menos importantes, mientras que la erosión eólica se produce sobre superficies secas de baja pendiente. Del mismo modo, en la erosión hídrica, una vez que el suelo ha sido movido de su sitio, el mismo agente no puede volver a colocarlo en su lugar de origen; esta circunstancia sí puede darse, aunque sea en parte, en la erosión eólica.

En definitiva, para que se produzca el fenómeno de la erosión eólica se deben dar, al menos, algunas de las siguientes condiciones:

- Superficies más o menos llanas y extensas.
- Suelos desnudos de obstáculos importantes (vegetación, caballones, rocas).
- Suelos sueltos y de textura fina.
- Zonas secas (por lluvias escasas y/o mal distribuidas).
- Temperaturas altas (que contribuyan a la desecación del suelo).
- Vientos fuertes y frecuentes.

Desde la antigüedad, la erosión eólica ha producido daños de gran importancia en determinadas zonas sometidas a la acción de fuertes vientos desencadenados sobre grandes extensiones abiertas y con escasa cubierta vegetal. A pesar de que en España este fenómeno no alcanza tanta importancia como en otras partes del mundo, existen algunas áreas donde se manifiesta con una cierta intensidad. Por tanto, para conseguir un completo Inventario Nacional de Erosión de Suelos era necesario realizar una valoración de este fenómeno erosivo.

El objeto de su estudio es obtener una clasificación del territorio en función del mayor o menor riesgo que presenta de sufrir fenómenos de erosión eólica, mediante la valoración de los diferentes factores que intervienen en el proceso.



## 5.2. Metodología

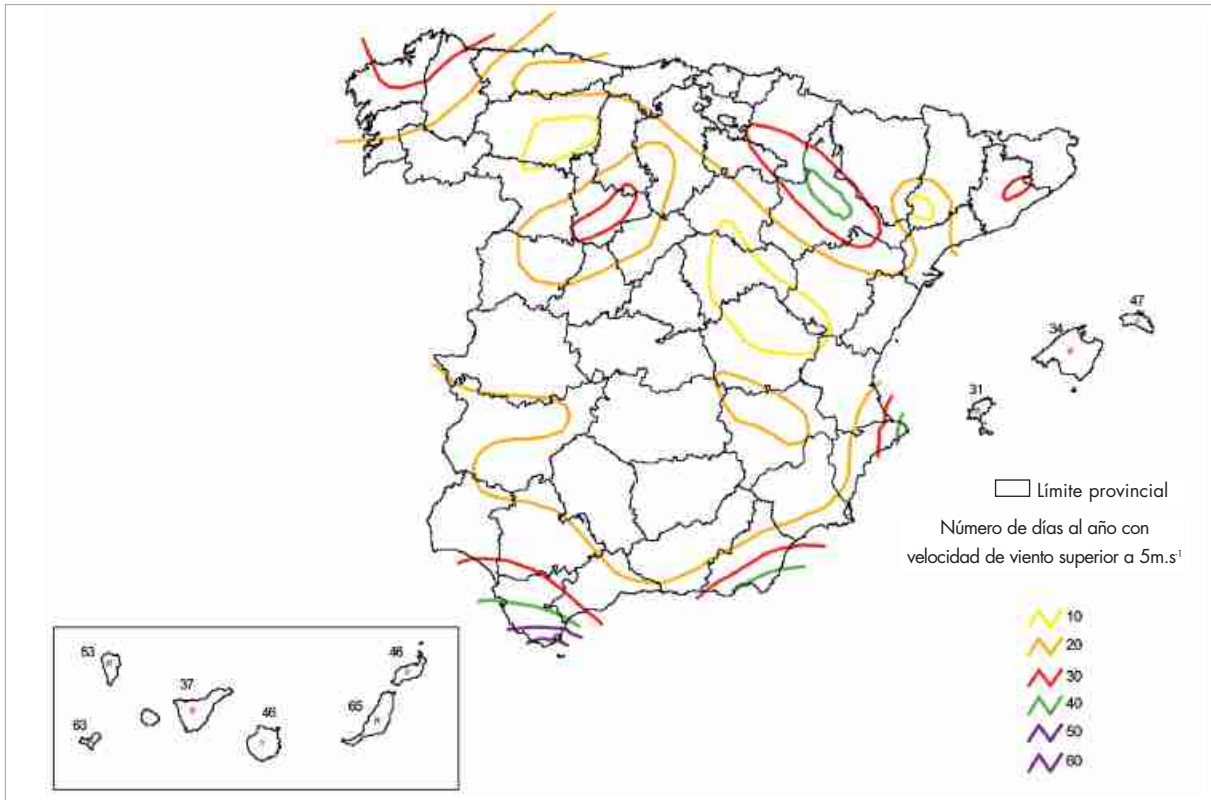
Para la realización de este estudio se siguió la metodología desarrollada en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC), expuesta en la publicación “Métodos para el estudio de la erosión eólica” (1991) de J. Quirantes Puertas. Debido a que las causas determinantes de la erosión eólica son múltiples y actúan formando un entramado de situaciones y factores difíciles de delimitar, y al hecho de la no existencia de una red nacional suficientemente amplia de estaciones meteorológicas que aporten datos sobre los vientos, esta metodología no permite, a priori, cuantificar la erosión eólica, pero sí cualificarla y diferenciar áreas o paisajes erosivos diferentes.

Para definir el ámbito de estudio se identificaron en primer lugar las denominadas “áreas de deflación”, caracterizadas por una pendiente inferior al 10% y una superficie mínima de 2.500 ha, que representan aquellas áreas susceptibles de sufrir erosión eólica. En ellas se estudiaron los factores viento, vegetación y suelo, siguiendo la metodología indicada, para obtener la clasificación final de las mismas en función del *riesgo de erosión eólica*.

A las zonas exteriores a estas áreas de deflación se les asignó directamente el valor más bajo de riesgo.

El factor *viento* se extrajo del Mapa Eólico Nacional de la Agencia Estatal de Meteorología, a escala 1:1.000.000.





Mapa Eólico Nacional (Agencia Estatal de Meteorología).

Una vez digitalizado el mapa, se han reclasificado los valores de la frecuencia de vientos fuertes en seis intervalos iguales, a los que se les ha dado su correspondiente valor de *índice de viento* (IV):

Días/año con velocidad de viento superior a $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	Índice de viento
$\leq 19$	1
$>19 \text{ y } \leq 28$	2
$>28 \text{ y } \leq 37$	3
$>37 \text{ y } \leq 46$	4
$>46 \text{ y } \leq 55$	5
$>55$	6

A continuación se analiza el factor *vegetación*, determinante en el grado de erosión eólica existente en una determinada zona, al actuar la cubierta vegetal como barrera protectora ante la acción del viento. Para ello se parte de la cartografía existente sobre vegetación y de la información tomada en los trabajos de campo. Así, a cada parcela de estudio se le asigna un valor de *índice de protección* (IP) en función del tipo de vegetación (Sierra *et al.*, 1991):



Vegetación	Índice de protección
arbolado denso	0,7
arbolado claro	0,5
matorral denso	0,7
matorral claro	0,5
herbazal	0,6
cultivo de regadío	0,7
cultivo de secano	0,3
espartizal	0,3
improductivo	0,2

Por último se realizó el estudio del factor suelo, para cada parcela de campo, en dos aspectos: *erosionabilidad textural* y *erosionabilidad analítica*, ambos obtenidos a partir de los análisis de suelos realizados en laboratorio.

- El grado de *erosionabilidad textural* se obtiene mediante la conjunción de, por un lado, el porcentaje de arcilla y limo, y por otro, el porcentaje de gravas existente en el suelo. Estos valores se dividen en intervalos, a cada uno de los cuales se le asigna un determinado índice:

Contenido en arcilla (%)	Índice
>7,13	1
$\geq 4,55$ y $\leq 7,13$	2
<4,55	3
Contenido en limo (%)	Índice
>43	1
$\geq 25$ y $\leq 43$	2
<25	3
Contenido en grava (%)	Índice
>60	1
$>50$ y $\leq 60$	2
$>40$ y $\leq 50$	3
$>30$ y $\leq 40$	4
$>20$ y $\leq 30$	5
$\leq 20$	6

- El grado de *erosionabilidad analítica* se obtiene a través de los datos de contenido de caliza activa y de materia orgánica de las muestras de suelo. Los intervalos y valores asignados son los siguientes:



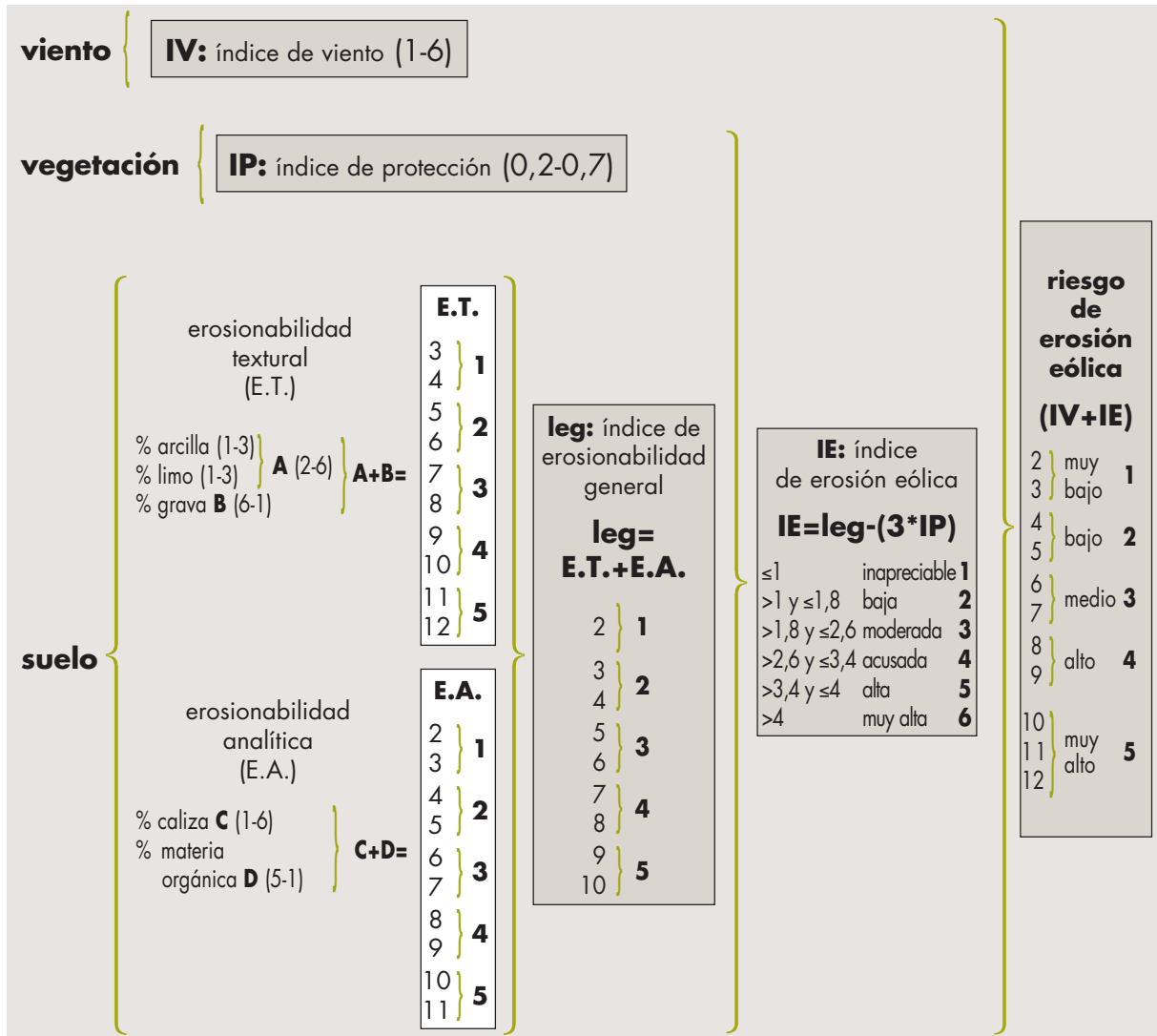
Contenido de caliza activa (%)	Índice
≤1	1
>1 y ≤3	2
>3 y ≤10	3
>10 y ≤30	4
>30 y ≤50	5
>50	6
Contenido de materia orgánica (%)	Índice
>4	1
>2,4 y ≤4	2
>1,5 y ≤2,4	3
>0,8 y ≤1,5	4
≤0,8	5

De la conjunción de los valores de erosionabilidad textural y de erosionabilidad analítica se obtiene un *índice de erosionabilidad general (leg)* para cada parcela del Inventario.

A continuación, se calcula el *índice de erosión eólica (IE)* en cada parcela, a través de la expresión:

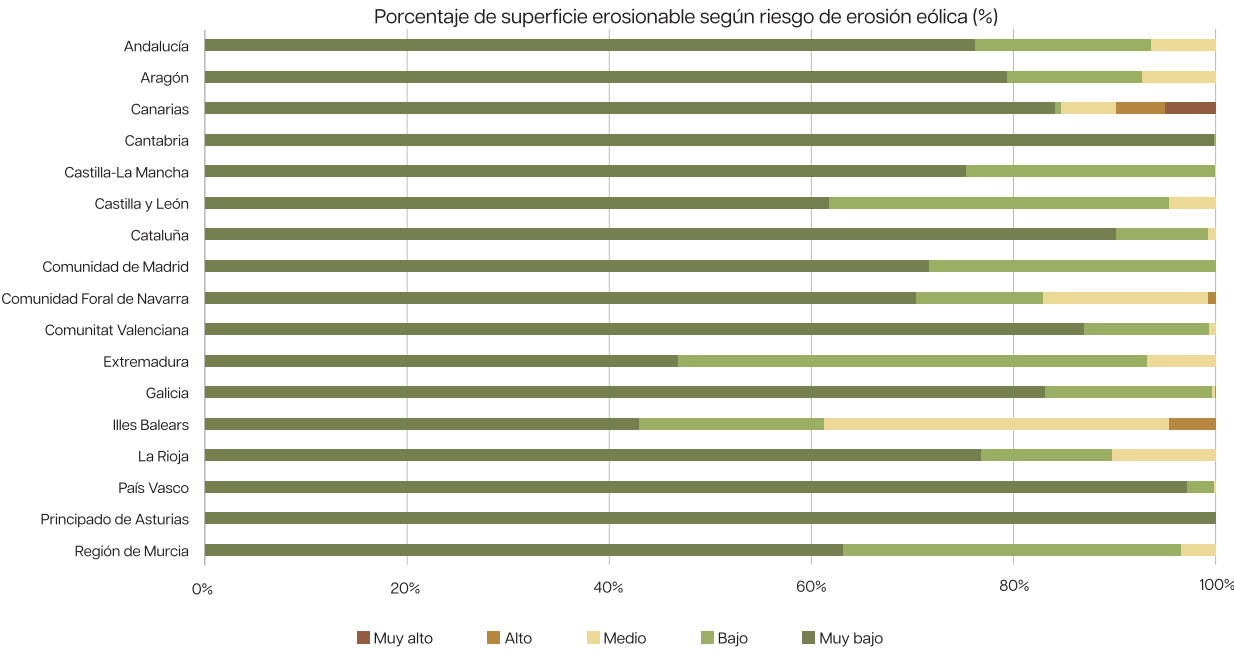
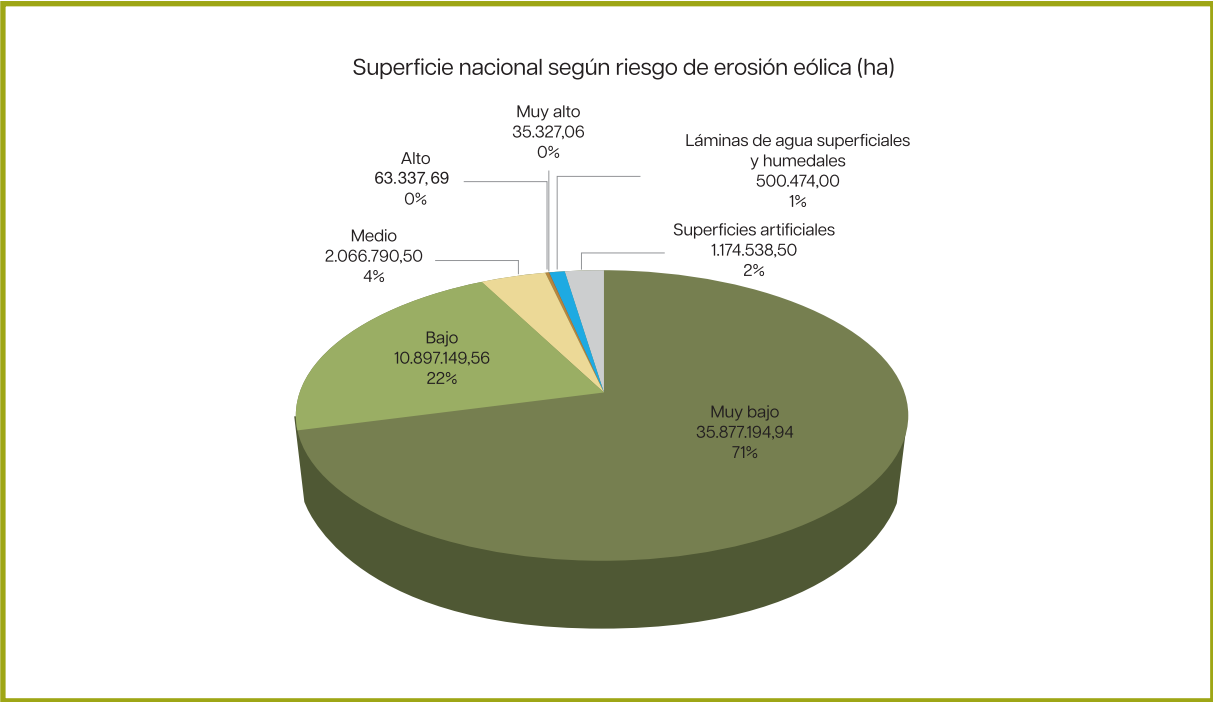
$$IE = leg - (3 \cdot IP)$$

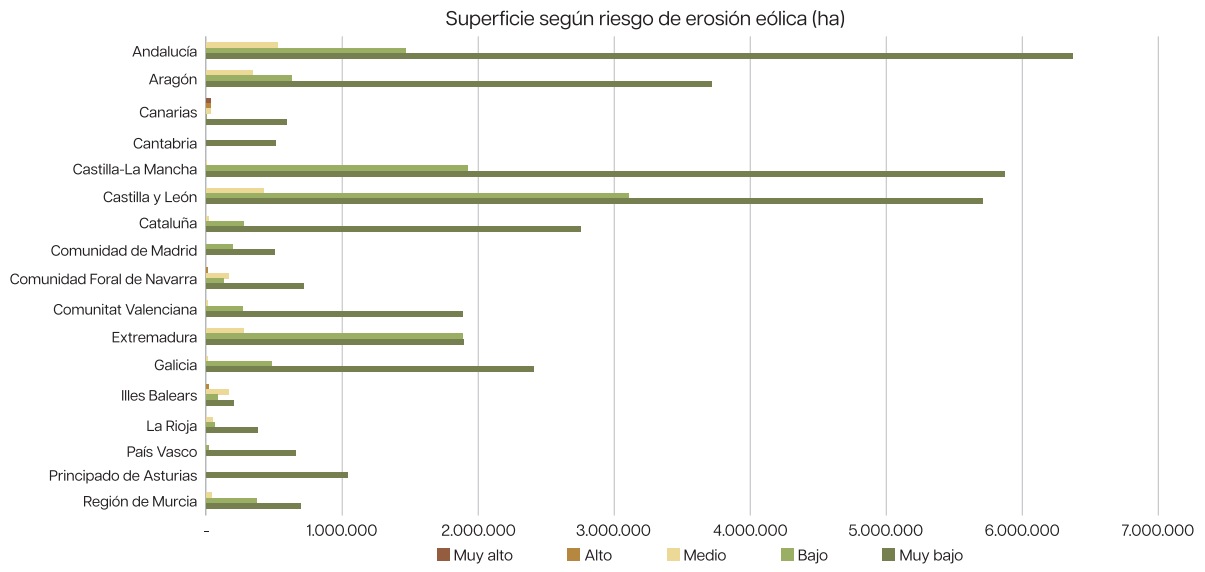
Una vez calculado este valor por parcela, se tiene en cuenta la estratificación de la provincia en estudio (módulo de erosión laminar y en regueros), para obtener un valor medio del *índice de erosión eólica por estrato*. Finalmente, de la combinación de este último índice (IE) y el de viento (IV) se obtiene el valor de *riesgo de erosión eólica*.





## 5.3. Gráficos









## 5.4. Tabla de resultados

Comunidad Autónoma	Nivel erosivo (t · ha <sup>-1</sup> · año <sup>-1</sup> )				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Andalucía	6.365.212,38	1.466.896,69	524.233,38	2.467,56	-
Aragón	3.717.109,38	625.826,75	338.523,50	0,44	-
Canarias	591.512,63	4.529,69	37.990,63	34.064,81	35.327,06
Cantabria	510.947,25	713,75			
Castilla - La Mancha	5.869.511,06	1.918.579,94	4.672,69	-	-
Castilla y León	5.703.926,81	3.107.919,00	426.146,00	-	-
Cataluña	2.748.900,00	278.045,38	21.693,56	-	-
Comunidad de Madrid	504.086,31	199.235,06			
Comunidad Foral de Navarra	717.120,75	128.035,31	166.658,88	7.648,19	
Comunitat Valenciana	1.885.113,00	268.095,38	13.551,75	282,44	-
Extremadura	1.891.252,69	1.882.638,19	273.980,38	-	-
Galicia	2.402.923,69	479.055,00	7.619,13	836,25	-
Illes Balears	204.078,88	87.248,63	162.615,38	22.038,00	
La Rioja	377.647,13	64.148,88	50.322,94		
País Vasco	655.887,06	17.518,94	1.129,31	-	-
Principado de Asturias	1.037.508,63	1,44			
Región de Murcia	694.457,31	368.661,56	37.653,00		
ESPAÑA	35.877.194,94	10.897.149,56	2.066.790,50	67.337,69	35.327,06





	Superficie erosionable	Láminas de agua superficiales y humedales	Superficies artificiales	TOTAL
	8.358.810,00	159.140,00	243.576,63	8.761.526,63
	4.681.460,06	38.319,13	53.297,44	4.773.076,63
	703.424,81	1.527,06	39.397,88	744.349,75
	511.661,00	6.646,81	13.054,13	531.361,94
	7.792.763,69	52.446,75	95.812,81	7.941.023,25
	9.237.991,81	50.386,13	134.343,06	9.422.721,00
	3.048.638,94	24.536,63	147.328,06	3.220.503,63
	703.321,38	7.052,31	92.185,19	802.558,88
	1.019.463,13	3.843,69	15.274,50	1.038.581,31
	2.167.042,56	30.612,19	129.381,75	2.327.036,50
	4.047.871,25	82.850,69	37.198,06	4.167.920,00
	2.890.434,06	21.187,19	56.233,88	2.967.855,13
	475.980,88	4.011,94	21.620,38	501.613,19
	492.118,94	2.355,88	9.657,31	504.132,13
	674.535,31	5.512,81	42.116,50	722.164,63
	1.037.510,06	4.261,19	19.310,94	1.061.082,19
	1.100.771,88	5.783,63	24.750,00	1.131.305,50
	48.943.799,75	500.474,00	1.174.538,50	50.618.812,25





## 6. Bibliografía





- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA. Datos climáticos.
- ALLUÉ, J.L. 1990. Atlas Fitoclimático de España. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS.
- AYALA-CARCEDO, F.J. *et al.* 1986. Estabilidad de taludes en las formaciones blandas de la Comunidad de Madrid. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA.
- AYALA-CARCEDO, F.J. *et al.* 1989. Estabilidad de laderas y taludes en el Valle del Guadalquivir. INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA.
- AYALA-CARCEDO, F.J.; COROMINAS, J. 2003. Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas de SIG: fundamentos y aplicaciones en España. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA.
- CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. 1965. Datos físicos de las corrientes clasificadas por el Centro de Estudios Hidrográficos.
- DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE, PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, AGRICULTURA Y PESCA. EUSKO JAURLARITZA / GOBIERNO VASCO. geoEuskadi. Mapa Geomorfológico a escala 1:25.000 (1999).
- DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. 2001. Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias en materia de Restauración Hidrológico-Forestal, Control de la Erosión y Lucha contra la Desertificación.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. 2008. Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND).
- DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. 2002. Mapa de Estados Erosivos. 1:1.000.000. Resumen Nacional.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. 1996. Mapa Forestal de España, escala 1:200.000 (MFE200). Araba/Álava.
- DIRECCIÓN GENERAL PARA LA BIODIVERSIDAD. 2002. Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50). Araba/Álava.
- DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y POLÍTICA FORESTAL. Publicado en página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3). Araba/Álava.
- DISSMEYER, G.E.; FOSTER, G.R. 1981. A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land.

FLANAGAN, D.C.; NEARING, M.A. 1995. USDA-Water Erosion Prediction Project. Hillslope profile and watershed model documentation. NSERL Report nº10.

FOSTER, G.R. 2004. Revised Universal Soil Loss Equation. Version 2. Users reference guide. USDA-ARS.

FOSTER, G.R. 2005. Revised Universal Soil Loss Equation. Version 2. Science Documentation. USDA-ARS.

FOSTER, G.R.; YODER, D.C.; WEESIES, G.A.; McCOOL, D.K.; MCGREGOR, K.C.; BINGNER, R.L. 2003. Revised Universal Soil Loss Equation. Version 2. USDA-ARS.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. 1995. Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. 1972-2003. Mapa Geológico de España, escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. 1972-1976. Mapa Geotécnico General, escala 1:200.000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA. 1987. Mapa Eólico Nacional.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. 1978. La problemática de la erosión: programa de acciones en la vertiente mediterránea.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. 1988. Agresividad de la lluvia en España.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA - DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. 1987-2002. Mapas de Estados Erosivos.

LAÍN HUERTA, L. 1999. Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y el medio ambiente. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA.

LEGROS, J.P. 1973. Précision des cartes pédologiques. Science du Sol, Bull. AFES, 2.

LÓPEZ CADENAS DE LLANO, F. (Dir.) *et al.* 1998. Restauración Hidrológico-Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental (2ª ed.). Ministerio de Medio Ambiente. Tragsa. Tragsatec.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2000-2010. Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España, escala 1:50.000.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA).

MINISTERIO DE FOMENTO. 2002. Norma de Construcción Sismorresistente, parte general y edificación. NCSE-02.

MORGAN, R.P.C. 1997. Erosión y conservación del suelo. Ediciones Mundi-Prensa.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. 1994. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.

QUIRANTES PUERTAS, J. 1991. Métodos para el estudio de la erosión eólica. Estación Experimental del Zaidín (CSIC).

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; McCOOL, D.K.; YODER, D.C. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook n° 703. Agricultural Research Service.

RESOLUCIONES DE LA CONFERENCIA MINISTERIAL CELEBRADA EN LISBOA. Portugal, 1998. Criterios e Indicadores Paneuropeos de Gestión Sostenible de Bosques.

RUIZ DE LA TORRE, J. 1990. Mapa Forestal de España. Escala 1:200.000. Memoria General. ICONA.

SIERRA, C.; QUIRANTES, J.; LOZANO, J. 1991. Uso del suelo y erodibilidad eólica (Depresión Guadix-Baza). In: Soil Erosion Studies in Spain.

SOIL AND WATER CONSERVATION SOCIETY. 1995. RUSLE User Guide. Version 1.04.

STOTT, D. E.; STROO, H. F.; ELLIOT, L. F. *et al.* 1990. Wheat residue loss in fields under no-till management. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:92-98.

STOTT, D. E. 1991. RESMAN: A tool for soil conservation education. Journal of Soil and Water Conservation. 46:332-333.

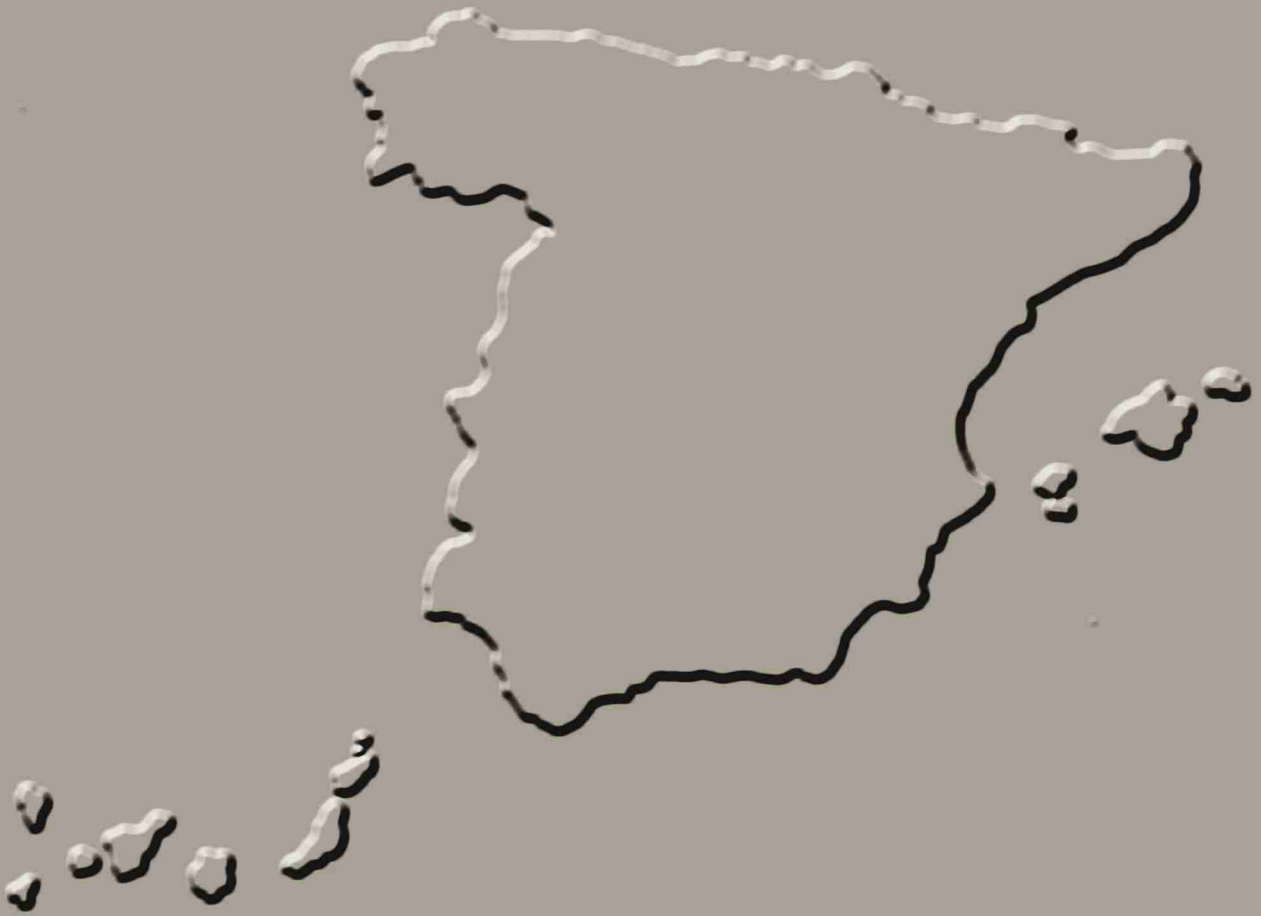
TOY, T.J.; FOSTER, G.R. 1998. Guidelines for the Use of the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Version 1.06 on Mined Lands, Construction Sites and Reclaimed Lands.

TRAGSA. 2003. La ingeniería en los procesos de desertificación. Ediciones Mundi-Prensa.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE BARCELONA. 1984. Inestabilidad de laderas en el Pirineo. Ponencias y comunicaciones ETSI Caminos, Canales y Puertos.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agriculture Handbook n° 537. Agricultural Research Service.





## 7. Cartografía





Adjunta a esta publicación se edita la siguiente cartografía a escala 1:000.000:

Mapa n° 1: Erosión laminar y en regueros.

Mapa n° 2: Zonas de erosión en cárcavas y barrancos.

Mapa n° 3: Potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa.

Mapa n° 4: Riesgo de erosión en cauces por unidades hidrológicas.

Mapa n° 5: Riesgo de erosión eólica.

Además, en el DVD adjunto se incluyen las tablas de resultados por provincia de los mapas citados y las siguientes capas cartográficas:

- Factor R.
- Factor LS.
- Estratos
- Pérdidas de suelo ( $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ ).
- Erosión laminar y en regueros (niveles erosivos).
- Cualificación de la erosión en función de la fragilidad del suelo.
- Erosión potencial (laminar y en regueros).
- Suelos esqueléticos y/o degradados.
- Zonas de erosión en cárcavas y barrancos.
- Potencialidad de movimientos en masa.
- Tipología predominante de movimientos en masa.
- Riesgo de erosión en cauces por unidades hidrológicas.
- Riesgo de erosión eólica.

Asimismo, en dicho DVD se encuentra la base de datos de las parcelas levantadas en campo.











GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO