

inventario
nacional
erosión
suelos



2018 GIPUZKOA
País Vasco





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
Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal

Dirección Técnica - Responsables generales del proyecto:

Eduardo del Palacio Fernández – Montes
Luis Martín Fernández
José Hernández Álvarez
Leopoldo Rojo Serrano

Cartografía, trabajo de campo, proceso de datos, redacción y fotos:
Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A., S.M.E., M.P. (TRAGSATEC)

Prólogo: Ángel Lertxundi Ibarguren



MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Distribución y venta:

Paseo de la Infanta Isabel, 1
28014 Madrid
Teléfono: 91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Tienda virtual:

<http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/>
centropublicaciones@mapama.es

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: 003-19-187-5

ISBN: 978-84-491-1557-8

Depósito Legal: M-29781-2019

Datos técnicos: Formato: 21 x 29,7 cm. Caja de texto: 18 x 25,2 cm. Composición: 2/3 columnas.
Tipografía: The Sans a cuerpos 7; 9,5; 17,5; 22,5. Papel: lacado semimate 135 gr. Cubierta: estucado mate 300 gr. Tintas: 4/4. Encuadernación: a caballete con 2 grapas.

Índice

AGRADECIMIENTOS	5
DIRECCIÓN TÉCNICA	5
PRÓLOGO.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Antecedentes.....	13
1.2. Objetivos	16
1.3. Características del Inventario	17
1.4. Justificación.....	18
2. METODOLOGÍA.....	21
2.1. Generalidades.....	23
2.2. Erosión laminar y en regueros.....	25
2.2.1. Conceptos previos.....	25
2.2.2. Cálculo de los factores del modelo RUSLE.....	26
2.2.3. Levantamiento de parcelas de campo.....	27
2.2.4. Análisis de muestras de suelo	29
2.2.5. Proceso de datos.....	29
2.2.6. Análisis estadístico	33
2.2.7. Cálculo de pérdidas de suelo, cartografía de niveles erosivos y tablas de resultados.....	34
2.2.8. Tolerancia a las pérdidas de suelo y clasificación cualitativa de la erosión en función de la fragilidad del suelo	34
2.2.9. Comparaciones.....	36
2.2.10. Erosión potencial (laminar y en regueros)	36
2.2.11. Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros	37
2.3. Erosión en cárcavas y barrancos	39
2.4. Movimientos en masa (erosión en profundidad)	40
2.5. Erosión en cauces.....	44
2.6. Erosión eólica	49
3. EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS EN GIPUZKOA.....	53
3.1. Información de partida	57
3.2. Estratificación y diseño de muestreo.....	89
3.3. Resultados del trabajo de campo y proceso de datos	90
3.4. Cálculo de pérdidas de suelo y agrupación en niveles erosivos	91
3.5. Tolerancia a las pérdidas de suelo	103
3.6. Comparaciones	107
3.7. Erosión potencial (laminar y en regueros)	111
3.8. Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros	115
4. EROSIÓN EN CÁRCAVAS Y BARRANCOS EN GIPUZKOA.....	119
5. MOVIMIENTOS EN MASA EN GIPUZKOA.....	131
6. EROSIÓN EN CAUCES EN GIPUZKOA.....	163
7. EROSIÓN EÓLICA EN GIPUZKOA.....	177
8. BIBLIOGRAFÍA.....	197
9. CARTOGRAFÍA	203

Agradecimientos

La Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal quiere expresar su agradecimiento a todas las personas de las diversas entidades que han contribuido al logro de esta publicación. En particular, quiere expresar su gratitud por la colaboración a la Dirección General de Agricultura y Equilibrio Territorial de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

Se agradece también la labor de redacción del prólogo a D. Ángel Lertxundi Ibarguren, Ingeniero de Montes.

Por último, se debe reconocer el esfuerzo de todos los colaboradores que han participado en este proyecto, particularmente aquellos de la empresa pública Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A., S.M.E., M.P. (TRAGSATEC), cuya labor en las diferentes fases del Inventario ha hecho posible su realización.

Dirección Técnica

La Dirección Técnica ha sido responsabilidad del personal del Área de Hidrología y Zonas Desfavorecidas de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal: Eduardo del Palacio Fernández-Montes, Leopoldo Rojo Serrano, José Hernández Álvarez y Luis Martín Fernández.

Prólogo

Cerrando una ardua tarea comenzada en 2002, ha querido el destino que el *Inventario Nacional de Erosión de Suelos en España* concluya con el presente documento dedicado a Gipuzkoa. Este ámbito supone la más pequeña representación provincial en España, y su propia lengua vernácula (*euskera*) presenta la singularidad semántica de albergar un adjetivo específico (*urre*) para la turbidez parduzca del agua (*agua turbia ≈ ur arrea*) derivada de su mezcla con tierras, como sucede tras los procesos erosivos; para la turbidez asociada con otros episodios de contaminación del agua se aplican adjetivos como *zikin* (sucio).

Gipuzkoa constituye un territorio potencialmente propicio a los procesos de erosión hídrica, con un escabroso relieve, abundantes precipitaciones y litología dominada por rocas sedimentarias. En el caso del relieve, resulta significativo el hecho de que más del 60% de la provincia tenga una pendiente superior al 30%, lo que conlleva una intrincada red hidrográfica compuesta por ríos de corto recorrido y gran energía hidráulica, especialmente en sus cabeceras. Una de dichas cabeceras, la del nacedero del río Ibarla concretamente, alberga el mayor salto natural de agua de Gipuzkoa (cascada de Aiztondo, en el municipio de Irún), con más de 100 m de desnivel y distante únicamente 6,76 km de la Bahía de Txingudi en el mar Cantábrico.

En la actualidad Gipuzkoa ostenta la primacía a nivel nacional en lo que respecta a proporción de superficie forestal arbolada (61,93%), situación que resulta casi diametralmente opuesta a la que presentaba en los albores del siglo XX. Así, tras un proceloso siglo XIX (guerras, carboneo y pastoreo abusivos, desamortizaciones, expansión demográfica, crisis del Antiguo Régimen, ...), los montes guipuzcoanos quedaron asolados y devinieron en lomas y laderas cubiertas mayoritariamente por lastonares, brezos, helechos y argomas. Surgió entonces una alarma entre los dirigentes sociales y clases ilustradas, cundiendo la inquietud institucional de crear un Servicio Forestal propio. Así, el 6 de diciembre de 1901 la Comisión Provincial de la Diputación presentaba un plan para la implantación de tal Servicio, aduciendo, entre otras, las siguientes razones:

Esta historia será la de la Provincia, si persevera nuestra indiferencia, si continua la incuria de la administración, y si nada detiene la avidez devastadora de los municipios. Un cuarto de siglo más de este régimen, y quizás será demasiado tarde, por que las mejores tierras que existan en las montañas serán arrastradas como el resto, y el aldeano se verá obligado, más pronto de lo que se cree, a abandonar los lugares en donde vivieron sus antepasados; y todo ello por la destrucción del suelo, que después de haber alimentado a tantas generaciones, cede poco a poco el sitio a las estériles rocas.

La ruina de los bosques será la causa principal de esta calamidad. Las aguas torrenciales, llevando adelante su obra de devastación, enterrarán bajo sus aluviones vastas extensiones de terrenos, que serán arrancados a la agricultura; las colinas, completada su denudación, no permitirán ya la filtración de las aguas, secándose por ello algunas fuentes.

A la administración, impuesta del estado actual de las cosas, y de sus funestas consecuencias, corresponde combatir el mal con acuerdos adecuados a las necesidades del país.

El Servicio Forestal de Gipuzkoa fue creado el 31 de mayo de 1905 y, como paso previo, en 1902 Antonio Gauza (Ingeniero de Montes de la Diputación Foral y Provincial de Navarra) redactó el informe denominado "Bosquejo forestal y proyecto de organización del Servicio de Montes de Guipúzcoa"; dicho informe comienza de la siguiente manera:

Ha sido preciso que los montes lleguen al estado de desnudez en que se encuentran, por lo general, para que los pueblos comprendan los inmensos beneficios que aquellos reportan cuando están suficientemente poblados, pero al observar que a medida que disminuye el arbolado, no sólo dejan de percibir aquellos beneficios, sino que se notan los efectos de las inundaciones que asolan los campos y otros muchos males producidos en general por la irregularidad de las corrientes de los ríos y arroyos, la sociedad entera vuelve la vista aatrás y lamentándose del espíritu de destrucción que ha imperado en los aprovechamientos de los montes, siente la necesidad de sujetarlos a un tratamiento racional a aquellos en quienes no se han agotado aún las naturales energías de vegetación, y para los que no se pueda hacer esto, por ser imposible su regeneración espontánea, se pide su repoblación artificial.

Las conclusiones del informe del Ingeniero Gauza fueron desalentadoras, tal y como se refleja en el siguiente extracto:

Los montes de Guipúzcoa, calvos muchísimos, con grandes calveros y claros los otros, mal beneficiados todos, expuestos a mortales prácticas y despojados, en una palabra, de todas las buenas condiciones de existencia, salvo raras excepciones, tienen impreso el sello de los vicios y errores que han sucedido a las devastaciones de los mismos.

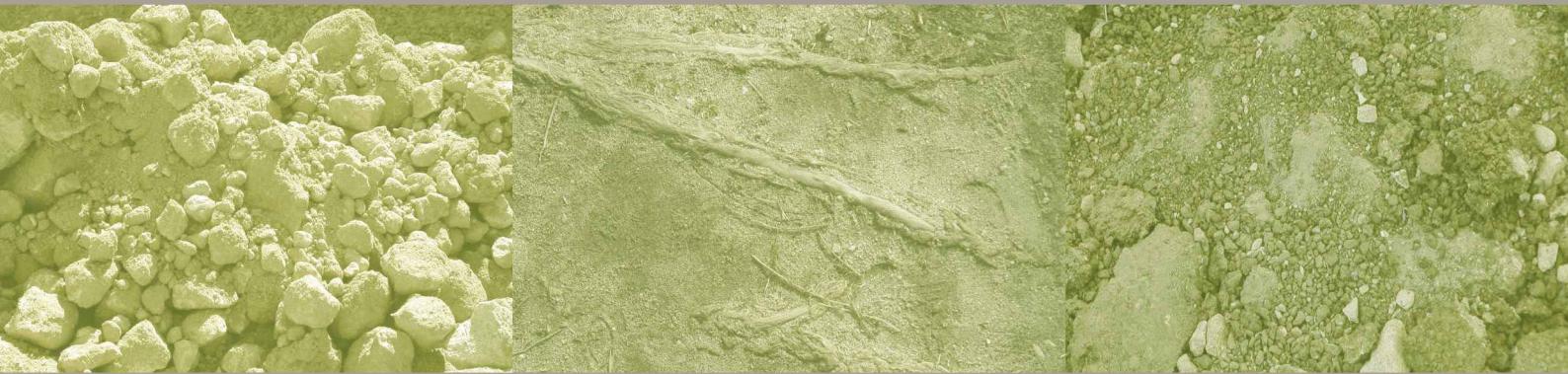
A partir de la constitución de ese Servicio Forestal, la política de la Diputación dirigida a la repoblación de los montes se encauza a través de la acción directa sobre los bienes comunales de los municipios, en razón de que la venta de muchos montes comunales a los particulares trajo consigo su esquilmación.

Transcurridos poco más de cien años desde aquella época, la realidad actual es bien distinta. Existe en Gipuzkoa una arraigada tradición de gestión forestal pública, y es también merecedora de atención la labor que realiza la Asociación de Propietarios Forestales (creada en 1983 y con más de 2.500 asociados) mediante la gestión de un 50% de la propiedad privada.

Esta nueva situación permite entender la aparente paradoja de que, si bien la erosión potencial de tipo laminar y en regueros (considerando precipitación, suelo y relieve) indica que casi el 80% del territorio guipuzcoano supera el nivel de $200 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, los datos obtenidos mediante el modelo RUSLE evidencian que el 76,53% del territorio presenta niveles erosivos inferiores a las $25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. También así se explica el insignificante porcentaje (0,04 %) de territorio afectado por erosión en cárcavas y barrancos.

Los referidos datos evidencian la importancia de la cubierta forestal, toda vez que con su sorda y tenaz tarea protectora contribuye a la conservación y regeneración del patrimonio edáfico. El futuro próximo que se cierne sobre nosotros trae consigo patentes amenazas (plagas forestales como los rojos criptogámicos, efectos del cambio climático, artificialización del territorio, ...) sobre el dosel arbóreo y, consecuentemente, sobre la erosión de los suelos. Será necesario, por tanto, perseverar en la gestión territorial considerando al árbol como protector elemento totémico que une físicamente la geosfera (donde hunde sus raíces) y la atmósfera (hacia donde miran sus copas). Al fin y al cabo, durante el proceso de la evolución la vida animal pudo surgir gracias a que previamente la fotosíntesis transformó la atmósfera primigenia (con azufre y metano) en un fluido respirable.

Ángel Lertxundi Ibarguren



1. Introducción



1.1. Antecedentes

La erosión del suelo, en sus diversas manifestaciones, puede considerarse como uno de los principales factores e indicadores de la degradación de los ecosistemas en el territorio nacional, con importantes implicaciones de índole ambiental, social y económica.

La erosión, en tanto que importante agente de degradación del suelo, constituye además uno de los principales procesos de desertificación a escala nacional y a escalas territoriales menores, entendiendo por desertificación "*la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas*", según la definió la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (París, 1994).

Como resultado de la voluntad de abordar esta problemática, la entonces Dirección General de Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente, inició en el año 2001 los trabajos correspondientes al Inventario Nacional de Erosión de Suelos. Este inventario forma parte de la estadística forestal, tal y como establecen el Plan Forestal Español y la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, modificada por la Ley 21/2015, de 20 de julio. La elaboración de dicha estadística corresponde actualmente a la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal, del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, como establece el Real Decreto 355/2018, de 6 de junio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica de dicho Ministerio.

Este Inventario pretende localizar, cuantificar y analizar la evolución de los fenómenos erosivos, con el fin último de delimitar con la mayor exactitud posible las áreas prioritarias de actuación en la lucha contra la erosión.

Con este trabajo se da también cumplimiento a los compromisos adquiridos por España en la Tercera Conferencia Ministerial sobre Protección de bosques en Europa celebrada en Lisboa en 1998, donde los Estados signatarios y la Unión Europea decidieron adoptar los criterios paneuropeos de gestión sostenible de los bosques y asumir los indicadores asociados como base de los informes internacionales y de la evaluación de los indicadores nacionales. En particular, el Inventario Nacional de Erosión de Suelos da cumplimiento a este compromiso en lo que se refiere al criterio 5: "*El mantenimiento y mejora de la función protectora de los bosques (especialmente sobre el suelo y el agua)*".

Los antecedentes más remotos del trabajo que aquí se presenta datan de 1978, año en que el desaparecido Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) publicó el documento "La problemática de la erosión: programa de acciones en la vertiente mediterránea", en el que se cristalizaban las

inquietudes suscitadas y concretadas por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación (Nairobi, 1977).

Este documento constituyó el primer intento serio de planificación a medio plazo de las acciones más urgentes para aquellas zonas más claramente amenazadas por los procesos de desertificación a escala nacional.

En su redacción se trató de abarcar la totalidad del problema nacional en sus aspectos conceptuales, estableciendo la siguiente división en zonas, de acuerdo con el tipo de problemas dominantes:

- Vertiente atlántica norte, la menos afectada por la erosión, pero con problemas locales de origen predominantemente sociológico.
- Vertiente atlántica oeste y sur, con problemas medios y graves de erosión, especialmente en los terrenos agrícolas, y con tendencia a acentuarse hacia el sur. Por incluir los suelos potencialmente más productivos, los efectos de un mismo nivel de pérdidas físicas son de mayor trascendencia económica.
- Vertiente mediterránea, con las características de sequía y torrencialidad propias de toda la cuenca mediterránea. Los problemas dominantes son los de torrencialidad; en muchos casos la erosión causa más daños por los efectos a distancia de los arrastres que por mermar la potencialidad productiva del suelo. Estos daños se acrecientan por la presencia de cultivos en regadío en las zonas bajas, en los cuales los daños por arrastres desde zonas dominantes pueden ser muy acusados.

Esta sola descripción ya señalaba a la vertiente mediterránea como prioritaria, y por ello fue elegida para diseñar un plan de inversiones a diez años dotado de la máxima flexibilidad y adaptable a la disponibilidad de los créditos necesarios para su ejecución.

Un obstáculo que se puso de manifiesto durante la redacción del citado documento fue la falta de datos básicos para alcanzar el grado de precisión deseable a la hora de proyectar las acciones concretas. Por ello, se propugnó la iniciación de una serie de estudios que debían cristalizar en dos grandes logros:

- Determinar el índice de erosión pluvial de Wischmeier (R) para poder aplicar el modelo USLE (*Universal Soil Loss Equation*, Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo), inicialmente en la vertiente mediterránea y posteriormente en todo el territorio nacional (Agresividad de la Lluvia en España. ICONA, 1988).
- Establecer una cartografía que permitiera conocer, a una escala apta para la priorización de inversiones, las características de los fenómenos erosivos. En

este sentido, el desaparecido ICONA inició en 1982 las acciones encaminadas a la realización de los Mapas de Estados Erosivos a escala 1:400.000 por grandes cuencas hidrográficas, publicándose los primeros resultados en 1987. Estos trabajos han proporcionado unos datos valiosísimos en cuanto a la evaluación global de la erosión en las grandes cuencas. La información de los Mapas de Estados Erosivos ha servido de base para la asignación territorial de las inversiones para el control de la erosión y la desertificación, en los sucesivos presupuestos del ICONA y, posteriormente, de esta Dirección General.

No obstante, una vez finalizados los Mapas de Estados Erosivos, éstos necesitaban ya de una profunda revisión que permitiera, no sólo actualizarlos sino, además, adecuar la escala de trabajo a los requerimientos actuales de la planificación tanto a escala nacional como autonómica. Por ello, se puso en marcha el primer Inventario Nacional de Erosión de Suelos, cuya ejecución comienza en el año 2002.

Como antecedentes más recientes, dentro del Proyecto LUCDEME (Lucha Contra la Desertificación en el Mediterráneo), en 1995 se puso en marcha la Red de Estaciones Experimentales de Seguimiento y Evaluación de la Erosión y la Desertificación (RESEL).

Posteriormente, tras la ratificación por España de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, en febrero de 1996, esta Dirección General, de acuerdo con las Comunidades Autónomas afectadas, elaboró el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND), entre cuyas líneas de acción se encuentra la realización del Inventario Nacional de Erosión de Suelos.

Por último, como desarrollo de las competencias que el Real Decreto 1415/2000 le asignaba, la antigua Dirección General de Conservación de la Naturaleza, a través del Área de Hidrología y Zonas Desfavorecidas, elaboró un plan de ámbito nacional que recogía las zonas (subcuencas) prioritarias de actuación en materia de restauración hidrológico-forestal, control de la erosión y lucha contra la desertificación, valorando las actuaciones a realizar y estableciendo la jerarquización y programación temporal de las mismas.

Este "Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias en Materia de Restauración Hidrológico-Forestal, Control de la Erosión y Defensa contra la Desertificación" (2001), sirve como instrumento para llevar a cabo las inversiones financiadas desde el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente en estas materias, según los criterios establecidos en el mismo. Parte de la información que recoge este Plan se utiliza en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos, que a su vez permite la actualización periódica de dicho Plan.

1.2. Objetivos

Los objetivos del Inventario Nacional de Erosión de Suelos son los siguientes:

- Detectar, cuantificar y reflejar cartográficamente, en soporte digital y gráfico, los principales procesos de erosión de suelos en el territorio nacional.
- Estudiar la evolución de la erosión en España, mediante la comparación de los inventarios sucesivos.
- Servir como instrumento para la coordinación de las políticas de las Comunidades Autónomas, del Estado y de la Unión Europea que inciden en la conservación del suelo.
- Formar un sistema de datos de fácil acceso que posibilite la educación y la participación ciudadana.
- Constituir un elemento de la Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente (Red EIONET).
- Proporcionar algunos indicadores paneuropeos sobre gestión sostenible de los bosques, en su aspecto cuantitativo.

1.3. Características del Inventario

Para cumplir los objetivos anteriores, está establecido que el Inventario se realice de forma continua y cíclica, con una periodicidad de 10 años y con una precisión equivalente a una escala 1:50.000, suministrando una información estadística homogénea y adecuada.

Esta forma de operar permite ir actualizando permanentemente tanto la cartografía de base como los datos de campo, así como efectuar las oportunas comparaciones a lo largo del tiempo.

La realización del Inventario se estructura con una base provincial con el fin de poder aprovechar y utilizar la información más reciente que se vaya generando tanto en el Inventario Forestal Nacional (IFN) como en el Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50), trabajos también a cargo de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal y elaborados a nivel provincial. Esto determina el orden de realización de este Inventario, que sigue el ya establecido para dichos trabajos.

1.4. Justificación

La realización del *Inventario Nacional de Erosión de Suelos*, con las características especificadas en el punto anterior, es fundamental para el desarrollo de los planes y programas de restauración hidrológico-forestal y lucha contra la desertificación que tiene encomendados esta Dirección General en cumplimiento de las directrices que marca la política estatal y comunitaria en materia de estadísticas básicas y de protección del medio ambiente, siguiendo los principios establecidos en distintas conferencias y resoluciones internacionales.

Constituye, además, la continuación lógica de la política de esta Dirección General al respecto, permitiendo la revisión y actualización de los resultados alcanzados en los Mapas de Estados Erosivos y la determinación de la evolución en el tiempo de los fenómenos estudiados.

Por otra parte, permite mejorar la precisión de los resultados de aquéllos, al utilizar cartografía base de mayor detalle (1:50.000), adecuada para trabajos de planificación no sólo de ámbito estatal, sino también autonómico, provincial o comarcal, facilitando y mejorando la priorización de actuaciones e incluso la definición técnica de las mismas a escala de proyecto.

También permite actualizar la metodología utilizada, incorporando los resultados de las últimas investigaciones llevadas a cabo en materia de evaluación de la erosión, así como incluir procesos erosivos no considerados en el periodo anterior.

Concretamente, los resultados del *Inventario Nacional de Erosión de Suelos* son de gran utilidad para:

- la planificación hidrológica
- los planes de restauración hidrológico-forestal de cuencas y control de la erosión
- los planes de lucha contra la desertificación
- los planes de conservación de suelos
- los planes de ordenación de los recursos naturales
- cualquier otro instrumento de planificación territorial, incluyendo planes de ordenación agrohidrológica y planes de ordenación agraria

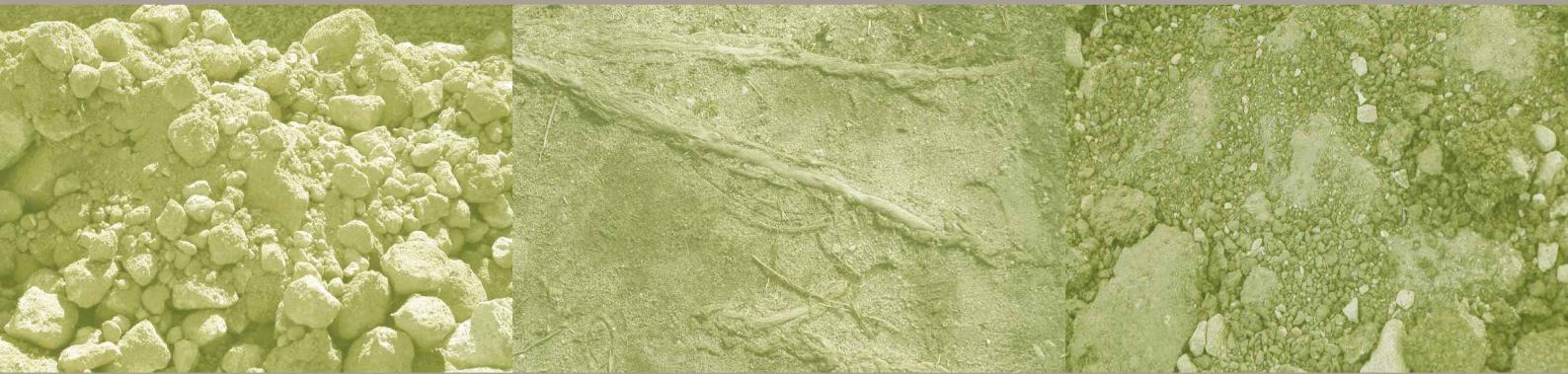
Este *Inventario* permite también caracterizar cuantitativa y/o cualitativamente las distintas formas de erosión a nivel de unidades hidrológicas, comunidades autónomas, provincias, comarcas, términos municipales, zonas climáticas, o cualquier otra unidad territorial considerada.

Además, la información proporcionada por el Inventario puede utilizarse, mediante la aplicación de modelos matemáticos adecuados, para obtener estimaciones fiables sobre la emisión de sedimentos en las cuencas de los embalses españoles y realizar predicciones sobre su vida útil.

Todo ello es posible gracias a la utilización de un Sistema de Información Geográfica con el que se gestiona un banco de datos creado a partir de la cartografía temática y los modelos digitales del terreno más recientes. Sólo con un sistema de este tipo puede manejarse el gran volumen de información, tanto gráfica como alfanumérica, que supone un trabajo de esta magnitud, facilitando además la actualización periódica tanto de la información de base como de los resultados obtenidos.

Finalmente, la información generada por este Inventario se incorpora al Banco de Datos de la Naturaleza que gestiona la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural.





2. Metodología



2.1. Generalidades

La palabra erosión tiene un significado etimológico claro, que es “*desgaste o destrucción producidos en la superficie de un cuerpo por la fricción continua o violenta de otro*” (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española).

Por erosión del suelo se entiende normalmente la remoción del material terrestre, en superficie o a escasa profundidad, por acción del agua (erosión hídrica) o del viento (erosión eólica). Un concepto más amplio de erosión incluye el desplazamiento de un espesor mayor del suelo por desequilibrio gravitacional.

Conviene distinguir, en cualquier caso, entre la erosión del suelo a escala geológica, fenómeno natural que interviene lentamente en el modelado del paisaje, y que, a escala humana, apenas es detectable; y la erosión antrópica o erosión acelerada, cuyo origen está en el uso inadecuado de los recursos naturales por el hombre, con marcadas consecuencias negativas de tipo ambiental, económico y social, por lo que debe tenerse siempre en cuenta a la hora de planificar el aprovechamiento y gestión de dichos recursos.

La erosión hídrica está estrechamente relacionada con el ciclo hidrológico y se manifiesta de varias formas, pudiéndose distinguir en primer lugar entre erosión en superficie, erosión lineal a lo largo de cauces fluviales o torrenciales y erosión en profundidad (movimientos en masa), causada por un desequilibrio gravitacional donde el agua es factor desencadenante pero no agente erosivo ni de transporte.

Dentro de la erosión en superficie se habla, a su vez, de erosión laminar, erosión en regueros y erosión en cárcavas o barrancos. Este tipo de erosión consta básicamente de dos fases: desgaste o disgregación del suelo por la acción del agua de lluvia y transporte de las partículas por el flujo de agua en sus distintas formas.

Los factores que intervienen en la erosión hídrica son, en síntesis, cinco: precipitación, suelo, relieve, vegetación y uso del suelo.

En cuanto a la erosión eólica, los factores que se consideran son, básicamente, la velocidad y duración de las rachas de viento, las características del suelo, la vegetación, el uso del suelo y el relieve.

Siguiendo la clasificación anterior, el presente trabajo se estructura en cinco módulos correspondientes a otras tantas formas de erosión que son inventariadas y cartografiadas:

1. Erosión laminar y en regueros.
2. Erosión en cárcavas y barrancos.

3. Movimientos en masa.

4. Erosión en cauces.

5. Erosión eólica.

Para la elaboración de todos los módulos se aprovechan las potencialidades que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el manejo de cartografía en formato digital y bases de datos asociadas. El SIG permite almacenar y procesar el gran volumen de información necesario, realizar las superposiciones cartográficas requeridas y aplicar los modelos cuantitativos y cualitativos utilizados. Por otra parte, desde el SIG se extraen las tablas de superficies incorporadas en esta publicación, así como las salidas gráficas correspondientes.

2.2. Erosión laminar y en regueros

2.2.1. Conceptos previos

Para la elaboración del presente módulo del Inventario Nacional de Erosión de Suelos se ha utilizado el modelo RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*, Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Revisada), porque permite determinar las pérdidas que se ocasionan en el suelo de una manera objetiva, a partir del cálculo de los distintos factores que intervienen en el proceso erosivo.

El modelo RUSLE es la mejor tecnología disponible para la estimación de promedios anuales de pérdidas de suelo, de cara a inventariar y cartografiar la erosión, y está enfocada hacia planes específicos de restauración medioambiental y conservación del suelo. La técnica utilizada para desarrollar el modelo RUSLE es científicamente robusta, por la gran riqueza de datos recogidos. Además, es un modelo reconocido en todo el mundo y su aplicación está muy extendida dentro de la comunidad científica y en el área de la conservación de los recursos naturales. Se puede concluir que este modelo recoge una experiencia de más de 50 años en el estudio de la erosión y permite obtener resultados fiables como base para el desarrollo de planes de ordenación, conservación y manejo a escala regional.

La ecuación básica del modelo RUSLE para la estimación de las pérdidas medias de suelo como consecuencia de la erosión hídrica laminar y en regueros, es la siguiente:

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

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 periodo 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.

2.2.2. Cálculo de los factores del modelo RUSLE

El objetivo del trabajo es obtener una cartografía, en formato gráfico y digital, de niveles cuantitativos actuales 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.

El factor R se establece independientemente a partir de los datos pluviométricos de estaciones meteorológicas seleccionadas, aplicando las ecuaciones de regresión existentes.

Para la determinación de los factores K, C y P se realiza previamente una estratificación del territorio de cara a su muestreo sistemático en campo. La estratificación se establece a partir de la superposición de las siguientes capas temáticas:

- subregiones fitoclimáticas
- altitud
- pendiente
- orientación
- litología
- vegetación y usos de suelo

Una vez obtenidos los estratos, se determinan los puntos de muestreo (parcelas) mediante la superposición de una malla de 5x5 km, obtenida a partir de la malla UTM. De esta forma resulta un punto de muestreo cada 2.500 ha.

En los estratos que resultan insuficientemente muestreados se aumenta la intensidad de muestreo, lo que puede suponer un incremento de hasta un 10% en el número de parcelas.

Tras la realización de los trabajos de campo y el análisis de los datos obtenidos se determina el valor medio por estrato del producto K·C·P.

Finalmente, el factor topográfico LS se determina calculando en primer lugar la pendiente y la longitud de ladera en cada punto a partir de un modelo digital de elevaciones, teniendo en cuenta además las condiciones medias del suelo y cubierta en cada estrato, establecidas a partir del muestreo de campo y los análisis de laboratorio.

2.2.3. Levantamiento de parcelas de campo

Se realiza mediante la cumplimentación de un estadillo de campo sobre el que previamente se vuelca la información inicial disponible, extraída tanto del Sistema de Información Geográfica, como de las parcelas coincidentes del Inventario Forestal Nacional.

Los equipos de campo están dirigidos por técnicos forestales y agrícolas y reciben una formación previa que incluye ejercicios prácticos de levantamiento de parcelas.

Inicialmente, se prepara la documentación y el material de campo necesario, incluyendo cartografía básica y temática, ortofotos o imágenes satélite, GPS, teléfono móvil, cámara fotográfica, estadillos, cinta métrica, azada, pico, pala, dinamómetro, bolsas y etiquetas para toma de muestras de suelo, clisímetro o hipsómetro, brújula, lupa cuentahilos, material de escritura, manual de campo, guía botánica, libro de claves y material de seguridad y salud laboral.

Los equipos se desplazan en vehículo todo terreno con conductor, provistos de las oportunas acreditaciones. Además, para facilitar el acceso a todos los puntos, se solicita la colaboración de los servicios forestales y oficinas comarcales agrarias de la provincia.

El proceso que se sigue en el trabajo de campo es el siguiente:

- Identificación del punto de muestreo en cartografía y ortofoto.
- Grabación de las coordenadas del punto en el GPS.
- Determinación de la mejor vía de acceso.
- Acceso al punto, descripción de la vía de acceso y dibujo de croquis.

- Recorrido o visualización de la tesela muestreada en un radio máximo de 0,5 km alrededor del punto, buscando la zona más representativa del estrato.
- Identificación de la parcela y comprobación o corrección de los datos iniciales (vegetación y uso del suelo, litofacies erosiva, pendiente, orientación y altitud).
- Observaciones sobre la cubierta vegetal, por pisos (pies mayores, pies menores, regeneración, matorral y herbáceas): especies, densidad, fracción de cubierta, altura y forma de copa.
- Observaciones para cubiertas agrícolas: riego, rotación, ciclo de cultivo, labores u operaciones, maquinaria, marco de plantación, tratamiento del rastrojo y características del barbecho.
- Prácticas de conservación de suelos: identificación y mediciones.
- Cubierta en contacto con el suelo: cobertura, tipo y espesor.
- Manifestaciones erosivas observadas.
- Intensidad de pastoreo.
- Rugosidad superficial.
- Características del horizonte superficial del suelo (profundidad, humedad, estructura, presencia de raíces), toma de muestra y etiquetado para su posterior análisis.
- Porcentaje estimado de afloramientos rocosos en superficie.
- Eventos anteriores (labores agrícolas, preparación del suelo, cortas, tratamientos selvícolas, incendios, etc.) y tiempo transcurrido.
- Observaciones e incidencias.
- Toma de fotografías.
- Señalamiento de la parcela sobre el terreno.

Paralelamente o con posterioridad se realiza un control de calidad mediante la repetición o realización supervisada de un 10% de las parcelas.

Por otra parte, la Dirección Técnica muestra al azar algunas de las parcelas estudiadas, contrastando la bondad y exactitud de los datos obtenidos.

Finalmente, tal y como se detalla más adelante, el trabajo de campo incluye también la recopilación de información, por parte de un especialista agrícola, sobre las características de los cultivos de la provincia (rotaciones, labores, etc.), para completar los datos recogidos en el levantamiento de parcelas de cara al cálculo del factor C.

2.2.4. Análisis de muestras de suelo

Todas las muestras de suelo tomadas en campo son enviadas a laboratorios de probada solvencia para el análisis de sus parámetros de textura y materia orgánica, necesarios para la determinación del factor K, así como para la determinación de la biomasa de raíces, necesaria para el cálculo del factor C, del contenido de caliza activa, que interviene en la estimación de la erosión eólica y de la densidad aparente, necesaria para la transformación de las pérdidas de suelo en peso por unidad de superficie a profundidad de suelo erosionada.

2.2.5. Proceso de datos

Paralelamente a la realización del trabajo de campo, se procede a la grabación en base de datos de toda la información recopilada en los estadillos, además de los resultados del laboratorio de análisis de suelos. Esto permite un manejo rápido y eficaz de los datos, así como su posterior almacenamiento.

Una vez grabada toda la información, se realiza un filtrado de la misma, para detectar posibles errores, y se procede al cálculo por parcela de los factores K, C y P del modelo RUSLE.

El proceso completo se esquematiza en la figura 1.

FACTOR K: EROSIONABILIDAD DEL SUELO

El cálculo se basa fundamentalmente en los resultados de los análisis de muestras de suelo por parte del laboratorio, aunque también se tienen en cuenta datos de campo, como por ejemplo la estructura. En la figura 2 queda recogido el proceso de cálculo de forma simplificada.

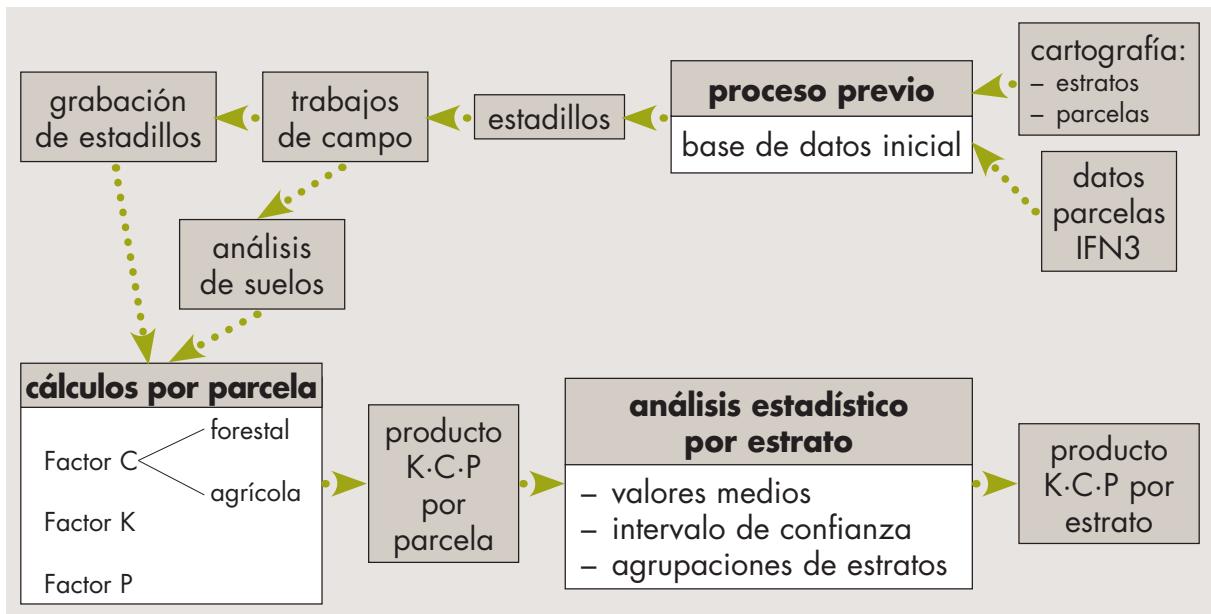


Figura 1. Esquema del proceso de cálculo de los factores K, C y P del modelo RUSLE.

FACTOR P: PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO

Las principales prácticas de conservación del suelo que se tienen en cuenta a la hora de realizar el cálculo de este factor son: cultivo a nivel, cultivo en terrazas, cultivo en bancales, cultivo en fajas y drenajes. Cada una de ellas tiene un tratamiento distinto de cálculo, en el que participan distintos parámetros, como son la altura de los caballones, la separación entre líneas de cultivo, la pendiente, etc. La mayor parte de estos parámetros se toman directamente en campo, aunque también son necesarios cálculos previos de gabinete para obtener, por ejemplo, la escorrentía generada por una tormenta de 10 años de recurrencia. En la figura 3 se expone el esquema del proceso de cálculo de este factor.

FACTOR C: CUBIERTA VEGETAL Y MANEJO

Es el factor más complejo de calcular. El procedimiento de cálculo varía según se trate de cubiertas forestales permanentes o de cubiertas agrícolas variables a lo largo de un ciclo de cultivo.

Es importante resaltar, en ambos casos, la introducción de un nuevo subfactor no considerado en los manuales originales del modelo RUSLE, pero cuya incorporación se ha considerado necesaria para acercar las estimaciones de pérdidas de suelo a la realidad. Dicho subfactor se ha denominado rocosidad y se basa en la disminución proporcional de la erosión debido al porcentaje de suelo cubierto por afloramientos rocosos.

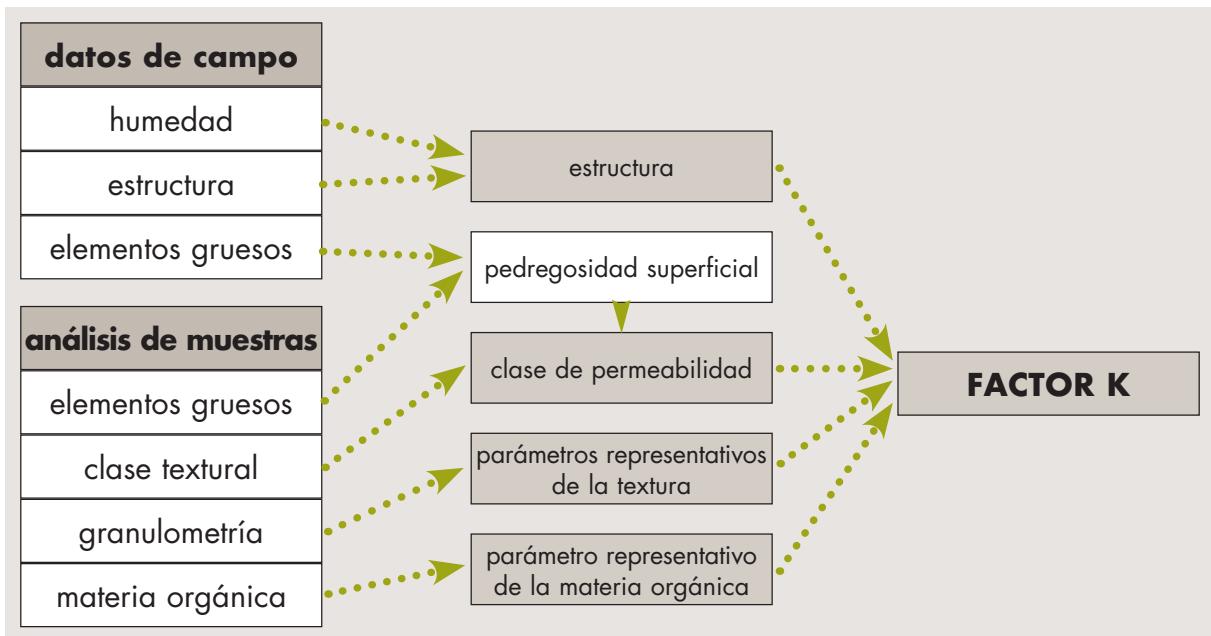


Figura 2. Esquema del proceso de cálculo del factor K.

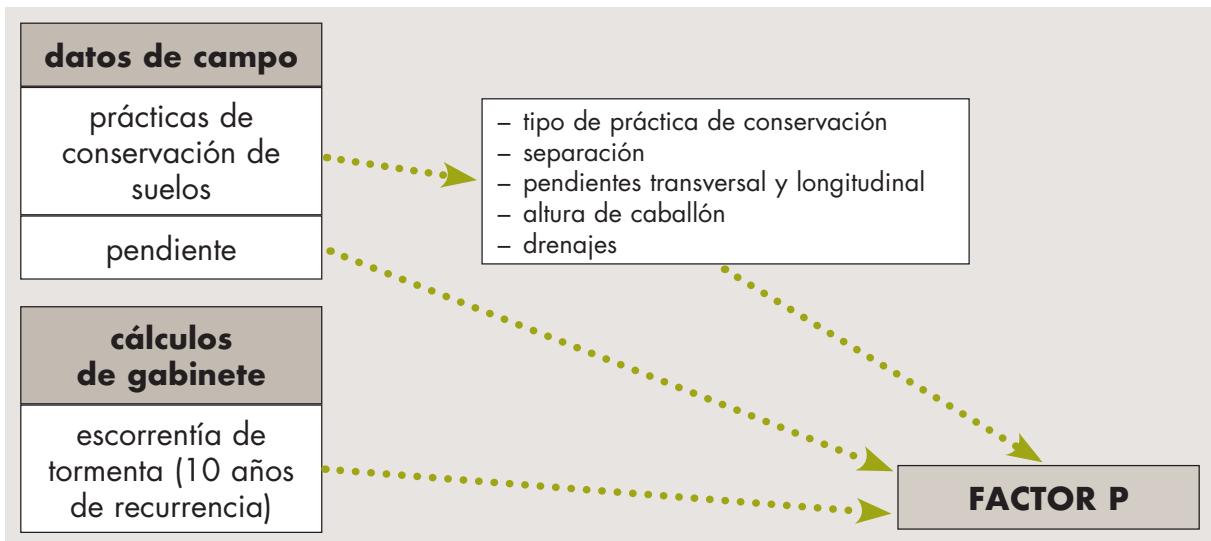


Figura 3. Esquema del proceso de cálculo del factor P.

– Cubiertas permanentes

Debido a la invariabilidad interanual que se supone en las condiciones de estas cubiertas, el cálculo del factor C es más sencillo que en las cubiertas agrícolas puesto que en este caso se calcula un único valor anual para cada subfactor. En la figura 4 se expone el esquema de este proceso de cálculo. En este cálculo se tiene en cuenta

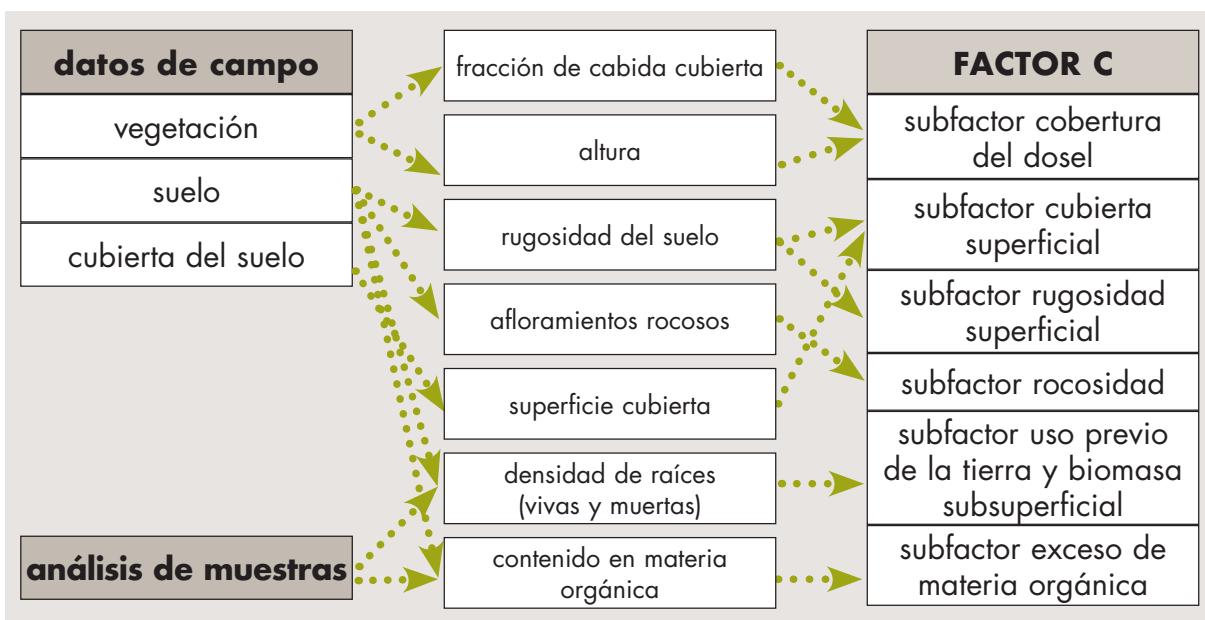


Figura 4. Esquema del proceso de cálculo del factor C en cubiertas permanentes.

la incidencia de los incendios forestales sobre formaciones arboladas cuando su recurrencia estimada, para un municipio y un tipo de formación concretos, es inferior a 10 años. Las estadísticas de incendios forestales proceden del Área de Defensa contra Incendios Forestales de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

– Cubiertas agrícolas

Antes de empezar a procesar los datos para el cálculo del factor C correspondiente a los cultivos agrícolas, un especialista agrícola recopila información acerca de los cultivos de la provincia. Para ello se entrevista con los técnicos de las oficinas comarcales agrarias, con el propósito de conocer de primera mano los siguientes aspectos:

- Fichas de cultivo: se trata de obtener información sobre las labores de cultivo, maquinaria empleada, momento en el que se realizan las labores, alturas y fracciones de cabida cubierta del cultivo en cada periodo de su ciclo, etc. Para ello se encuesta sobre los cultivos más representativos de cada comarca agraria.
- Rotaciones más comunes en la comarca.
- Tratamientos de los residuos de cultivo, métodos de riego, técnicas de mantenimiento más empleadas en los cultivos leñosos de la comarca, etc.

- Realidad agrícola de la comarca: presencia de ganadería, tipos de ayudas a las que se acogen mayoritariamente los agricultores, etc.

A partir de los estadillos de campo y teniendo en cuenta la información previa recopilada, el especialista agrícola determina como punto de partida qué rotación de cultivos puede asignarse a cada parcela, para con posterioridad proceder al cálculo del factor C.

La peculiaridad del cálculo del factor C en las zonas agrícolas es la variabilidad del mismo en el tiempo, imposible de inventariar con un único muestreo, por lo que el especialista debe estimar dichas variaciones a partir de la información recopilada. Para ello se establece una división del año en períodos mensuales o quincenales, en cada uno de los cuales se establecen los valores de los distintos subfactores, expuestos en la figura 4, a los que se suman otros subfactores específicamente agrícolas, como el subfactor que recoge el efecto de los caballones sobre el incremento de la erosión. Finalmente, se calcula el valor medio ponderado de C por parcela, utilizando la distribución anual del factor R como criterio de ponderación.

2.2.6. Análisis estadístico

Con posterioridad al cálculo de los factores K, C y P, se procede a la obtención del producto de los tres factores en cada parcela, determinando el valor medio de dicho producto por estrato.

Una vez realizada esta operación, se evalúan los resultados mediante un análisis estadístico de dispersión, para lo que se aplica la t de Student con los siguientes niveles de confianza: 95, 90 y 80%.

Utilizando como base los niveles de confianza obtenidos con el 95% de probabilidad, se procede al estudio detallado de aquellos estratos en los que aparece una dispersión muy alta, ya sea en valores absolutos o relativos al valor medio. De este estudio se infiere la necesidad de agrupar algunos de dichos estratos con otros de características similares, aun a costa de perder algo de detalle en la cartografía final, obteniendo como resultado una disminución de la dispersión y, por tanto, una mayor fiabilidad de los resultados.

Es importante reseñar que, debido a la propia naturaleza de algunos estratos, que es diversa, muchos de los valores obtenidos presentan una variabilidad que no es más que un reflejo de la diversidad en el medio natural de las múltiples variables, unas 200 en total, que intervienen en el cálculo de los tres factores.

2.2.7. Cálculo de pérdidas de suelo, cartografía de niveles erosivos y tablas de resultados

Una vez establecidos los valores medios por estrato del producto K·C·P, e incorporados al Sistema de Información Geográfica, se superpone la cobertura de estratos con las correspondientes a los factores R y LS. Multiplicando los cinco factores, se obtiene la estimación de pérdidas de suelo en cada elemento o “píxel” del territorio, en $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$.

Las pérdidas de suelo obtenidas se agrupan en niveles erosivos, elaborándose la correspondiente salida gráfica y la tabla de superficies (ha), pérdidas ($t \cdot año^{-1}$) y pérdidas medias ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$).

Una vez analizados los resultados y efectuadas las oportunas correcciones, se cruza la cobertura de pérdidas y niveles erosivos con otro tipo de información, para obtener las tablas correspondientes de superficies y/o pérdidas de suelo.

2.2.8. Tolerancia a las pérdidas de suelo y clasificación cualitativa de la erosión en función de la fragilidad del suelo

La evaluación de la tolerancia a las pérdidas de suelo en un terreno, elemento básico para la ordenación agrohidrológica, depende de diversos factores, tales como la profundidad del suelo y del horizonte orgánico superficial, sus propiedades físicas, el desarrollo de los sistemas radicales de la vegetación, las pérdidas de nutrientes y sementeras, etc.

En términos agronómicos, puede definirse la pérdida tolerable de suelo como la tasa máxima de erosión permisible para que la fertilidad del suelo pueda mantenerse durante unos 25 años. Así, por ejemplo, una pérdida media anual de suelo de $12 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ con una densidad media del horizonte superficial de $1,2 t \cdot m^{-3}$ supone una pérdida media anual de suelo de 1 mm. Si se asume que la mayor parte de la fertilidad del suelo reside en este horizonte orgánico superficial, las pérdidas anteriores serían tolerables en un suelo con una profundidad del horizonte orgánico igual o superior a 2,5 cm.

Sin embargo, en un suelo con una profundidad del horizonte fértil de sólo 1 cm, suponiendo la misma densidad media, las pérdidas tolerables serían tan sólo de unas $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

Partiendo de los razonamientos anteriores, el Inventario Nacional de Erosión de Suelos no solo se limita a estimar las pérdidas medias anuales de suelo mediante el modelo RUSLE, sino que trata de clasificar cualitativamente los niveles de erosión obtenidos en función de la fragilidad del suelo, definida basándose en la profundidad media del horizonte orgánico superficial, estimada a su vez a partir de las observaciones en las parcelas de campo.

Esta clasificación se ha realizado sobre la base de la estratificación del territorio, obteniendo, para cada estrato, la profundidad media del horizonte orgánico. Del mapa de pérdidas de suelo por erosión laminar y en regueros se obtienen las pérdidas medias de suelo por estrato, que pueden transformarse en $\text{mm}\cdot\text{año}^{-1}$ teniendo en cuenta la densidad aparente media del horizonte orgánico por estrato, calculada a partir de los análisis de laboratorio. La comparación de los valores de profundidad y pérdidas medias por estrato permite estimar la vida útil del horizonte orgánico del suelo en años, pudiendo realizar una primera clasificación cualitativa de la erosión por estrato en función de esta vida útil según la tabla siguiente:

Clasificación cualitativa de la erosión	Vida útil (años)
Nula	—
Muy leve	>100
Leve	$\geq 50 \text{ y } \leq 100$
Moderada	$\geq 25 \text{ y } < 50$
Grave	$\geq 10 \text{ y } < 25$
Muy grave	< 10

La erosión se cualifica como "Nula" únicamente en el caso de que la estimación de pérdidas de suelo sea de $0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, lo cual, dejando aparte terrenos artificiales, láminas de agua y humedales, se produce generalmente en zonas de muy alta rocosidad.

Esta clasificación cualitativa inicial se modifica para tener en cuenta la existencia de suelos muy delgados, y por lo tanto, muy sensibles a la erosión, detectados en las parcelas de campo cuando se llega a la roca madre antes de los 25 cm de profundidad. Así, cuando en un estrato aparece más de un 66% de las parcelas con estas características se aumenta en dos grados la clasificación cualitativa de la erosión, y cuando aparece entre un 33% y un 66% de las parcelas, se aumenta solamente un grado.

No obstante, se realiza una corrección de esta clasificación cualitativa en función de los valores absolutos de pérdidas de suelo medias por estrato en $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, puesto que tasas muy pequeñas de erosión, aun en suelos muy someros, no pueden considerarse graves, puesto que sus efectos son susceptibles de corregirse a corto plazo por la propia génesis natural del suelo o por mejoras artificiales, como son las enmiendas orgánicas y las fertilizaciones.

Por esta razón, partiendo de estudios anteriores, se establece un valor mínimo de pérdidas de suelo en cada categoría, quedando la clasificación cualitativa definitiva establecida según los criterios que muestra la tabla siguiente:

Clasificación cualitativa de la erosión	Vida útil (años)	Pérdidas mínimas ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
Nula	—	—
Muy leve	>100	—
Leve	≥ 50 y ≤ 100	1
Moderada - Leve	≥ 25 y < 50	2
Moderada - Grave	≥ 25 y < 50	5
Grave	≥ 10 y < 25	8
Muy grave	<10	12

De esta forma, si un estrato queda encuadrado en un grado determinado en función del criterio de vida útil, pero no cumple la tasa mínima de erosión, pasa al grado inferior más próximo para el que cumpla el valor mínimo.

2.2.9. Comparaciones

Se realiza la comparación entre los resultados obtenidos en el *Inventario Nacional de Erosión de Suelos* de la provincia en estudio y en el *Mapa de Estados Erosivos*. Dicha comparación sólo se realiza para erosión laminar y en regueros, pues es el único tipo de erosión que contemplaba el *Mapa de Estados Erosivos*.

2.2.10. Erosión potencial (laminar y en regueros)

Se entiende por erosión potencial aquella que tendría lugar teniendo en cuenta exclusivamente las condiciones de clima, geología y relieve, es decir, sin tener en cuenta la cobertura vegetal ni sus modificaciones debidas a la acción humana.

En consecuencia, la erosión potencial permite aproximarse a lo que sucedería si en una determinada zona desapareciera la cubierta vegetal, si bien este dato debe matizarse en función de la capacidad de recuperación de la vegetación, determinada fundamentalmente por las condiciones climáticas (sequía, frío,...), ya que los efectos de esa supuesta desaparición de la vegetación serán más o menos duraderos y, por tanto, más o menos graves, dependiendo del tiempo que tarde en recuperarse la cubierta.

El objetivo de este apartado es, por tanto, realizar una clasificación de la superficie en función de la potencialidad a presentar erosión laminar o en regueros. Para ello se han considerado únicamente los tres factores del modelo RUSLE que caracterizan dicha potencialidad: el índice de erosión pluvial (R), la erosionabilidad del suelo (K) y la topografía (LS), agrupando los resultados obtenidos (pérdidas potenciales de suelo, en $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$) en niveles erosivos, tal y como se realiza con la estimación de pérdidas actuales.

Por otra parte, como ya se ha dicho, debe matizarse este resultado en función de la capacidad climática de recuperación natural de la vegetación, que se estima a partir de la clasificación en subregiones fitoclimáticas, siguiendo el siguiente criterio:

Subregiones fitoclimáticas	Capacidad climática de recuperación de la vegetación
$VI(IV)_4, VI(VII), VI(V), VI, VIII(VI)$	Alta
$IV(VI)_2, VI(IV)_1, VI(IV)_2, VI(IV)_3, X(VIII), X(IX)_1$	Media
$III(IV), IV(III), IV_1, IV_2, IV_3, IV_4, IV(VI)_1, IV(VII), X(IX)_2$	Baja

2.2.11. Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros

Existen suelos esqueléticos y suelos ya muy degradados por erosión laminar y en regueros, donde las tasas de erosión actual calculadas son normalmente muy bajas debido, fundamentalmente, a la elevada pedregosidad del suelo, tanto en superficie como en los horizontes superiores. No obstante, es interesante señalar de alguna forma la presencia de estos suelos que, aunque no presenten tasas de erosión actuales cuantitativamente e incluso cualitativamente importantes, sí pueden ser indicativos de procesos erosivos pasados y, sobre todo, son terrenos muy a tener en cuenta a la hora de planificar actuaciones de restauración, pues en gran parte son terrenos cuya recuperación es aún posible y debe considerarse prioritaria.

Es por esto que el Inventario Nacional de Erosión de Suelos trata de aproximarse a la identificación de dichos suelos, a efectos de cubrir en toda su amplitud el fenómeno erosivo, ya sea en sus manifestaciones presentes (pérdidas de suelo actuales), posibles manifestaciones futuras (erosión potencial) o probables efectos del pasado (suelos esqueléticos y/o degradados). Para ello se utiliza como base la zonificación del territorio en estratos (que pueden asimilarse a unidades ambientales homogéneas a escala provincial en cuanto al binomio suelo-vegetación) y se tienen en cuenta los valores medios por estrato de los siguientes cinco datos, procedentes de campo o de laboratorio, que pueden considerarse, según expertos consultados, parámetros indicadores de suelos esqueléticos y/o degradados por erosión:

- Afloramientos rocosos en superficie, medidos en porcentaje de superficie cubierta en la parcela.
- Pedregosidad superficial, medida en porcentaje de superficie cubierta en la parcela.
- Porcentaje de parcelas con suelo somero (profundidad inferior a 25 cm).
- Porcentaje en peso de elementos gruesos en los 10 cm superiores del suelo.
- Contenido en materia orgánica (porcentaje en peso) en los 10 cm superiores del suelo.

Tras analizar los datos disponibles en territorios representativos de distintas condiciones ecológicas, el criterio que se adopta para calificar un estrato como representativo de un suelo esquelético y/o degradado por erosión es el de que al menos tres de los cinco parámetros anteriores superen ciertos valores umbrales (o no superen en el caso del contenido en materia orgánica).

De esta forma, se obtiene una serie de estratos, cuya superficie total, en valor absoluto y en porcentaje respecto a la superficie erosionable provincial, es un indicador del estado de degradación del suelo por erosión en cada provincia.

A parte de esta superficie, se considera también en este apartado, de forma independiente, la de aquellos estratos a los que se les da la consideración de "desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos", en virtud de la información procedente tanto del Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50) como de las parcelas de campo, pues se trata siempre de estratos donde la media del porcentaje de superficie cubierta por afloramientos rocosos es igual o superior al 80%. Dichos estratos, donde la erosión actual calculada es siempre nula, pueden considerarse como terrenos donde, de haber existido suelo alguna vez, éste ha sufrido una degradación de tal intensidad que puede calificarse como irreversible, esto es, suelos irrecuperables en una escala temporal humana.

2.3. Erosión en cárcavas y barrancos

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. Para ello se procede a la fotointerpretación de pares estereoscópicos de dichas fotografías y a la digitalización de las zonas de erosión mediante el software SOCET SET que permite la estereoscopía en formato digital.

En Gipuzkoa se han utilizado fotografías aéreas digitales con una resolución de 0,22 m correspondientes a vuelos realizados en julio, septiembre y octubre del 2014.

Tras la identificación de una zona de erosión en los pares estereoscópicos se digitaliza su contorno. La digitalización se realiza 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 marca 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 acarcavadas. En estos casos el criterio de digitalización consiste 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 final consiste en la incorporación al sistema de información geográfica de la cartografía de zonas erosivas, en formato digital, junto con los campos esenciales de la base de datos asociada, con el fin de poderla representar en una salida gráfica y cruzarla con otro tipo de información (divisiones administrativas, unidades hidrológicas, otras formas de erosión, etc.).

2.4. Movimientos en masa (erosión en profundidad)

El objetivo que se pretende consiste en 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,...)

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 (figura 5).

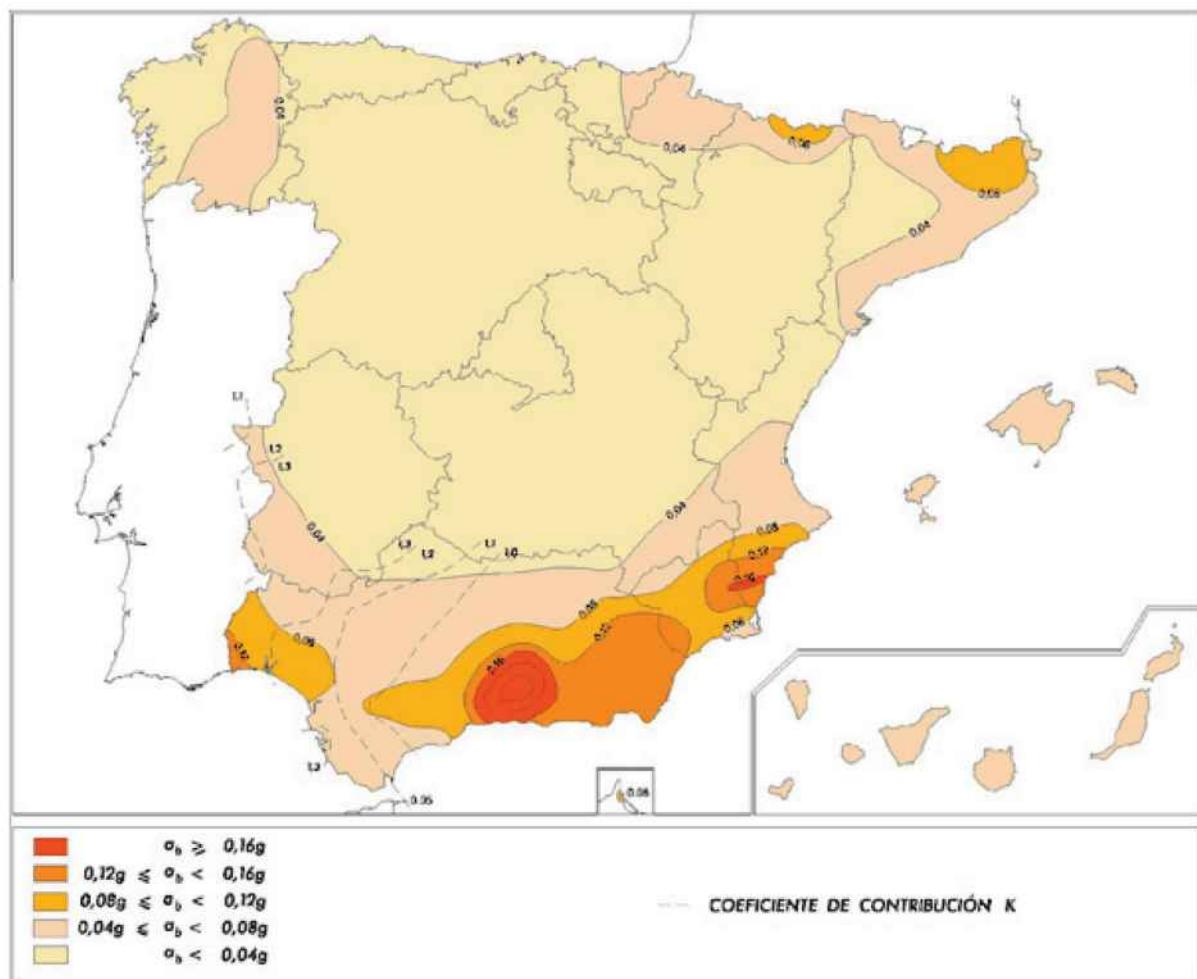


Figura 5. Mapa sísmico de la Norma de Construcción Sismorresistente.

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:

Pendiente	Valor
Baja ($\leq 15\%$)	0
Media ($> 15 \text{ y } \leq 30\%$)	1
Alta ($> 30 \text{ y } \leq 100\%$)	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
≤ 600	≤ 100	0
≤ 600	> 100	1
$> 600 \text{ y } \leq 1.200$	≤ 100	1
$> 600 \text{ y } \leq 1.200$	> 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).

En la figura 6 se esquematiza la metodología anterior:

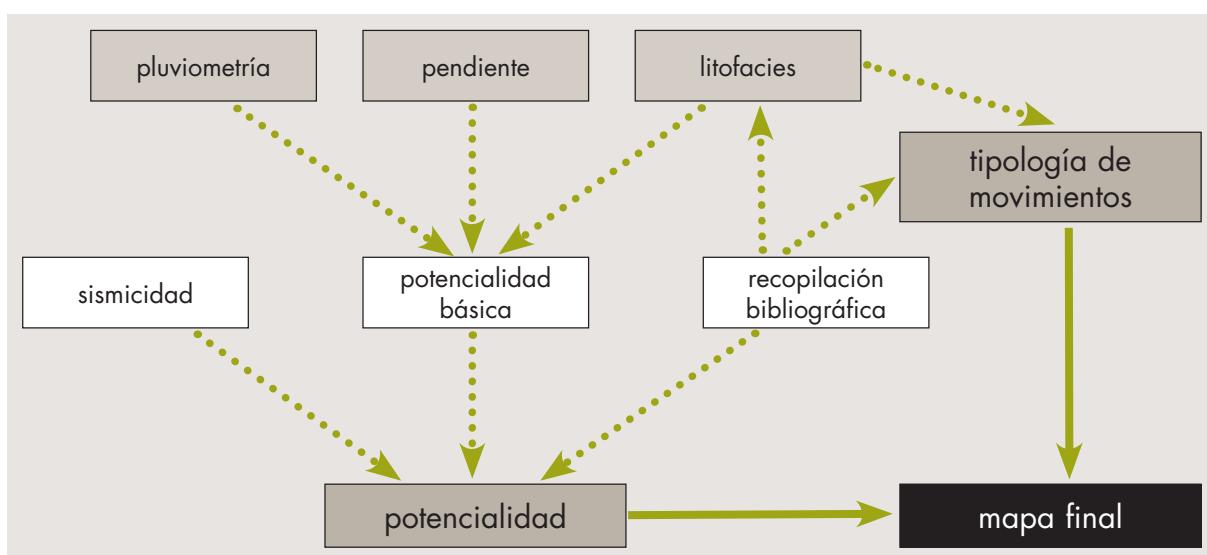


Figura 6. Esquema de la metodología para inventariar las zonas potenciales de movimientos en masa.

2.5. Erosión en cauces

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.

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 (τ); 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:

γ : 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:

Ψ : coeficiente que varía según distintas experiencias y autores

d: diámetro característico de los materiales del lecho

γ_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 (γ), 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 (I) 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 (γ_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.

A continuación, para cada uno de estos factores se señala la clasificación establecida y los valores asignados a cada intervalo. Mediante la combinación de todos ellos se obtiene, finalmente, el riesgo de erosión en cauces por unidades hidrológicas.

– *Factor pendiente:*

Pendiente (%)	Valor
≤ 5	1
$> 5 \text{ y } \leq 10$	2
$> 10 \text{ y } \leq 20$	3
$> 20 \text{ y } \leq 30$	4
$> 30 \text{ y } \leq 50$	5
> 50	6

– *Factor litología.* En primer lugar, a cada litofacies presente en la unidad hidrológica se le asigna un valor según la tabla siguiente, en la que las distintas litofacies están agrupadas según el grado de erosionabilidad de los materiales:

Litofacies	Erosionabilidad	Valor
Rocas sedimentarias y metamórficas resistentes	Baja	1
Rocas plutónicas, filonianas y metamórficas muy resistentes o de muy alto grado de metamorfismo	Baja	1
Rocas sedimentarias poco resistentes. Rocas metamórficas poco resistentes o blandas	Media	2
Alternancia de rocas sedimentarias blandas y duras. Rocas metamórficas algo resistentes	Media	2
Formaciones volcánicas recientes	Media	2
Formaciones volcánicas antiguas	Media	2
Formaciones superficiales no consolidadas	Alta	3
Formaciones superficiales consolidadas	Alta	3
Rocas sedimentarias blandas	Alta	3
Depósitos antrópicos	Alta	3

Posteriormente se calcula la media ponderada de estos valores en función de la superficie existente de cada tipo. El valor y calificación que finalmente se asigna a la unidad hidrológica en función de esta media ponderada se da a continuación:

Media ponderada	Erosionabilidad	Valor
>1,00 y ≤1,66	Baja	1
>1,66 y ≤2,33	Media	2
>2,33 y ≤3,00	Alta	3

– *Factor intensidad de precipitación:*

T100 (mm)	Valor
≤50	1
>50 y ≤100	2
>100 y ≤150	3
>150 y ≤200	4
>200	5

– *Factor erosión laminar:*

Erosión laminar ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	Valor
≤5	1
>5 y ≤10	2
>10 y ≤25	3
>25 y ≤50	4
>50 y ≤100	5
>100 y ≤200	6
>200	7

– *Factor movimientos en masa.* En primer lugar, a cada nivel de potencialidad se le asigna un valor según la tabla siguiente:

Potencialidad de movimientos en masa	Valor
Nula o muy baja	1
Baja o moderada	2
Media	3
Alta	4
Muy alta	5

Posteriormente, igual que en el factor *litología*, en cada unidad hidrológica se calcula la media ponderada de estos valores en función de la superficie existente de

cada nivel. El valor y calificación que finalmente se asigna a la unidad hidrológica en función de esta media ponderada se da a continuación:

Media ponderada	Potencialidad de movimientos en masa	Valor
>1 y ≤2	Baja o moderada	1
>2 y ≤3	Media	2
>3 y ≤4	Alta	3
>4 y ≤5	Muy alta	4

Una vez asignado un valor a todos los factores para cada unidad hidrológica, éstos deben combinarse entre sí para obtener el valor cualitativo final del riesgo de erosión en cauces. 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*. En la figura 7 se resume el proceso seguido.

Dado que el presente trabajo se realiza con ámbito provincial, algunas unidades hidrológicas han quedado divididas por el límite administrativo. En este caso, los factores de cálculo se han obtenido para la superficie de dichas unidades hidrológicas incluida en la provincia estudiada.

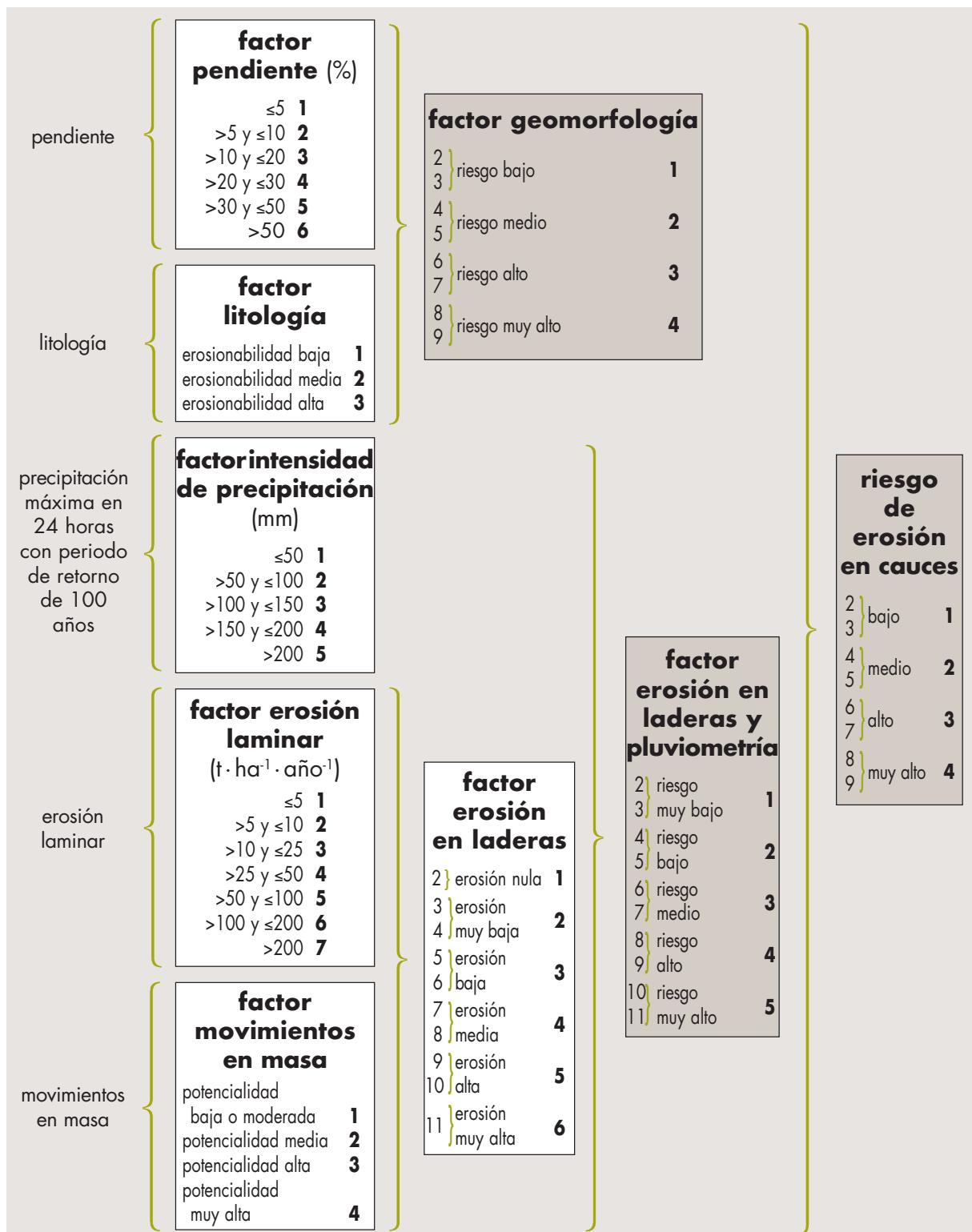


Figura 7. Esquema del proceso seguido para asignar un valor de riesgo de erosión en cauces en una unidad hidrológica.

2.6. Erosión eólica

Para la realización de este estudio se sigue 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 permitirá, a priori, cuantificar la erosión eólica, pero sí cualificarla y diferenciar áreas o paisajes erosivos diferentes.

Para definir el ámbito de estudio se identifican 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 estudian 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 asigna directamente el valor más bajo de riesgo.

El factor viento se extrae del Mapa Eólico Nacional de la Agencia Estatal de Meteorología, a escala 1:1.000.000 (figura 8).

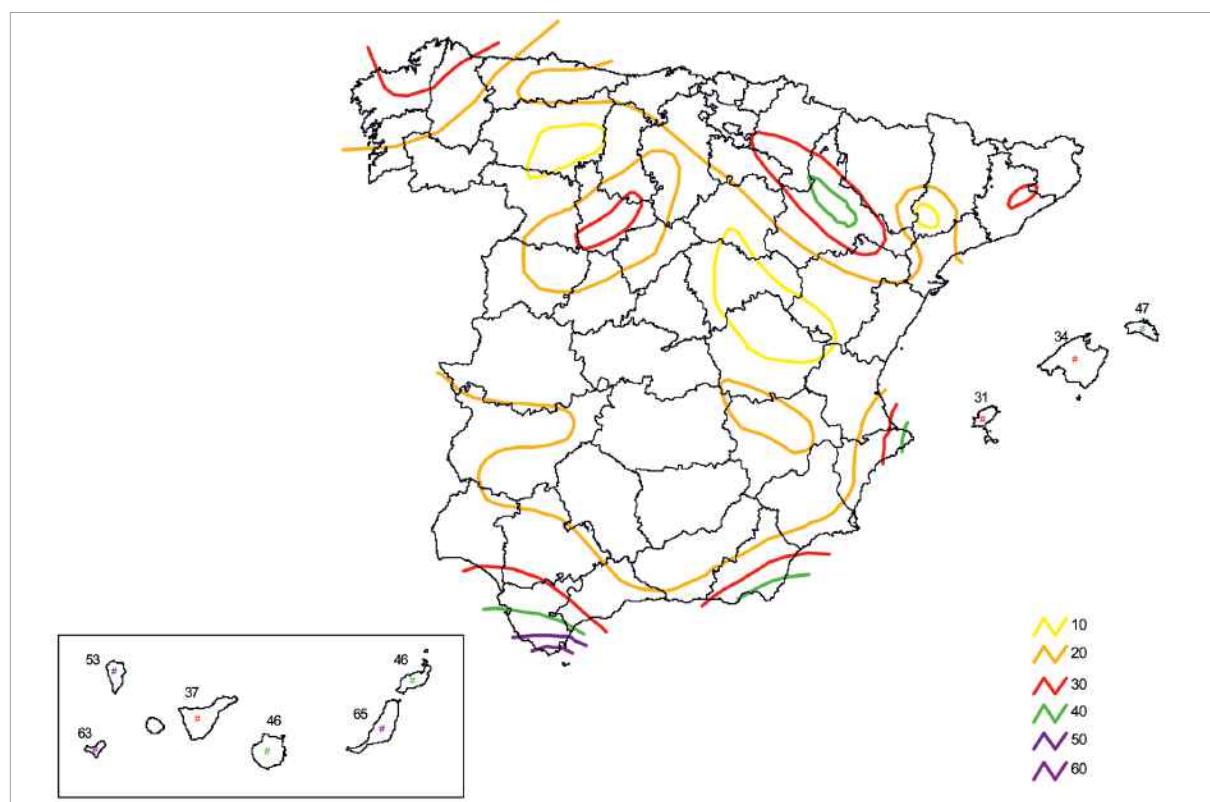


Figura 8. Mapa Eólico Nacional (Agencia Estatal de Meteorología).

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
≤ 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
Espartal	0,3
Improductivo	0,2

Por último se realiza 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
≥ 25 y ≤ 43	2
<25	3
Contenido en grava (%)	Índice
>60	1
≥ 50 y ≤ 60	2
≥ 40 y ≤ 50	3
≥ 30 y ≤ 40	4
≥ 20 y ≤ 30	5
≤ 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 $\leq 2,4$	3
$>0,8$ y $\leq 1,5$	4
$\leq 0,8$	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*.

A continuación se presenta un esquema de todo el proceso (figura 9).

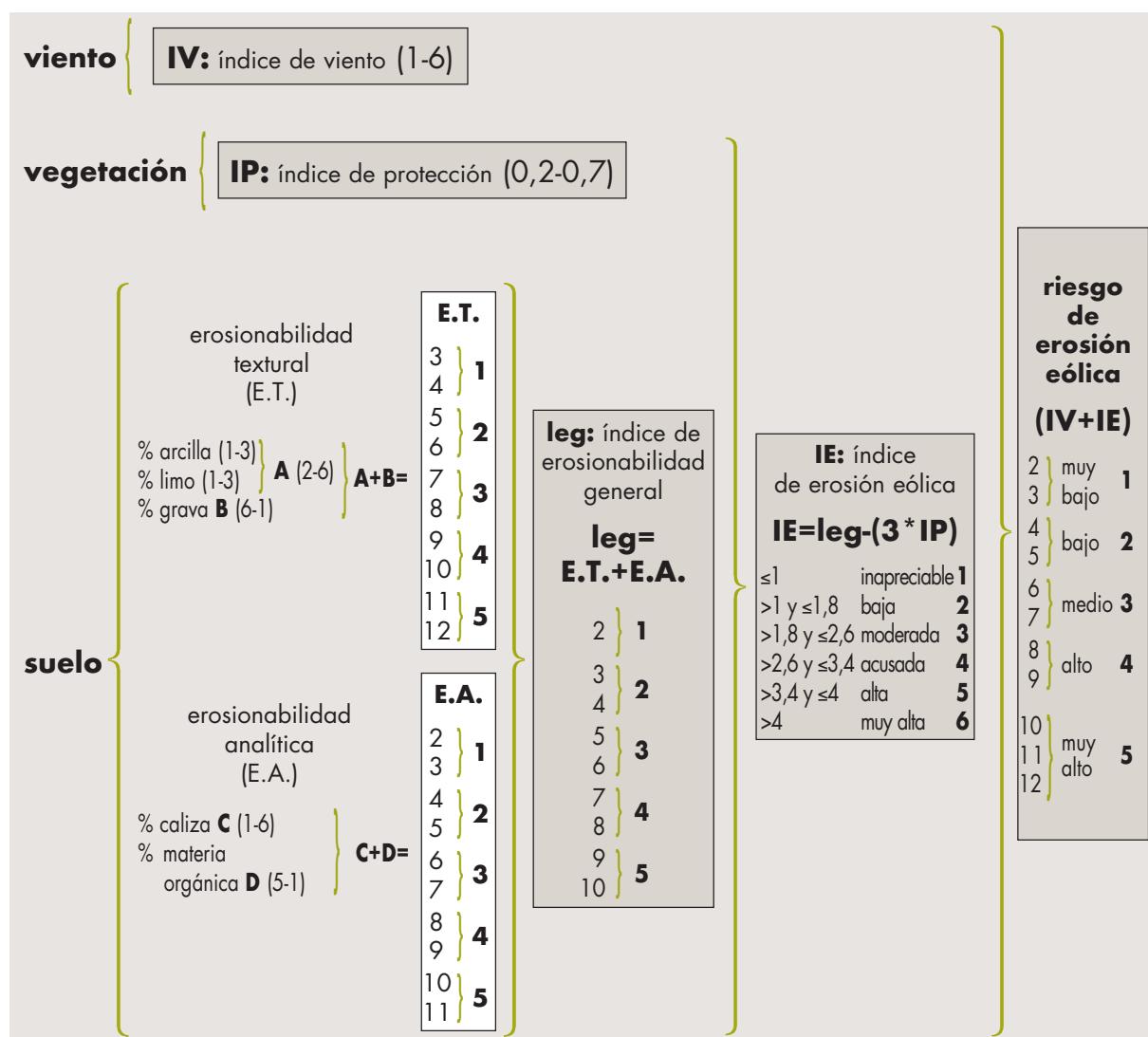
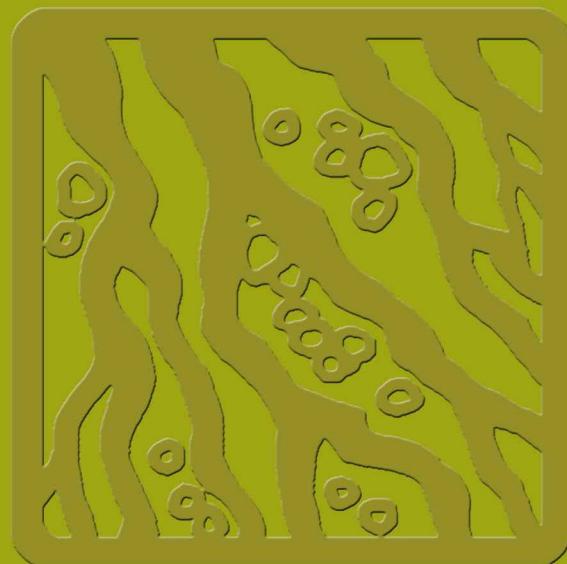


Figura 9. Esquema del cálculo del riesgo de erosión eólica en áreas de deflación.



3. Erosión laminar y en regueros en Gipuzkoa



Desde los puntos de vista cuantitativo y cualitativo, la erosión hídrica superficial de tipo laminar o en regueros es la que más interesa por su influencia en la degradación de los sistemas naturales, la pérdida de productividad de la tierra y la alteración de los procesos hidrológicos, especialmente cuando se considera la erosión acelerada antrópicamente, que es la que ocasiona las grandes pérdidas de suelo y está propiciada fundamentalmente por la roturación de terrenos en pendiente, la aplicación indiscriminada de prácticas agropecuarias inadecuadas, la deforestación o las grandes obras públicas.

Dada la importancia relativa que tiene esta forma de erosión, este trabajo busca no sólo la identificación de las zonas sometidas a estos procesos, sino también la estimación cuantitativa de las pérdidas de suelo que origina, mediante la aplicación de un modelo adecuado, para así obtener una cartografía de niveles erosivos actuales.

Tal y como se explica en la Metodología, la erosión laminar y en regueros se estima de forma cuantitativa mediante la aplicación del modelo RUSLE, que permite determinar las pérdidas de suelo medias anuales por unidad de superficie.

Para su representación y análisis se agrupan los valores de pérdidas medias de suelo, obtenidos en cada unidad elemental del territorio, en intervalos fijos denominados niveles erosivos.

El reparto porcentual de la superficie geográfica entre los diferentes niveles erosivos constituye, por tanto, el indicador principal que se proporciona para cada división territorial considerada, además del valor total de pérdidas de suelo anuales y el valor medio de pérdidas anuales por unidad de superficie.

En las tablas y mapas siguientes se recoge, en primer lugar, la información de partida utilizada para la aplicación del modelo, ya sea climática, fisiográfica, litológica o de cubierta vegetal y uso del suelo.

Posteriormente, se resumen los datos referentes a la estratificación del territorio, el diseño del muestreo de campo y el proceso de datos.

Seguidamente, figura el mapa final de niveles erosivos y las tablas que permiten realizar el análisis de los resultados obtenidos según los principales factores que intervienen en el fenómeno y según las distintas clasificaciones territoriales.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se realiza también la cualificación de los valores de erosión obtenidos en función de la fragilidad del suelo o tolerancia a la erosión, estimada a su vez a partir del espesor del horizonte orgánico y la profundidad total del perfil del suelo.



A continuación, se comparan los resultados obtenidos con la información disponible en los Mapas de Estados Erosivos, con todas las salvedades respecto a las diferencias metodológicas y de escala existentes entre ambos trabajos.

Posteriormente, se presenta una estimación de la erosión potencial de tipo laminar y en regueros, obtenida considerando únicamente los factores físicos del proceso (precipitación, suelo y relieve).

Finalmente, se incluye una aproximación a la identificación de suelos esqueléticos y/o degradados probablemente como consecuencia de fenómenos de erosión laminar y en regueros acontecidos en el pasado.





3.1. Información de partida

A) Climatología

La información climática de partida utilizada para el estudio de la erosión laminar y en regueros se resume en los siguientes mapas y sus correspondientes tablas:

Mapa 3.1.1. Estaciones meteorológicas utilizadas de la provincia de Gipuzkoa.

Tabla 3.1.1. Estaciones meteorológicas utilizadas de la provincia de Gipuzkoa.

Mapa 3.1.2. Subregiones fitoclimáticas.

Tabla 3.1.2. Superficies según subregiones fitoclimáticas.

Mapa 3.1.3. Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años (T10).

Tabla 3.1.3. Superficies según intervalos de T10.

Mapa 3.1.4. Factor R (índice de erosión pluvial).

Tabla 3.1.4. Superficies según intervalos del factor R (índice de erosión pluvial).

En el CD-ROM adjunto se incluye además la siguiente tabla:

Tabla 3.1.1.b. Estaciones meteorológicas utilizadas de las provincias limítrofes con Gipuzkoa.



Mapa 3.1.1. Estaciones meteorológicas utilizadas de la provincia de Gipuzkoa



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Tipo de estación	
▲	Completa
▼	Termopluviométrica
△	Pluviométrica

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.1. Estaciones meteorológicas utilizadas de la provincia de GIPUZKOA

Indicativo	Estación	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Tipo
1014	HONDARRIBIA-MALKARROA	01°47'32" W	43°21'25"	4	C
1024	SAN SEBASTIÁN (ATEGORRIETA)	01°57'02" W	43°19'20"	8	T
1031	ELDUAYEN	02°00'07" W	43°08'20"	256	P
1035	LASARTE-MICHELÍN	02°01'16" W	43°16'27"	85	T
1037	LEGAZPIA	02°20'04" W	43°03'30"	402	T
1021E	RENTERÍA (PRESA DEL AÑARBE)	01°52'47" W	43°12'40"	120	T
1024E	SAN SEBASTIÁN,IGUELDO	02°02'28" W	43°18'23"	251	C

Tipos de estaciones: C: completa; P: pluviométrica; T: termopluviométrica.



Mapa 3.1.2. Subregiones fitoclimáticas



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Subregiones fitoclimáticas	
VI(V) Nemoral genuino fresco-tibio	
VI Nemoral genuino fresco	
VIII(VI) Oroborealoide subnemoral	

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
Elaboración propia según J.L. Allué, 1990.



Tabla 3.1.2. Superficies según subregiones fitoclimáticas

Subregiones fitoclimáticas		Superficie geográfica	
		ha	%
VI(V)	Nemoral genuino fresco-tíbio	184.524,38	93,18
VI	Nemoral genuino fresco	12.568,50	6,35
VIII(VI)	Oroborealoide subnemoral	939,45	0,47
TOTAL		198.032,33	100,00



Mapa 3.1.3. Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años (T10)



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal

T10 (mm)
≤ 25
> 25 y ≤ 50
> 50 y ≤ 75
> 75 y ≤ 100
> 100 y ≤ 125
> 125 y ≤ 150
> 150

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.3. Superficies según intervalos de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años (T10)

Precipitación máxima en 24 h para un periodo de retorno de 10 años (mm)	Superficie geográfica	
	ha	%
≤ 25	0,00	0,00
> 25 y ≤ 50	0,00	0,00
> 50 y ≤ 75	0,00	0,00
> 75 y ≤ 100	109.176,73	55,13
> 100 y ≤ 125	88.855,60	44,87
> 125 y ≤ 150	0,00	0,00
> 150	0,00	0,00
TOTAL	198.032,33	100,00
Valor medio: 98,4		



Mapa 3.1.4. Factor R (índice de erosión pluvial)



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Factor R ($10^{-2} \cdot J \cdot cm \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$)	
≤ 50	Dark Blue
$> 50 y \leq 100$	Medium-Dark Blue
$> 100 y \leq 150$	Light Blue
$> 150 y \leq 200$	Cream
$> 200 y \leq 250$	Yellow-Gold
$> 250 y \leq 300$	Orange-Yellow
$> 300 y \leq 350$	Red-Orange
$> 350 y \leq 400$	Dark Red
> 400	Very Dark Red

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.4. Superficies según intervalos del factor R (índice de erosión pluvial)

Factor R (índice de erosión pluvial) ($10^2 \cdot J \cdot cm \cdot m^2 \cdot h^{-1}$)	Superficie geográfica	
	ha	%
≤ 50	0,00	0,00
> 50 y ≤ 100	0,00	0,00
> 100 y ≤ 150	15.071,76	7,61
> 150 y ≤ 200	91.023,19	45,96
> 200 y ≤ 250	66.992,82	33,83
> 250 y ≤ 300	24.944,56	12,60
> 300 y ≤ 350	0,00	0,00
> 350 y ≤ 400	0,00	0,00
> 400	0,00	0,00
TOTAL	198.032,33	100,00
Valor medio: 199,9		



B) Fisiografía

La información fisiográfica de partida utilizada para el estudio de la erosión laminar y en regueros se resume en los siguientes mapas y sus correspondientes tablas de superficies:

Mapa 3.1.5. Altimetría.

Tabla 3.1.5. Superficies según bandas altimétricas.

Mapa 3.1.6. Pendiente.

Tabla 3.1.6. Superficies según intervalos de pendiente.

Mapa 3.1.7. Orientación.

Tabla 3.1.7. Superficies según orientación.

Mapa 3.1.8. Longitud de ladera.

Tabla 3.1.8. Superficies según intervalos de longitud de ladera.

Mapa 3.1.9. Factor LS.

Tabla 3.1.9. Superficies según intervalos del factor LS.



Mapa 3.1.5. Altimetría



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal

Altitud (m)	
≤ 500	
> 500	

Fuente: Modelo Digital del Terreno del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.5. Superficies según bandas altimétricas

Altitud (m)	Superficie geográfica	
	ha	%
≤ 500	140.554,45	70,98
> 500	57.477,88	29,02
TOTAL	198.032,33	100,00
Valor medio: 389,1		



Mapa 3.1.6. Pendiente



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Pendiente (%)
≤ 5
> 5 y ≤ 10
> 10 y ≤ 20
> 20 y ≤ 30
> 30 y ≤ 50
> 50

Fuente: Modelo Digital del Terreno del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.6. Superficies según intervalos de pendiente

Pendiente (%)	Superficie geográfica	
	ha	%
≤ 5	6.262,99	3,16
> 5 y ≤ 10	8.024,30	4,05
> 10 y ≤ 20	24.319,83	12,28
> 20 y ≤ 30	38.164,63	19,27
> 30 y ≤ 50	76.711,45	38,74
> 50	44.549,13	22,50
TOTAL	198.032,33	100,00
Valor medio: 36,5		



Mapa 3.1.7. Orientación



Signos convencionales

- Autopista / Autovía
- Carretera nacional
- Río
- Ferrocarril
- Límite municipal

Orientación

- | Orientación |
|-------------------|
| Solana |
| Umbría |
| Todos los vientos |

Fuente: Modelo Digital del Terreno del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.7. Superficies según orientación

Orientación	Superficie geográfica	
	ha	%
Solana	108.454,74	54,77
Umbría	75.290,30	38,02
Todos los vientos	14.287,29	7,21
TOTAL	198.032,33	100,00



Mapa 3.1.8. Longitud de ladera



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal

Longitud de ladera (m)	
≤ 50	
> 50 y ≤ 100	
> 100 y ≤ 150	
> 150 y ≤ 200	
> 200 y ≤ 300	
> 300	

Fuente: Modelo Digital del Terreno del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.8. Superficies según intervalos de longitud de ladera

Longitud de ladera (m)	Superficie geográfica	
	ha	%
≤ 50	42.905,77	21,67
> 50 y ≤ 100	53.718,85	27,12
> 100 y ≤ 150	39.290,45	19,84
> 150 y ≤ 200	21.474,71	10,84
> 200 y ≤ 300	25.102,23	12,68
> 300	15.540,32	7,85
TOTAL	198.032,33	100,00
Valor medio: 129,4		



Mapa 3.1.9. Factor LS



Signos convencionales

—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal
—	Láminas de agua superficiales
—	Superficies artificiales

Factor LS

< 1
≥ 1 y < 2
≥ 2 y < 5
≥ 5 y < 10
≥ 10 y < 20
≥ 20 y < 40
≥ 40

Fuente: Modelo Digital del Terreno del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.9. Superficies según intervalos del factor LS

Factor LS	Superficie geográfica	
	ha	%
< 1	6.862,27	3,47
≥ 1 y < 2	6.071,23	3,07
≥ 2 y < 5	29.166,17	14,73
≥ 5 y < 10	78.205,27	39,49
≥ 10 y < 20	71.969,24	36,34
≥ 20 y < 40	5.098,70	2,57
≥ 40	659,45	0,33
TOTAL	198.032,33	100,00
Valor medio: 9,2		



C) Litología

Para la elaboración de la cartografía correspondiente al substrato geológico de los suelos, se ha realizado una agrupación litológica a partir del Mapa Geológico Nacional del IGME, a escala 1:50.000, en función de la susceptibilidad a la erosión hídrica. En la provincia de Gipuzkoa aparecen siete litofacies erosivas, cuya descripción general es la siguiente:

- *Formaciones superficiales no consolidadas*: llanuras de inundación, abanicos aluviales, conos de deyección, cubetas de descalcificación, depósitos de playas, turberas y depósitos de deslizamientos del Holoceno; y depósitos aluviales, coluviones, derrubios, canchales y depósitos de terrazas aluviales sin consolidar del Cuaternario en general.
- *Formaciones superficiales consolidadas*: Coluviones, abanicos aluviales, glacis y depósitos de terrazas aluviales del Pleistoceno; y depósitos glaciares de tipo morrena del Cuaternario en general.

Las dos anteriores litofacies se han agrupado en Gipuzkoa en una denominada: *Formaciones superficiales consolidadas y no consolidadas*.

- *Rocas sedimentarias blandas*: margas limosas del Jurásico; arcillas del Paleoceno – Eoceno; y margas azules del Eoceno.
- *Rocas sedimentarias poco resistentes. Rocas metamórficas poco resistentes o blandas*: limos, arcillas y arenas del Pérmico; arcillas abigarradas, margas yesíferas y yesos del Triásico; limos calcáreos, arcillas, argilitas, arenas, areniscas blandas y margas del Cretácico; y arcillas y margas del Paleoceno – Eoceno.

Las dos anteriores litofacies se han agrupado en Gipuzkoa en una denominada: *Rocas sedimentarias blandas y poco resistentes. Rocas metamórficas poco resistentes o blandas*.

- *Alternancia de rocas sedimentarias blandas y duras. Rocas metamórficas algo resistentes y alternancia de rocas metamórficas blandas y resistentes*: rocas metamórficas como esquistos, grauvacas y pizarras del Devónico – Carbonífero; alternancias de rocas sedimentarias blandas y duras como arcillas y margas con areniscas, calizas y dolomías del Triásico; limos, arcillas, arenas, argilitas, margas y margocalizas con calizas, calizas margosas, dolomías, areniscas y



conglomerados del Jurásico – Cretácico; arcillas, margas y margocalizas con areniscas, conglomerados, calizas arenosas, calizas y formaciones tipo flysch de arcillas del Paleoceno – Eoceno.

- *Rocas sedimentarias y metamórficas resistentes:* rocas metamórficas como pizarras, esquistos, brechas, conglomerados, calizas marmóreas y sedimentarias como calizas, dolomías y areniscas del Devónico – Carbonífero; areniscas, conglomerados, brechas, calizas y dolomías del Triásico; calizas, dolomías y carniolas del Jurásico; calizas, margocalizas, calcarenitas, areniscas y conglomerados del Cretácico; y areniscas, microconglomerados, calcarenitas, calizas y dolomías del Paleoceno – Eoceno.
- *Rocas plutónicas, filonianas, metamórficas muy resistentes o de muy alto grado de metamorfismo y volcánicas antiguas:* roca plutónicas y filonianas como granitoides, filones de cuarzo y silexitas del Carbonífero; volcánicas como basaltos del Pérmico; ofitas del Triásico; y basaltos, espilitas y tobas volcánicas del Cretácico.





Mapa 3.1.10. Litofacies erosivas



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Litofacies erosivas	
Formaciones superficiales no consolidadas	
Formaciones superficiales consolidadas	
Rocas sedimentarias blandas	
Rocas sedimentarias poco resistentes. Rocas metamórficas poco resistentes o blandas	
Alternancia de rocas sedimentarias blandas y duras. Rocas metamórficas algo resistentes...	
Rocas sedimentarias y metamórficas resistentes	
Rocas plutónicas, filonianas y metamórficas muy resistentes o de muy alto grado de metamorfismo	
Láminas de agua superficiales y humedales	

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.10. Agrupación litológica según susceptibilidad a la erosión hídrica

Litofacies erosivas	Superficie geográfica	
	ha	%
Formaciones superficiales consolidadas y no consolidadas	7.269,04	3,67
Rocas sedimentarias blandas y poco resistentes. Rocas metamórficas poco resistentes o blandas	16.496,16	8,33
Alternancia de rocas sedimentarias blandas y duras. Rocas metamórficas algo resistentes y alternancia de rocas metamórficas blandas y resistentes	106.423,62	53,74
Rocas sedimentarias y metamórficas resistentes	58.874,57	29,73
Rocas plutónicas, filonianas y metamórficas muy resistentes o de muy alto grado de metamorfismo	8.313,06	4,20
Láminas de agua superficiales y humedales	655,88	0,33
TOTAL	198.032,33	100,00

Nota: La superficie ocupada por núcleos urbanos aparece incluida en el tipo de litofacies erosiva correspondiente.



D) Vegetación y usos del suelo

Para la clasificación de la vegetación y usos del suelo (mapa y tabla 3.1.11) se parte de la información del Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50), clasificando las formaciones forestales arboladas (coníferas, frondosas, mixtas y plantaciones forestales de turno corto) en función de los datos de especie, ocupación y fracción de cabida cubierta contenidos en dicho mapa. Dado que el MFE50 carece de información acerca de las formaciones forestales desarboladas (matorral, herbazal, desiertos y semidesiertos de vegetación), estas se han clasificado según el nivel evolutivo definido por J. Ruiz de la Torre en el Mapa Forestal de España 1:200.000. Dicho concepto de nivel evolutivo o nivel de madurez representa el grado de organización, diversidad, acumulación de biomasa, estabilidad y papel protector de una determinada formación vegetal. Los niveles se escalonan entre el desierto y las vegetaciones estables teóricas que suponen una realización óptima y continua de la máxima potencialidad de la estación.

De este modo, en la provincia de Gipuzkoa, los tipos de formaciones que conforman las clases de matorral y herbazal son las siguientes:

- Matorral con nivel evolutivo muy alto o alto: arbustedo mixto caducifolio, bojedo, espinar, matorral mixto, pastizal leñoso mixto de especies hidrófilas en dominios de bosque caducifolio, tojar extramediterráneo (mezcla de tojar con matorral mixto) y tojar.
- Matorral con nivel evolutivo medio o bajo: brezal xerófilo mixto, helechar mixto bajo la Timberline y helechar de altura.
- Herbazal: césped denso de altura, pastizal leñoso mixto de especies hidrófilas en dominios de bosque caducifolio, pastizal mesófilo, prado de diente, helechar mixto bajo Timberline, prado de siega, pastizal estacional denso y césped en general.



Mapa 3.1.11. Vegetación y usos del suelo



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal

Vegetación y usos del suelo
Forestal arbulado:
Con predominio de coníferas
Con predominio de frondosas
Mixto
Plantaciones forestales (eucalipto)
Forestal desarbolado:
Matorral
Herbazal
Desiertos y semidesiertos de vegetación
Cultivos agrícolas:
Praderas y pastizales
Otros cultivos
Otras superficies:
Láminas de agua superficiales y humedales
Superficies artificiales

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Elaboración propia.



Tabla 3.1.11. Superficies según clases de vegetación y usos del suelo

Vegetación y usos del suelo	Superficie geográfica	
	ha	%
Forestal arbolado coníferas	67.851,21	34,27
Forestal arbolado frondosas	52.247,78	26,38
Forestal arbolado mixto	1.945,63	0,98
Plantaciones forestales (eucalipto)	591,90	0,30
TOTAL FORESTAL ARBOLADO	122.636,52	61,93
Matorral	15.896,19	8,02
Herbazal	4.967,98	2,51
Desiertos y semidesiertos de vegetación	3.024,11	1,53
TOTAL FORESTAL DESARBOLADO	23.888,28	12,06
Praderas y pastizales	32.111,41	16,22
Otros cultivos	5.987,43	3,02
TOTAL CULTIVOS	38.098,84	19,24
Láminas de agua superficiales y humedales	1.229,89	0,62
Superficies artificiales	12.178,80	6,15
TOTAL OTRAS SUPERFICIES	13.408,69	6,77
TOTAL	198.032,33	100,00



3.2. Estratificación y diseño de muestreo

Para la determinación de los valores de los factores K, C y P del modelo RUSLE en la provincia de Gipuzkoa, se han definido 21 estratos y 90 parcelas de campo, habiéndose levantado 89 al resultar una de ellas inaccesible y procesado 88 al coincidir otra de ellas con lámina de agua o superficie artificial. Dichos estratos provienen de la superposición de las capas temáticas de subregiones fitoclimáticas, altitud, pendiente, orientación, litología y vegetación o usos del suelo. En el CD-ROM adjunto se incluye la tabla 3.2.1 que resume la definición de los estratos, indicando los factores fijos y variables en cada uno de ellos, así como su superficie y el número de parcelas asignadas.

Los trabajos de campo se realizaron entre mayo y julio de 2018.



3.3. Resultados del trabajo de campo y proceso de datos

Una vez terminado el levantamiento de las parcelas de campo y el análisis de las muestras de suelo, se realiza el proceso de datos, calculando los factores K, C y P para cada parcela. Seguidamente, se calcula un valor medio por estrato del producto de los tres factores K·C·P. Posteriormente, se hace un análisis estadístico de dispersión resultando la agrupación de algunos estratos con otros de características similares, con el objeto de disminuir la dispersión obtenida.

En el CD-ROM adjunto se incluyen las siguientes tablas, que resumen el resultado del proceso de datos de campo y laboratorio:

Tabla 3.3.1. Factor K medio por litofacies erosiva.

Tabla 3.3.2. Factor C medio por vegetación o uso del suelo.

Tabla 3.3.3. Factor P medio por tipo de prácticas de conservación.

Tabla 3.3.4. Valores de K·C·P medios y análisis estadístico por estrato.

Nota: los valores del producto de los factores K·C·P aparecen multiplicados por 1.000 para facilitar su comparación.

3.4. Cálculo de pérdidas de suelo y agrupación en niveles erosivos



Los resultados del cálculo de pérdidas de suelo por erosión laminar y en regueros, la correspondiente agrupación en niveles erosivos y el análisis de los resultados obtenidos se resumen en el mapa, tablas y gráficos siguientes:

Mapa 3.4.1. Niveles erosivos.

Tabla 3.4.1. Pérdidas de suelo y superficie según niveles erosivos.

Gráfico 3.4.1. Superficie según niveles erosivos.

Tabla 3.4.2. Pérdidas de suelo y superficie según pendiente y vegetación.

Tabla 3.4.3. Pérdidas de suelo y superficie según términos municipales.

Tabla 3.4.4. Pérdidas de suelo y superficie según unidades hidrológicas (clasificación del Centro de Estudios Hidrográficos, CEH-CEDEX).

Tabla 3.4.5. Pérdidas de suelo y superficie según régimen de propiedad.

Tabla 3.4.6. Pérdidas de suelo y superficie según régimen de protección.

Los porcentajes de superficie de estas tablas se refieren a la superficie geográfica total de la provincia, siendo la superficie erosionable aquélla susceptible de sufrir procesos de erosión, calculada deduciendo de la superficie geográfica las superficies artificiales, láminas de agua superficiales y humedales.

Los datos de régimen de propiedad y régimen de protección han sido obtenidos del Tercer Inventory Forestal Nacional de Gipuzkoa.

En el CD-ROM adjunto se incluyen también las siguientes tablas:

Tabla 3.4.7. Pérdidas de suelo y superficie según pendiente y tipo de formación en terreno forestal arbolado.

Tabla 3.4.8. Pérdidas de suelo y superficie según pendiente y fracción de cabida cubierta en terreno forestal arbolado.

Tabla 3.4.9. Pérdidas de suelo y superficie según pendiente y tipo de formación en terreno forestal desarbolado.

Tabla 3.4.10. Pérdidas de suelo y superficie según pendiente y tipo de cultivo en terrenos agrícolas.

Tabla 3.4.11. Superficie según vegetación, pendiente y niveles erosivos.

Por otra parte, en el capítulo 9 (Cartografía), se incluye el mapa de erosión laminar y en regueros (Mapa nº 1), a escala 1:250.000.



Mapa 3.4.1. Niveles erosivos



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal

Pérdidas de suelo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	
≤ 5	
> 5 y ≤ 10	
> 10 y ≤ 25	
> 25 y ≤ 50	
> 50 y ≤ 100	
> 100 y ≤ 200	
> 200	
■	Láminas de agua superficiales y humedales
■	Superficies artificiales



Tabla 3.4.1. Pérdidas de suelo y superficie según niveles erosivos

Nivel erosivo (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	Superficie geográfica		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)
	ha	%	t·año ⁻¹	%	
1 ≤ 5	23.722,86	11,98	69.290,15	1,57	2,92
2 $> 5 \text{ y} \leq 10$	54.639,40	27,59	414.877,28	9,39	7,59
3 $> 10 \text{ y} \leq 25$	73.200,33	36,96	1.066.304,91	24,14	14,57
4 $> 25 \text{ y} \leq 50$	11.181,38	5,65	403.557,48	9,14	36,09
5 $> 50 \text{ y} \leq 100$	12.912,23	6,52	925.604,79	20,96	71,68
6 $> 100 \text{ y} \leq 200$	6.988,54	3,53	940.117,61	21,29	134,52
7 > 200	1.978,90	1,00	596.858,01	13,51	301,61
SUPERFICIE EROSIONABLE	184.623,64	93,23	4.416.610,23	100,00	23,92
8 Láminas de agua superficiales y humedales	1.229,89	0,62			
9 Superficies artificiales	12.178,80	6,15			
TOTAL	198.032,33	100,00			

Notas: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Los porcentajes de superficie están referidos a la superficie geográfica de la provincia.

El nivel erosivo 1 ($< 5 \text{ t·ha}^{-1}·\text{año}^{-1}$) incluye las superficies de desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos (3.024,11 ha)

Gráfico 3.4.1. Superficie según niveles erosivos (t·ha⁻¹·año⁻¹)

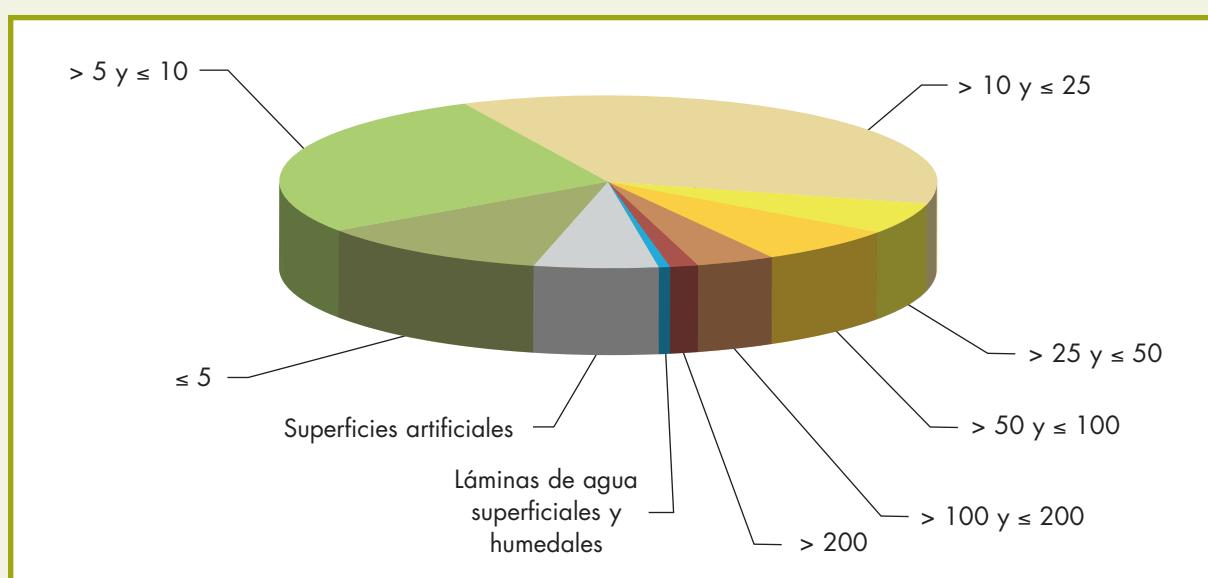




Tabla 3.4.2. Pérdidas de suelo y superficie según pendiente y vegetación

Pen-diente (%)	Vegetación	Superficie geográfica		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
		ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
≤ 5	Forestal arbolado	1.092,99	0,56	2.233,76	0,05	2,04
	Forestal desarbolado	377,57	0,19	322,61	0,01	0,85
	Cultivos	1.613,65	0,81	17.630,48	0,40	10,93
> 5 y ≤ 10	Forestal arbolado	2.078,78	1,05	6.955,16	0,15	3,35
	Forestal desarbolado	661,01	0,33	1.215,45	0,03	1,84
	Cultivos	2.667,24	1,35	57.672,38	1,31	21,62
> 10 y ≤ 20	Forestal arbolado	9.242,13	4,67	43.245,57	0,98	4,68
	Forestal desarbolado	2.684,75	1,36	9.074,42	0,20	3,38
	Cultivos	9.058,57	4,57	366.561,25	8,30	40,47
> 20 y ≤ 30	Forestal arbolado	20.701,26	10,45	140.318,35	3,18	6,78
	Forestal desarbolado	4.844,46	2,45	28.698,09	0,65	5,92
	Cultivos	10.666,65	5,39	748.242,86	16,94	70,15
> 30 y ≤ 50	Forestal arbolado	54.081,76	27,31	570.050,80	12,91	10,54
	Forestal desarbolado	9.295,98	4,69	91.297,69	2,06	9,82
	Cultivos	11.584,97	5,85	1.304.922,13	29,55	112,64
> 50	Forestal arbolado	35.439,60	17,89	526.180,58	11,91	14,85
	Forestal desarbolado	6.024,51	3,04	78.029,97	1,77	12,95
	Cultivos	2.507,76	1,27	423.958,68	9,60	169,06
SUPERFICIE EROSIONABLE		184.623,64	93,23	4.416.610,23	100,00	23,92
Láminas de agua superficiales y humedales		1.229,89	0,62			
Superficies artificiales		12.178,80	6,15			
TOTAL		198.032,33	100,00			

Notas: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.
Los porcentajes de superficie están referidos a la superficie geográfica de la provincia.



Tabla 3.4.3. Pérdidas de suelo y superficie según términos municipales

Término municipal	Superficie erosionable		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)
	ha	%	t·año ⁻¹	%	
Abaltzisketa	1.103,75	0,56	30.717,50	0,70	27,83
Aduna	641,93	0,32	16.596,85	0,38	25,85
Aia	5.395,46	2,72	198.174,13	4,48	36,73
Aizarnazabal	607,04	0,31	24.523,67	0,56	40,40
Albiztur	1.279,99	0,65	42.133,96	0,95	32,92
Alegia	721,18	0,36	17.638,68	0,40	24,46
Alkiza	1.183,80	0,60	40.705,61	0,92	34,39
Altzaga	246,48	0,12	9.039,40	0,20	36,67
Altzo	909,99	0,46	20.601,56	0,47	22,64
Amezketa	2.035,19	1,03	53.263,57	1,21	26,17
Andoain	2.412,07	1,22	63.878,54	1,45	26,48
Anoeta	375,57	0,19	11.088,36	0,25	29,52
Antzuola	2.703,95	1,37	46.665,37	1,06	17,26
Arama	117,08	0,06	3.547,38	0,08	30,30
Aretxabaleta	2.741,04	1,38	47.968,99	1,09	17,50
Arrasate o Mondragón	2.722,47	1,37	41.032,53	0,93	15,07
Asteasu	1.611,03	0,81	64.936,64	1,47	40,31
Astigarraga	1.034,89	0,52	50.890,04	1,15	49,17
Ataun	5.826,62	2,95	104.039,00	2,36	17,86
Azkoitia	5.247,61	2,65	136.389,48	3,09	25,99
Azpeitia	6.569,68	3,33	166.927,70	3,77	25,41
Baliarrain	266,99	0,13	10.238,17	0,23	38,35
Beasain	2.737,54	1,38	60.012,59	1,36	21,92
Beizama	1.619,78	0,82	41.981,88	0,95	25,92
Belauntza	321,40	0,16	15.392,98	0,35	47,89
Berastegi	4.524,37	2,28	86.200,44	1,95	19,05
Bergara	7.097,92	3,59	141.716,58	3,21	19,97
Berrobi	265,24	0,13	12.943,22	0,29	48,80
Bidegoyan	1.315,51	0,66	33.414,40	0,76	25,40
Comunidad de Amezketa y Ordizia (Sierra de Aralar)	3.408,62	1,72	23.574,04	0,53	6,92
Deba	4.792,87	2,42	153.646,67	3,48	32,06
Donostia-San Sebastián	4.003,52	2,02	112.536,48	2,55	28,11
Eibar	2.256,09	1,14	61.773,80	1,40	27,38
Eduain	2.488,18	1,26	40.275,54	0,91	16,19
Elgeta	1.621,97	0,82	24.512,84	0,56	15,11
Elgoibar	3.658,54	1,85	97.218,52	2,20	26,57

sigue ►►



Tabla 3.4.3. Pérdidas de suelo y superficie según términos municipales (cont.)

Término municipal	Superficie erosionable		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
	ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
Erreneria	2.791,64	1,41	66.082,56	1,50	23,67
Errezil	3.219,93	1,63	114.381,44	2,59	35,52
Eskoriatza	3.927,47	1,98	50.376,48	1,14	12,83
Ezkio-Itsaso	2.065,27	1,04	44.453,32	1,01	21,52
Gabiria	1.412,27	0,71	28.147,48	0,64	19,93
Gaintza	592,59	0,30	15.710,39	0,36	26,51
Gaztelu	909,80	0,46	19.510,55	0,44	21,44
Getaria	1.000,55	0,51	54.023,03	1,22	53,99
Hernani	3.584,36	1,81	103.879,27	2,35	28,98
Hernialde	412,47	0,21	16.194,98	0,37	39,26
Hondarribia	2.437,02	1,23	57.838,50	1,31	23,73
Ibarra	454,87	0,23	21.019,35	0,48	46,21
Idiazabal	2.726,66	1,38	39.840,40	0,90	14,61
Ikaztegieta	178,06	0,09	5.068,52	0,11	28,47
Irun	3.327,56	1,68	103.694,20	2,35	31,16
Irura	248,48	0,13	5.197,88	0,12	20,92
Itsasondo	857,52	0,43	20.061,26	0,45	23,39
Larraul	582,71	0,29	25.684,90	0,58	44,08
Lasarte-Oria	429,23	0,22	16.716,70	0,38	38,95
Lazkao	1.026,01	0,52	19.950,23	0,45	19,44
Leaburu	333,98	0,17	15.056,38	0,34	45,08
Legazpi	3.968,93	2,00	48.189,80	1,09	12,14
Legorreta	797,04	0,40	20.349,89	0,46	25,53
Leintz-Gatzaga	1.453,92	0,73	15.122,35	0,34	10,40
Lezo	733,06	0,37	20.201,94	0,46	27,56
Lizartza	1.214,07	0,61	34.509,95	0,78	28,43
Mendaro	2.461,73	1,24	50.069,62	1,13	20,34
Mutiloa	820,93	0,41	13.029,19	0,30	15,87
Mutriku	2.647,67	1,34	63.711,58	1,44	24,06
Oiartzun	5.494,47	2,78	172.160,06	3,89	31,33
Olaberria	612,35	0,31	15.522,05	0,35	25,35
Onati	10.444,37	5,28	133.295,68	3,02	12,76
Ordizia	459,50	0,23	11.415,18	0,26	24,84
Orendain	624,80	0,32	17.721,99	0,40	28,36
Orexu	582,08	0,29	19.238,32	0,44	33,05
Orio	827,00	0,42	27.702,89	0,63	33,50
Ormaiztegi	603,72	0,30	8.058,82	0,18	13,35

sigue ►



Tabla 3.4.3. Pérdidas de suelo y superficie según términos municipales (cont.)

Término municipal	Superficie erosionable		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
	ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
Parzonería de Guipúzcoa y Álava	3.677,68	1,86	21.092,47	0,48	5,74
Pasaia	964,84	0,49	22.662,33	0,51	23,49
Segura	883,54	0,45	18.748,39	0,42	21,22
Soraluze/Placencia de las Armas	1.337,84	0,68	46.337,17	1,05	34,64
Tolosa	3.483,54	1,76	109.016,01	2,47	31,29
Urnieta	2.086,41	1,05	56.967,73	1,29	27,30
Urretxu	675,21	0,34	15.361,57	0,35	22,75
Usurbil	2.304,18	1,16	68.407,92	1,55	29,69
Villabona	1.632,42	0,82	43.056,84	0,97	26,38
Zaldibia	1.604,90	0,81	47.448,24	1,07	29,56
Zarautz	1.166,29	0,59	50.962,61	1,15	43,70
Zegama	3.409,06	1,72	45.044,08	1,02	13,21
Zerain	1.020,88	0,52	16.019,82	0,36	15,69
Zestoa	4.181,52	2,11	130.754,01	2,96	31,27
Zizurkil	1.491,82	0,75	34.347,05	0,78	23,02
Zumaia	889,23	0,45	31.888,08	0,72	35,86
Zumarraga	1.684,83	0,85	39.111,67	0,89	23,21
TOTAL	184.623,64	93,23	4.416.610,23	100,00	23,92

Notas: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Los porcentajes de superficie están referidos a la superficie geográfica de la provincia.



Tabla 3.4.4. Pérdidas de suelo y superficie según unidades hidrológicas (CEH-CEDEX)

Unidad hidrológica			
Número	Nombre	Desde	Hasta
1011	Endara		
1012	Bidasoa	Endara	Mar
1013	Bidasoa - Oyarzun	Bidasoa	Oyarzun
1014	Oyarzun		
1015	Oyarzun - Urumea	Oyarzun	Urumea
1017	Anarbe		
1018	Urumea	Anarbe	Mar
1019	Urumea - Oria	Urumea	Oria
1020	Oria	Origen	Amezqueta
1021	Amezqueta		
1022	Oria	Amezqueta	Arratxe
1023	Arratxe		
1024	Oria	Arratxe	Celai
1025	Celai		
1026	Oria	Celai	Leizarán
1027	Leizarán		
1028	Oria	Leizarán	Mar
1029	Oria - Urola	Oria	Urola
1030	Urola	Origen	Regil
1031	Regil		
1032	Urola	Regil	Alzolares
1033	Alzolares		
1034	Urola	Alzolares	Mar
1035	Urola - Deva	Urola	Deva
1036	Deva	Origen	Oñate
1037	Oñate	Origen	Urculu
1038	Urculu		
1039	Onate	Urculu	Deva
1040	Deva	Onate	Ego
1041	Ego		
1042	Deva	Ego	Mar
1043	Deva - Artibay	Deva	Artibay
1044	Artibay		
1060	Elorrio		
9058	Zadorra	Origen	Santa Engracia
9220	Araquil	Origen	Altzania
9221	Altzania		
TOTAL			

Notas: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Los porcentajes de superficie están referidos a la superficie geográfica de la provincia.



	Superficie erosionable		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)
	ha	%	t·año ⁻¹	%	
	356,18	0,18	7.219,52	0,16	20,27
	2.035,63	1,03	61.607,85	1,39	30,26
	4.669,85	2,36	126.980,61	2,88	27,19
	6.614,91	3,34	206.602,70	4,68	31,23
	766,46	0,39	28.271,37	0,64	36,89
	1.683,39	0,85	27.828,11	0,63	16,53
	7.247,97	3,66	223.764,04	5,07	30,87
	2.202,24	1,11	55.926,10	1,27	25,40
	32.978,24	16,64	655.525,12	14,85	19,88
	5.707,99	2,88	126.132,46	2,86	22,10
	2.158,15	1,09	75.149,23	1,70	34,82
	3.240,13	1,64	88.951,78	2,01	27,45
	50,66	0,03	2.739,42	0,06	54,07
	3.298,86	1,67	110.189,11	2,49	33,40
	7.544,54	3,81	278.076,60	6,30	36,86
	6.826,62	3,45	108.183,66	2,45	15,85
	9.923,84	5,01	321.468,40	7,28	32,39
	2.808,02	1,42	115.554,29	2,62	41,15
	12.111,93	6,11	245.921,71	5,57	20,30
	9.588,99	4,84	251.350,27	5,69	26,21
	4.676,10	2,36	127.834,32	2,89	27,34
	2.914,66	1,47	90.930,55	2,06	31,20
	3.386,85	1,71	123.779,36	2,80	36,55
	1.262,79	0,64	47.822,67	1,08	37,87
	8.670,11	4,38	132.247,37	2,99	15,25
	10.705,67	5,41	130.108,53	2,95	12,15
	2.360,66	1,19	28.753,50	0,65	12,18
	247,98	0,13	3.481,76	0,08	14,04
	10.651,21	5,38	230.580,86	5,22	21,65
	2.416,32	1,22	55.821,56	1,26	23,10
	9.383,85	4,74	245.374,30	5,56	26,15
	2.010,36	1,02	47.272,97	1,07	23,51
	504,97	0,25	12.827,40	0,29	25,40
	103,82	0,05	991,47	0,02	9,55
	701,79	0,35	3.280,24	0,07	4,67
	18,32	0,01	78,03	~0,00	4,26
	2.793,58	1,41	17.982,99	0,41	6,44
	184.623,64	93,23	4.416.610,23	100,00	23,92



Tabla 3.4.5. Pérdidas de suelo y superficie según régimen de propiedad

Régimen de propiedad	Superficie erosionable		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
	ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	6.807,10	3,44	101.576,81	2,30	14,92
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	654,19	0,33	11.449,41	0,26	17,50
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. consorciados o conveniados	2.266,72	1,14	23.874,46	0,54	10,53
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	24.386,50	12,31	256.728,35	5,81	10,53
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	3.461,90	1,75	56.753,89	1,29	16,39
Montes de propiedades peculiares no consorciados ni conveniados	892,73	0,45	17.955,99	0,41	20,11
Montes privados de particulares no consorciados ni conveniados y terrenos no forestales públicos o privados	139.784,88	70,59	3.828.220,60	86,67	27,39
Montes privados de empresas no consorciados ni conveniados	5.841,14	2,95	112.439,95	2,55	19,25
Montes privados de sociedades vecinales no consorciados ni conveniados	528,48	0,27	7.610,77	0,17	14,40
TOTAL	184.623,64	93,23	4.416.610,23	100,00	23,92

Notas: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Los porcentajes de superficie están referidos a la superficie geográfica de la provincia.



Tabla 3.4.6. Pérdidas de suelo y superficie según régimen de protección

Régimen de protección	Superficie erosionable		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
	ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
Parque Natural	31.521,45	15,92	417.640,38	9,46	13,25
Biotopo Protegido	632,62	0,32	16.828,60	0,38	26,60
Sin protección	152.469,57	76,99	3.982.141,25	90,16	26,12
TOTAL	184.623,64	93,23	4.416.610,23	100,00	23,92

Notas: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Los porcentajes de superficie están referidos a la superficie geográfica de la provincia.





3.5. Tolerancia a las pérdidas de suelo

El estudio de la tolerancia a las pérdidas de suelo por erosión laminar y en regueros y la consiguiente clasificación cualitativa de la erosión según la fragilidad del suelo, se resume en el mapa, tabla y gráfico siguientes:

Mapa 3.5.1. Clasificación cualitativa de la erosión según la fragilidad del suelo.

Tabla 3.5.1. Superficies según clasificación cualitativa de la erosión.

Gráfico 3.5.1. Superficies según clasificación cualitativa de la erosión.

En el CD-ROM que se adjunta, se incluye la tabla 3.5.2 en la que se muestra la clasificación cualitativa de la erosión por estrato en función de la fragilidad del suelo.



Mapa 3.5.1. Clasificación cualitativa de la erosión según la fragilidad del suelo

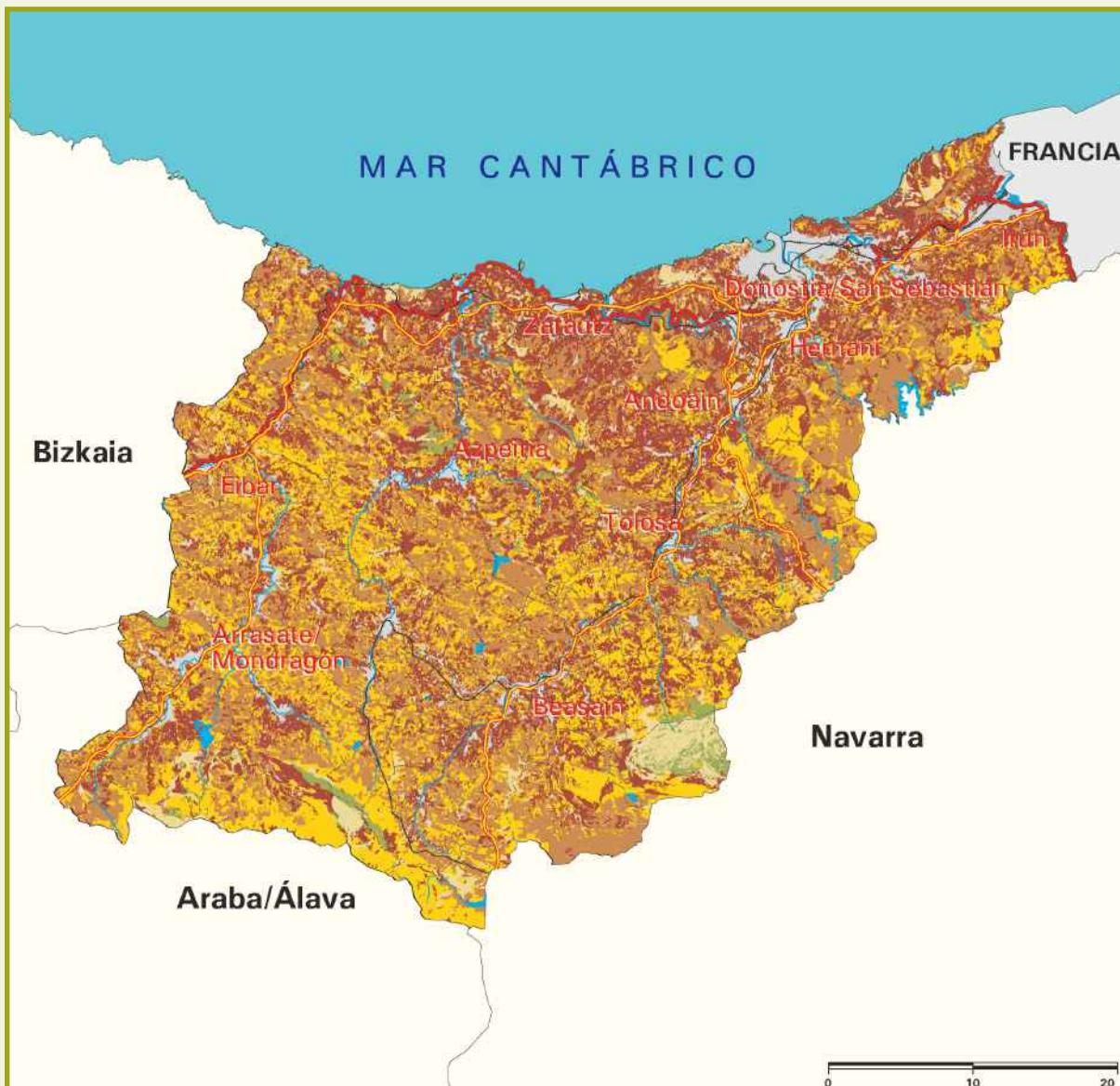


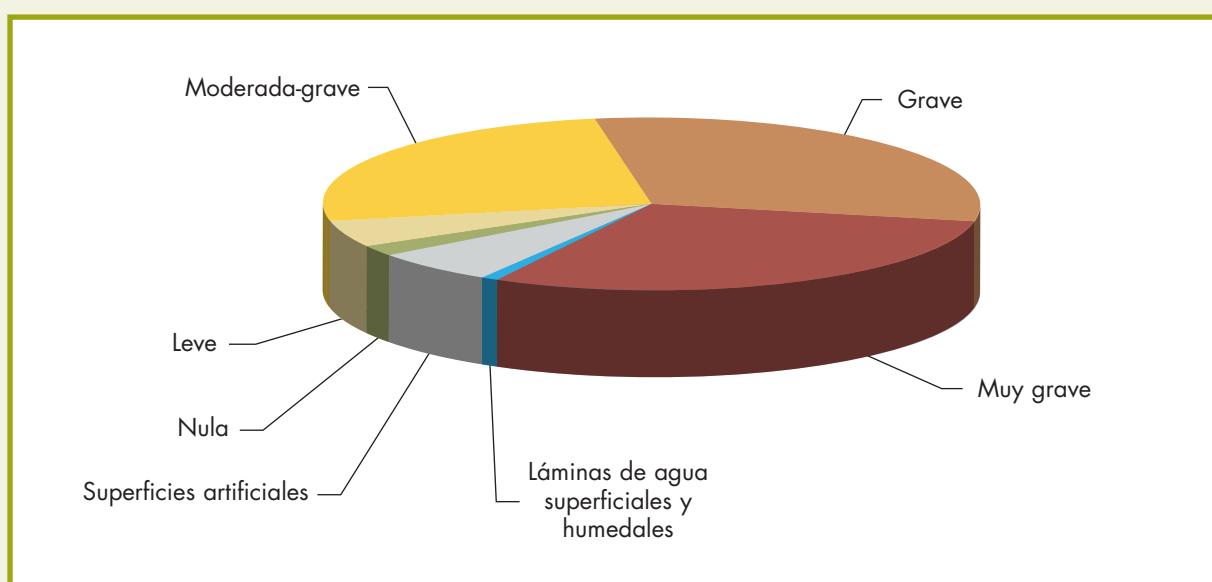


Tabla 3.5.1. Superficies según clasificación cualitativa de la erosión

Clasificación cualitativa de la erosión	Superficie geográfica	
	ha	%
Nula	3.024,11	1,53
Muy leve	0,00	0,00
Leve	10.303,47	5,20
Moderada-leve	0,00	0,00
Moderada-grave	51.523,66	26,02
Grave	61.152,37	30,88
Muy grave	58.620,03	29,60
SUPERFICIE EROSIONABLE	184.623,64	93,23
Láminas de agua superficiales y humedales	1.229,89	0,62
Superficies artificiales	12.178,80	6,15
TOTAL	198.032,33	100,00

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Gráfico 3.5.1. Superficies según clasificación cualitativa de la erosión







3.6. Comparaciones

El mapa 3.6.1 muestra los resultados obtenidos en Gipuzkoa por el Mapa de Estados Erosivos de las cuencas del Ebro (1987) y Norte (1988).

Las tablas 3.6.1.a y 3.6.1.b y el gráfico 3.6.1 permiten comparar los resultados del Mapa de Estados Erosivos con los obtenidos ahora por el Inventario Nacional de Erosión de Suelos. No obstante, antes de comentar las variaciones apreciadas, es preciso realizar las siguientes observaciones:

- a) Ambos productos difieren notablemente en la escala de trabajo (1:200.000 en el Mapa de Estados Erosivos y 1:50.000 en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos), por lo que parte de las diferencias encontradas pueden ser achacadas a una mayor precisión de la cartografía de base utilizada en el actual trabajo.
- b) La metodología utilizada en ambos casos también difiere sustancialmente, puesto que el modelo utilizado para los Mapas de Estados Erosivos (USLE) ha sido claramente actualizado y mejorado en la versión revisada (RUSLE) utilizada en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos, permitiendo incorporar nuevos factores (pedregosidad, efecto de las raíces subsuperficiales, etc.) que no contemplaba el modelo original y que, en general, dan como resultados tasas de pérdidas de suelo más ajustadas a lo observado en parcelas experimentales.

Dicho esto, se observa un incremento en el porcentaje de superficie con pérdidas de suelo por encima de $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, que pasa del 4,47% al 16,69%.



Mapa 3.6.1 Mapa de estados erosivos



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal

Pérdidas de suelo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	
≤ 5	
> 5 y ≤ 12	
> 12 y ≤ 25	
> 25 y ≤ 50	
> 50 y ≤ 100	
> 100 y ≤ 200	
> 200	
Agua	
Núcleos urbanos	

Fuente: Mapa de Estados Erosivos de las cuencas del Norte (1988) y del Ebro (1987).



Tabla 3.6.1.a Comparación de resultados
Mapa de Estados Erosivos. Resumen Nacional Escala 1:1.000.000

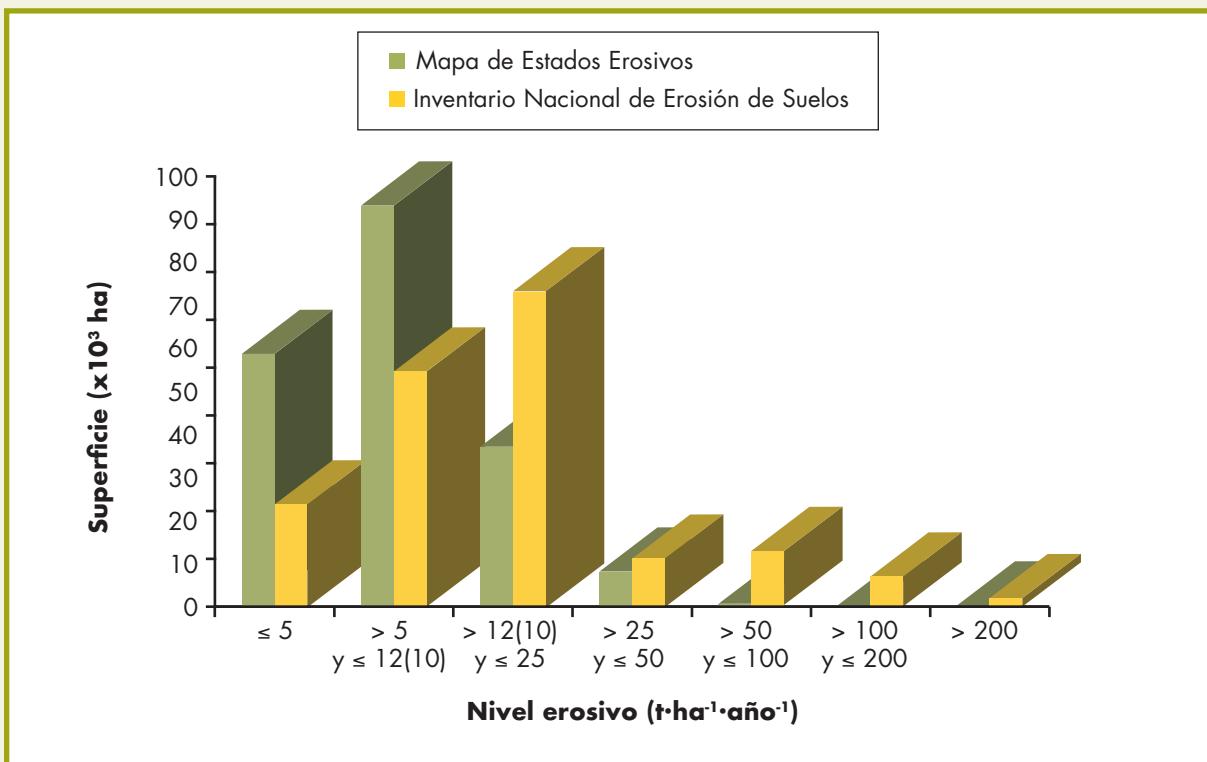
Nivel erosivo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	Superficie geográfica	
	ha	%
1	≤ 5	58.782,27
2	> 5 y ≤ 12	93.226,83
3	> 12 y ≤ 25	37.163,47
4	> 25 y ≤ 50	8.124,33
5	> 50 y ≤ 100	608,20
6	> 100 y ≤ 200	0,00
7	> 200	127,23
8	Agua	0,00
9	Núcleos urbanos	0,00
	TOTAL	198.032,33
		100,00

Tabla 3.6.1.b Comparación de resultados
Inventario Nacional de Erosión de Suelos

Nivel erosivo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	Superficie geográfica	
	ha	%
1	≤ 5	23.722,86
2	> 5 y ≤ 10	54.639,40
3	> 10 y ≤ 25	73.200,33
4	> 25 y ≤ 50	11.181,38
5	> 50 y ≤ 100	12.912,23
6	> 100 y ≤ 200	6.988,54
7	> 200	1.978,90
8	Láminas de agua superficiales y humedales	1.229,89
9	Superficies artificiales	12.178,80
	TOTAL	198.032,33
		100,00



Gráfico 3.6.1. Comparación de resultados





3.7. Erosión potencial (laminar y en regueros)

En el mapa 3.7.1 se representa la clasificación de la superficie en función de la potencialidad a presentar erosión laminar y en regueros, estimada según el procedimiento explicado en la Metodología.

En la tabla 3.7.1 aparecen los valores de las superficies correspondientes a cada clase, distinguiendo a su vez, en dicha tabla, los tres niveles considerados de capacidad climática de recuperación de la vegetación.

En el gráfico 3.7.1 se comparan las superficies de erosión potencial y actual, según niveles erosivos.



Mapa 3.7.1. Erosión potencial (laminar y en regueros)



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Erosión potencial de tipo laminar y en regueros ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	
≤ 5	
> 5 y ≤ 10	
> 10 y ≤ 25	
> 25 y ≤ 50	
> 50 y ≤ 100	
> 100 y ≤ 200	
> 200	
Láminas de agua superficiales y humedales	
Superficies artificiales	

Capacidad climática de recuperación de la vegetación	
Baja	
Media	
Alta	

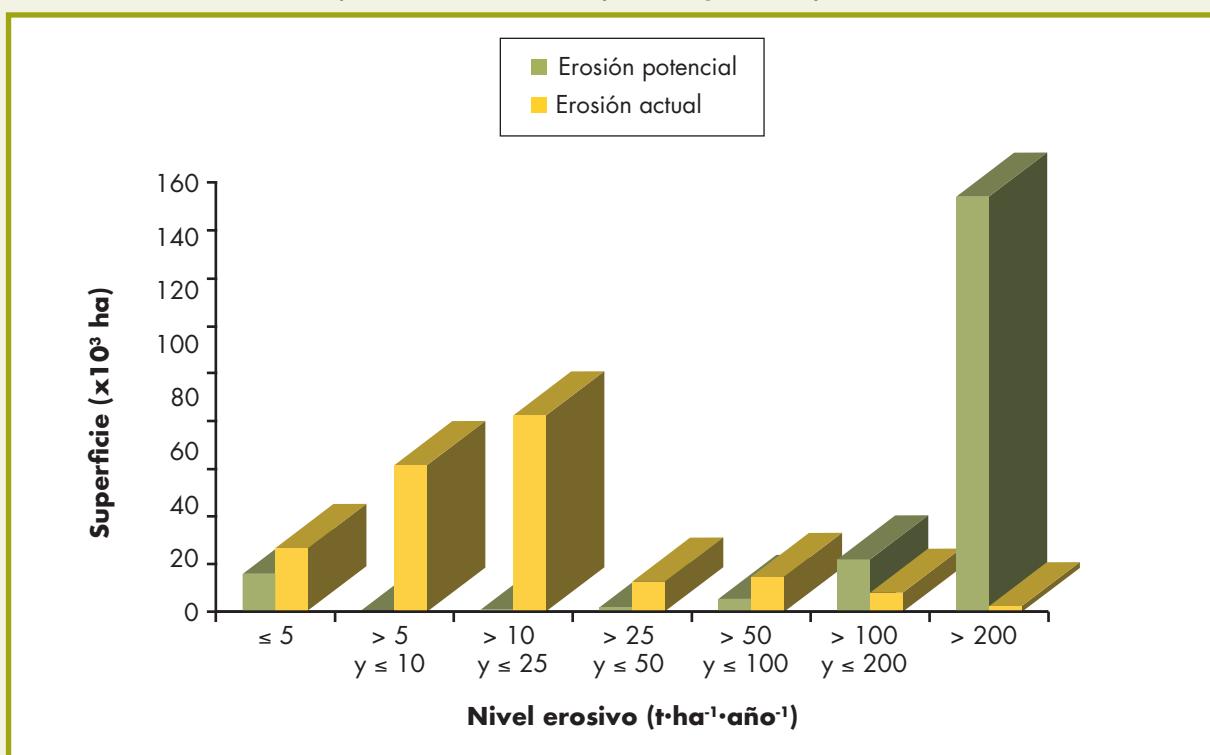


Tabla 3.7.1. Erosión potencial (laminar y en regueros)

Nivel erosivo (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	Capacidad climática de recuperación de la vegetación						Superficie geográfica	
	Baja		Media		Alta			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
≤ 5	0,00	0,00	0,00	0,00	3.364,65	1,70	3.364,65	1,70
> 5 y ≤ 10	0,00	0,00	0,00	0,00	138,34	0,07	138,34	0,07
> 10 y ≤ 25	0,00	0,00	0,00	0,00	694,91	0,35	694,91	0,35
> 25 y ≤ 50	0,00	0,00	0,00	0,00	1.579,38	0,80	1.579,38	0,80
> 50 y ≤ 100	0,00	0,00	0,00	0,00	4.701,56	2,37	4.701,56	2,37
> 100 y ≤ 200	0,00	0,00	0,00	0,00	19.443,47	9,82	19.443,47	9,82
> 200	0,00	0,00	0,00	0,00	154.701,33	78,12	154.701,33	78,12
SUPERFICIE EROSIONABLE	0,00	0,00	0,00	0,00	184.623,64	93,23	184.623,64	93,23
Láminas de agua superficiales y humedales	0,00	0,00	0,00	0,00	1.229,89	0,62	1.229,89	0,62
Superficies artificiales	0,00	0,00	0,00	0,00	12.178,80	6,15	12.178,80	6,15
TOTAL	0,00	0,00	0,00	0,00	198.032,33	100,00	198.032,33	100,00

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Gráfico 3.7.1. Erosión potencial (laminar y en regueros) y erosión actual





3.8. Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros

En el mapa 3.8.1 figuran los suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros, identificados de acuerdo con el procedimiento explicado en la Metodología, así como los estratos que se consideran como desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos.

En la tabla 3.8.1 aparecen los estratos que se han considerado como representativos de suelos esqueléticos y degradados por la erosión, incluyendo la descripción de los mismos, los valores medios de los parámetros utilizados en la clasificación, su tasa de erosión actual media, la cualificación de esta erosión según el apartado 3.5 y su superficie.

En el gráfico 3.8.1 se representan las superficies de los suelos esqueléticos y/o degradados por la erosión y los desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos.

La superficie total ocupada por los estratos de suelos esqueléticos y/o degradados por la erosión es de 15.445,95 ha, que supone un 8,37% de la superficie erosionable de la provincia y un 7,80% de su superficie geográfica.

Por otra parte, el estrato considerado como “desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos” (estrato 19) ocupa 3.024,11 ha, es decir, un 1,64% de la superficie erosionable de la provincia y un 1,53% de la superficie geográfica.



Mapa 3.8.1. Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros
Desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos

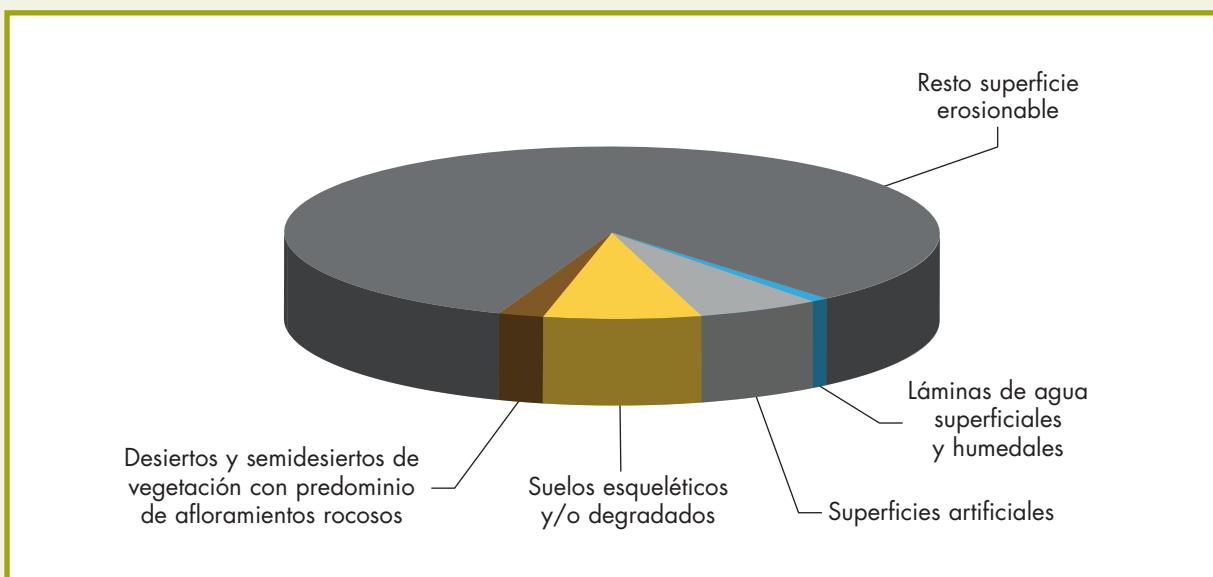


Tabla 3.8.1. Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros

Estrato	Descripción	Afloramientos rocosos (%)	Pedregosidad superficial (%)	Suelos someros (%)	Elementos gruesos (%)	Materia orgánica (%)	Pérdidas medias de suelo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	Clasificación cualitativa de la erosión	Superficie (ha)
2	- Forestal arbolado frondosas con Fcc > 66% - Alternancia de rocas sedimentarias blandas y duras. Rocas metamórficas algo resistentes y alternancia de rocas metamórficas blandas y resistentes - Clima VI(V): Nemoral genuino fresco-tíbico - Pendiente > 30% - Orientación Solanas - Varias altitudes	5,00	13,75	25,00	35,37	3,24	15,66	Grave	7.702,90
4	- Forestal arbolado frondosas con Fcc > 66% - Rocas sedimentarias y metamórficas resistentes - Clima VI(V): Nemoral genuino fresco-tíbico - Pendiente > 30% - Varias orientaciones - Varias altitudes	10,43	13,57	14,29	42,11	6,65	13,65	Grave	7.743,05
TOTAL									15.445,95



Gráfico 3.8.1. Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros





4. Erosión en cárcavas y barrancos en Gipuzkoa



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 litofacies 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 trata de determinar, como indicador de este tipo de fenómenos, la superficie afectada por los mismos.

En el mapa 4.1 se representan las zonas de erosión en cárcavas y barrancos identificadas mediante fotointerpretación, tal y como se explica en la Metodología. Las zonas identificadas abarcan una superficie total de 83,38 ha, que suponen el 0,05% de la superficie erosionable y el 0,04% de la geográfica de Gipuzkoa. Las tablas y gráficos siguientes permiten realizar un análisis detallado de los resultados obtenidos:



Tabla 4.1. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según niveles de erosión laminar y en regueros.

Gráfico 4.1. Superficie de zonas de erosión en cárcavas y barrancos.

Tabla 4.2. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según vegetación.

Tabla 4.3. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según términos municipales.

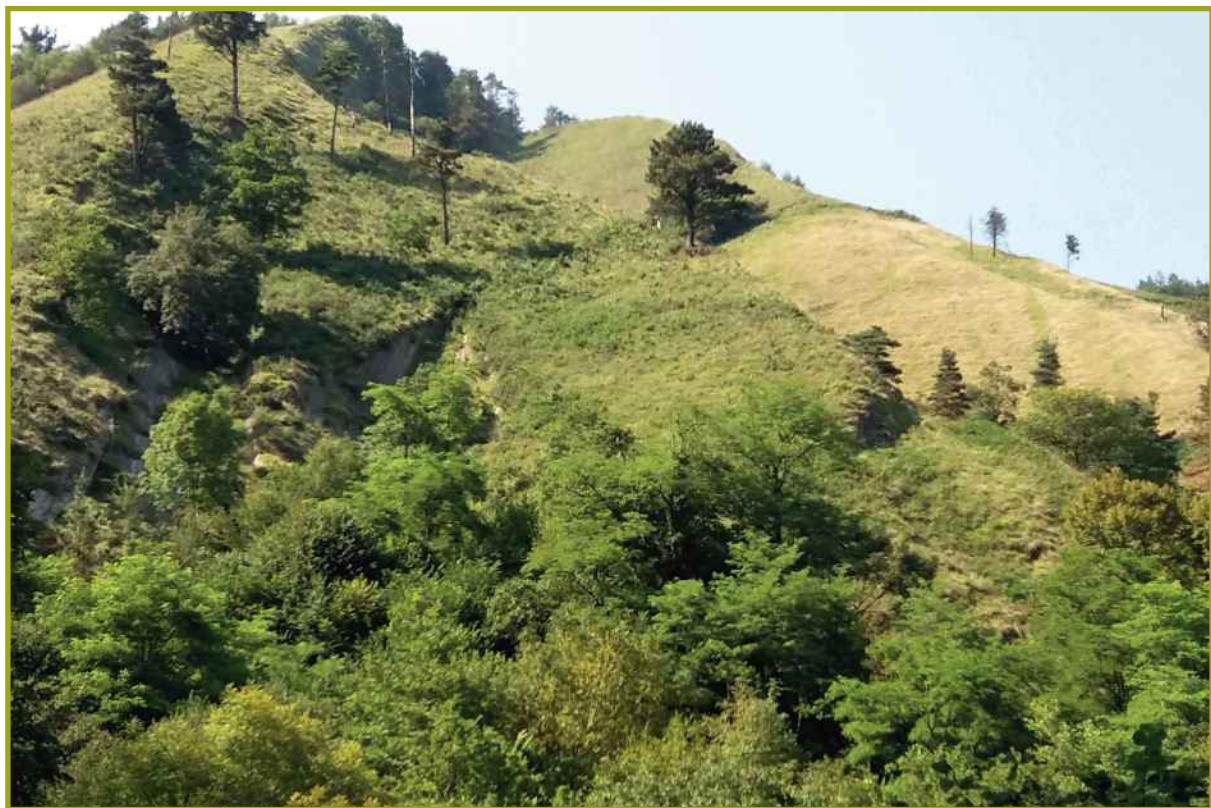
Tabla 4.4. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según unidades hidrológicas.

Tabla 4.5. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según régimen de propiedad.

Tabla 4.6. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según régimen de protección.

Los datos de régimen de propiedad y régimen de protección han sido obtenidos del Tercer Inventory Forestal Nacional de Gipuzkoa.

Por otra parte, en el capítulo 9 (Cartografía), se incluye el mapa de zonas de erosión en cárcavas y barrancos (Mapa nº 2), a escala 1:250.000.





Mapa 4.1. Zonas de erosión en cárcavas y barrancos



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—→	Ferrocarril
- - - - -	Límite municipal

Zonas de erosión en cárcavas y barrancos



Tabla 4.1. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según niveles de erosión laminar y en regueros

Código	Nivel erosivo Pérdidas de suelo (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	Superficie erosionable (ha)	Superficie de erosión en cárcavas y barrancos	
			ha	%*
1	≤ 5	23.722,86	42,94	51,51
2	> 5 y ≤ 10	54.639,40	9,50	11,39
3	> 10 y ≤ 25	73.200,33	28,31	33,95
4	> 25 y ≤ 50	11.181,38	2,63	3,15
5	> 50 y ≤ 100	12.912,23	0,00	0,00
6	> 100 y ≤ 200	6.988,54	0,00	0,00
7	> 200	1.978,90	0,00	0,00
TOTAL		184.623,64	83,38	0,05

* Los porcentajes están referidos a cada nivel erosivo.

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Gráfico 4.1. Superficie de zonas de erosión en cárcavas y barrancos

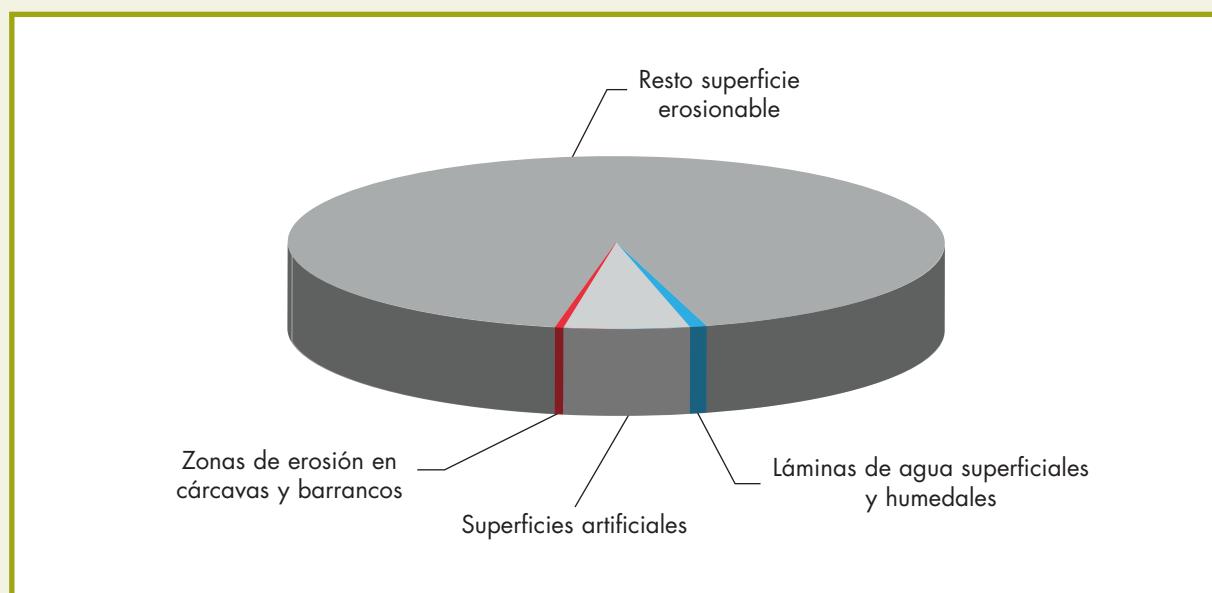




Tabla 4.2. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según vegetación

Vegetación	Superficie erosionable (ha)	Superficie de erosión en cárcavas y barrancos	
		ha	%*
Forestal arbolado	122.636,52	33,56	0,03
Forestal desarbolado	23.888,28	49,82	0,21
Cultivos	38.098,84	0,00	0,00
TOTAL	184.623,64	83,38	0,05

*Los porcentajes están referidos a cada tipo de vegetación.

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



Tabla 4.3. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según términos municipales

Término municipal*	Superficie erosionable (ha)	Superficie de erosión en cárcavas y barrancos	
		ha	%**
Parzonería de Guipúzcoa y Álava	3.677,68	57,00	1,55
Zegama	3.409,06	26,38	0,77

* Sólo se han incluido los términos municipales que presentan erosión en cárcavas y barrancos.

** Los porcentajes están referidos a cada término municipal.

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



Tabla 4.4. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según unidades hidrológicas

Unidad hidrológica*	Superficie erosionable (ha)	Superficie de erosión en cárcavas y barrancos	
		ha	%**
1020	32.978,24	24,94	0,08
1037	10.705,67	31,13	0,29
9221	2.793,58	27,31	0,98

* Sólo se han incluido las unidades hidrológicas que presentan erosión en cárcavas y barrancos.

** Los porcentajes están referidos a cada unidad hidrológica.

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



Tabla 4.5. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según régimen de propiedad

Régimen de propiedad*	Superficie erosionable (ha)	Superficie de erosión en cárcavas y barrancos	
		ha	% **
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	24.386,50	61,25	0,25
Montes privados de particulares no consorciados ni conveniados y terrenos no forestales públicos o privados	139.784,88	22,13	0,02

* En el resto de las figuras de régimen de propiedad no se han detectado fenómenos significativos de erosión en cárcavas y barrancos.

** Los porcentajes están referidos a cada tipo de régimen de propiedad.

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



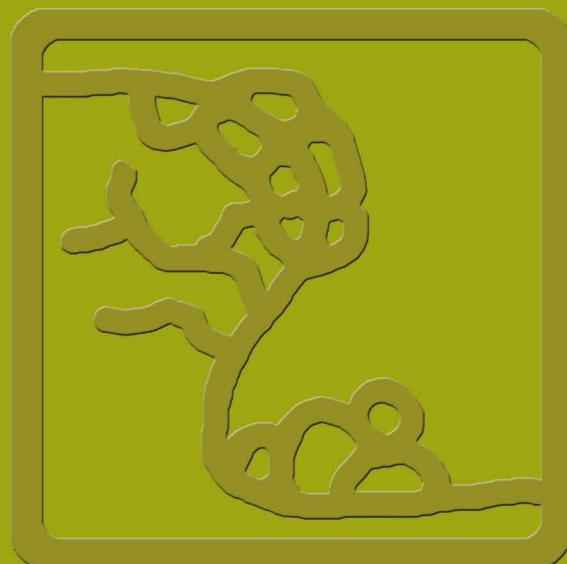
Tabla 4.6. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según régimen de protección

Régimen de protección*	Superficie erosionable (ha)	Superficie de erosión en cárcavas y barrancos	
		ha	%**
Parque Natural	31.521,45	83,38	0,26

* En el resto de las figuras de régimen de protección no se han detectado fenómenos significativos de erosión en cárcavas y barrancos.

** Los porcentajes están referidos a cada tipo de régimen de protección.

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



5. Movimientos en masa en Gipuzkoa



Los movimientos en masa son mecanismos de erosión, transporte y deposición que se producen por la inestabilidad gravitacional del terreno.

Su interrelación con otros mecanismos de erosión es muy intensa, especialmente en las áreas de montaña, donde junto con la hidrodinámica torrencial configuran el principal proceso erosivo de las laderas. Este aspecto se patentiza en la consideración tipológica y cuantitativa de los movimientos en masa en la mayoría de las clasificaciones de torrentes.

Fuera de las cuencas torrenciales, también es importante su aportación a la dinámica erosiva, siendo con frecuencia precursores y/o consecuencia de acarcavamientos y erosiones laminares y en regueros.

La inclusión de los fenómenos de movimientos en masa en el *Inventario Nacional de Erosión de Suelos* es, por tanto, muy conveniente desde un punto de vista de identificación y clasificación de la erosión en sus distintas formas. Esta conveniencia se incrementa por el hecho de que tales movimientos del terreno tienen normalmente efectos negativos, desde la reducción más o menos intensa de la capacidad productiva del suelo afectado, hasta daños catastróficos, tanto sobre bienes económicos como sobre vidas humanas.

Tal y como se explica en la *Metodología*, el estudio de los movimientos en masa se centra en la determinación de un indicador de la potencialidad de cada elemento del territorio a sufrir este tipo de fenómenos.

Aplicando el proceso explicado en la *Metodología*, se obtienen la información de partida y resultados finales que se resumen en las tablas, gráficos y mapas siguientes:

- Información de partida:

Mapa 5.1. Factor litología.

Tabla 5.1. Superficies según el factor litología.

Mapa 5.2. Factor pendiente.

Tabla 5.2. Superficies según el factor pendiente.

Mapa 5.3. Factor pluviometría.

Tabla 5.3. Superficies según el factor pluviometría.

Mapa 5.4. Movimientos identificados.



– Resultados finales y análisis:

Mapa 5.5. Potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa.

Tabla 5.5. Superficies según potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa.

Gráfico 5.5.1. Superficies según potencialidad de movimientos en masa.

Gráfico 5.5.2. Superficies según tipología predominante de movimientos en masa.

Tabla 5.6. Superficies según vegetación y potencialidad de movimientos en masa.

Tabla 5.7. Superficies según términos municipales y potencialidad de movimientos en masa.

Tabla 5.8. Superficies según unidades hidrológicas y potencialidad de movimientos en masa.

Tabla 5.9. Superficies según régimen de propiedad y potencialidad de movimientos en masa.

Tabla 5.10. Superficies según régimen de protección y potencialidad de movimientos en masa.

Los datos de régimen de propiedad y régimen de protección han sido obtenidos del Tercer Inventario Forestal Nacional de Gipuzkoa.

Por otra parte, en el capítulo 9 (Cartografía), se incluye el mapa de potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa (Mapa nº 3), a escala 1:250.000.





Mapa 5.1. Factor litología



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Susceptibilidad litológica a los movimientos en masa	
No favorable	
Muy poco favorable	
Poco favorable	
Medianamente favorable	
Favorable	
Muy favorable	

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.
Elaboración propia.



Tabla 5.1. Superficies según el factor litología

Susceptibilidad litológica a los movimientos en masa	Superficie geográfica	
	ha	%
No favorable	0,00	0,00
Muy poco favorable	2.378,48	1,20
Poco favorable	62.968,53	31,80
Medianamente favorable	127.561,17	64,41
Favorable	4.990,75	2,52
Muy favorable	133,40	0,07
TOTAL	198.032,33	100,00



Mapa 5.2. Factor pendiente



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal

Pendiente	
Baja ($\leq 15\%$)	
Media ($> 15 \text{ y } \leq 30\%$)	
Alta ($> 30 \text{ y } \leq 100\%$)	
Muy alta o escarpes ($> 100\%$)	

Fuente: Modelo Digital del Terreno del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Elaboración propia.



Tabla 5.2. Superficies según el factor pendiente

Pendiente	Superficie geográfica	
	ha	%
Baja ($\leq 15\%$)	24.644,86	12,44
Media ($> 15 \text{ y } \leq 30\%$)	52.126,89	26,32
Alta ($> 30 \text{ y } \leq 100\%$)	120.791,51	61,00
Muy alta o escarpes ($> 100\%$)	469,07	0,24
TOTAL	198.032,33	100,00



Mapa 5.3. Factor pluviometría



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal

Pluviometría (P y T10 en mm)	
P < 600 y T10 ≤ 100	
P ≤ 600 y T10 > 100 ó 600 < P ≤ 1200 y T10 ≤ 100	
P > 1200 ó 600 < P ≤ 1200 y T10 > 100	

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
Elaboración propia.



Tabla 5.3. Superficies según el factor pluviometría

Pluviometría (P y T10 en mm)	Superficie geográfica	
	ha	%
P ≤ 600 y T10 ≤ 100	0,00	0,00
P ≤ 600 y T10 > 100 ó 600 < P ≤ 1200 y T10 ≤ 100	6.164,17	3,11
P > 1200 ó 600 < P ≤ 1200 y T10 > 100	191.868,16	96,89
TOTAL	198.032,33	100,00



Mapa 5.4. Movimientos identificados



Signos convencionales

- Autopista / Autovía
- Carretera nacional
- Río
- Ferrocarril
- Límite municipal

▲ Movimientos activos identificados (Total: 26)

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.
Elaboración propia.

Mapa 5.5. Potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa



Signos convencionales	Potencialidad	Tipología																										
<ul style="list-style-type: none"> — Autopista / Autovía — Carretera nacional — Río — Ferrocarril - - - Límite municipal 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Potencialidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nula o muy baja</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Baja o moderada</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy alta</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Láminas de agua superficiales y humedales</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Superficies artificiales</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Potencialidad		Nula o muy baja		Baja o moderada		Media		Alta		Muy alta		Láminas de agua superficiales y humedales		Superficies artificiales		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tipología</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Derrumbes en general</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Deslizamientos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Flujos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Complejos o mixtos</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Tipología		Derrumbes en general		Deslizamientos		Flujos		Complejos o mixtos	
Potencialidad																												
Nula o muy baja																												
Baja o moderada																												
Media																												
Alta																												
Muy alta																												
Láminas de agua superficiales y humedales																												
Superficies artificiales																												
Tipología																												
Derrumbes en general																												
Deslizamientos																												
Flujos																												
Complejos o mixtos																												



Tabla 5.5. Superficies según potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa

Tipología predominante	Potencialidad			
	Nula o muy baja		Baja o moderada	
	ha	%	ha	%
Derrumbes en general	0,00	0,00	0,00	0,00
Derrumbes en general y deslizamientos	0,00	0,00	0,00	0,00
Deslizamientos y flujos	0,00	0,00	0,00	0,00
Complejos o mixtos	0,00	0,00	0,00	0,00
Movimientos en masa poco probables	0,00	0,00	283,94	0,14
SUPERFICIE EROSIONABLE	0,00	0,00	283,94	0,14
Láminas de agua superficiales y humedales				
Superficies artificiales				
TOTAL				

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie geográfica de la provincia.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Sólo se estudia la tipología predominante de movimientos en masa en zonas de potencialidad media, alta y muy alta.



	Potencialidad						Superficie geográfica	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
	7.663,56	3,87	8.181,97	4,13	33,59	0,02	15.879,12	8,02
	24.019,62	12,13	136.089,82	68,73	773,63	0,38	160.883,07	81,24
	1,25	~0,00	240,85	0,12	312,53	0,16	554,63	0,28
	642,69	0,32	5.195,76	2,63	1.184,43	0,60	7.022,88	3,55
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	283,94	0,14
	32.327,12	16,32	149.708,40	75,61	2.304,18	1,16	184.623,64	93,23
							1.229,89	0,62
							12.178,80	6,15
							198.032,33	100,00



Gráfico 5.5.1. Superficies según potencialidad de movimientos en masa

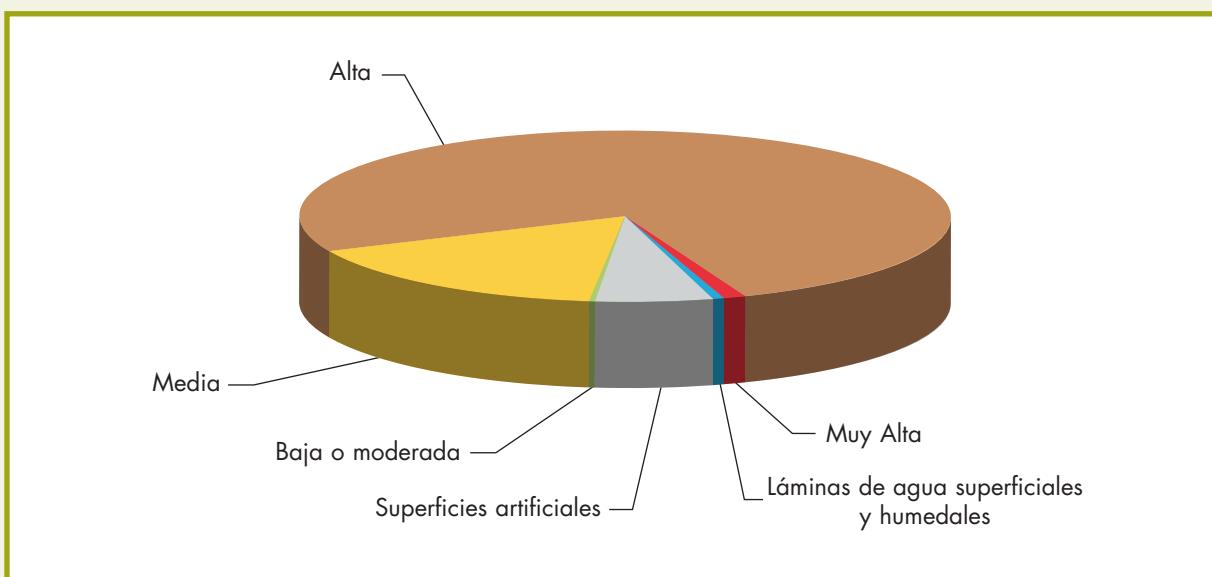




Gráfico 5.5.2. Superficies según tipología predominante de movimientos en masa

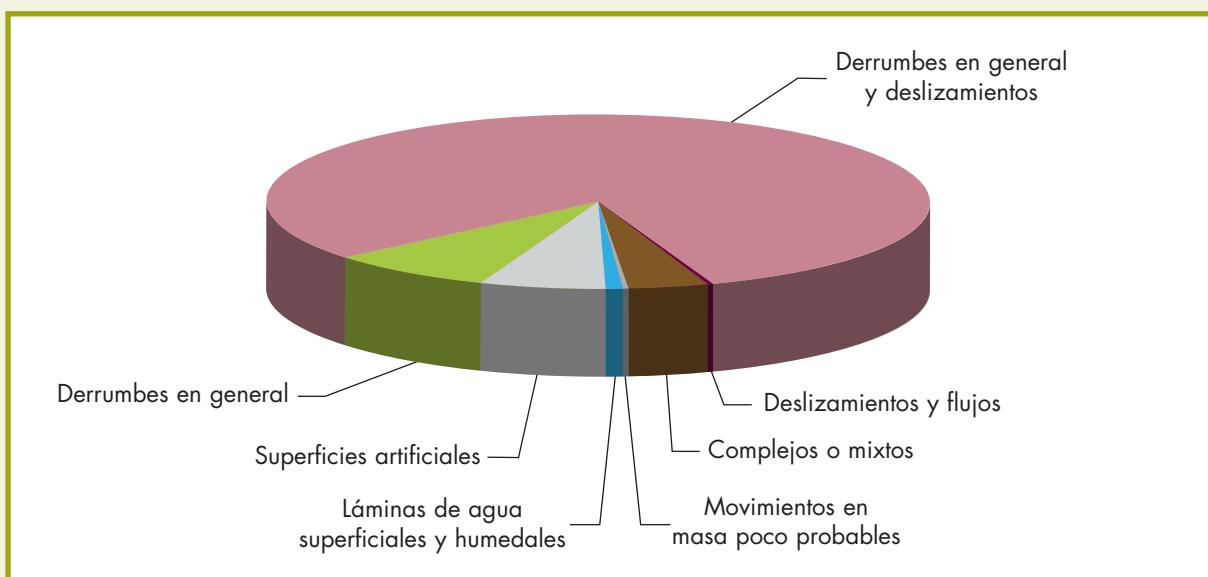




Tabla 5.6. Superficies según vegetación y potencialidad de movimientos en masa

Vegetación	Potencialidad			
	Nula o muy baja		Baja o moderada	
	ha	%	ha	%
Forestal arbolado	0,00	0,00	194,75	0,10
Forestal desarbolado	0,00	0,00	86,06	0,04
Cultivos	0,00	0,00	3,13	~0,00
SUPERFICIE EROSIONABLE	0,00	0,00	283,94	0,14
Láminas de agua superficiales y humedales				
Superficies artificiales				
TOTAL				

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie geográfica de la provincia.
Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



	Potencialidad						Superficie geográfica	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
	15.370,40	7,76	105.657,29	53,36	1.414,08	0,71	122.636,52	61,93
	5.580,46	2,82	17.961,33	9,07	260,43	0,13	23.888,28	12,06
	11.376,26	5,74	26.089,78	13,18	629,67	0,32	38.098,84	19,24
	32.327,12	16,32	149.708,40	75,61	2.304,18	1,16	184.623,64	93,23
							1.229,89	0,62
							12.178,80	6,15
							198.032,33	100,00



Tabla 5.7. Superficies según términos municipales y potencialidad de movimientos en masa

Término municipal	Potencialidad			
	Nula o muy baja		Baja o moderada	
	ha	%	ha	%
Abaltzisketa	0,00	0,00	0,00	0,00
Aduna	0,00	0,00	0,00	0,00
Aia	0,00	0,00	0,00	0,00
Aizarnazabal	0,00	0,00	0,00	0,00
Albiztur	0,00	0,00	0,00	0,00
Alegia	0,00	0,00	0,00	0,00
Alkiza	0,00	0,00	0,00	0,00
Altzaga	0,00	0,00	0,00	0,00
Altzo	0,00	0,00	0,00	0,00
Amezketa	0,00	0,00	0,00	0,00
Andoain	0,00	0,00	0,00	0,00
Anoeta	0,00	0,00	0,00	0,00
Antzuola	0,00	0,00	0,00	0,00
Arama	0,00	0,00	0,00	0,00
Aretxabaleta	0,00	0,00	23,52	0,86
Arrasate o Mondragón	0,00	0,00	0,00	0,00
Asteasu	0,00	0,00	0,00	0,00
Astigarraga	0,00	0,00	0,00	0,00
Ataun	0,00	0,00	0,00	0,00
Azkoitia	0,00	0,00	0,00	0,00
Azpeitia	0,00	0,00	0,00	0,00
Baliarrain	0,00	0,00	0,00	0,00
Beasain	0,00	0,00	0,00	0,00
Beizama	0,00	0,00	0,00	0,00
Belauntza	0,00	0,00	0,00	0,00
Berastegi	0,00	0,00	0,00	0,00
Bergara	0,00	0,00	0,00	0,00
Berrobi	0,00	0,00	0,00	0,00
Bidegoyan	0,00	0,00	0,00	0,00
Comunidad de Amezketé y Ordizia (Sierra de Aralar)	0,00	0,00	0,00	0,00
Deba	0,00	0,00	0,00	0,00
Donostia-San Sebastián	0,00	0,00	0,00	0,00
Eibar	0,00	0,00	0,00	0,00
Elduain	0,00	0,00	0,00	0,00
Elgeta	0,00	0,00	0,00	0,00
Elgoibar	0,00	0,00	0,00	0,00
Errenteria	0,00	0,00	0,00	0,00



	Potencialidad						Superficie erosionable (ha)	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%		
	73,11	6,62	1.026,89	93,04	3,75	0,34	1.103,75	
	127,46	19,86	507,40	79,04	7,07	1,10	641,93	
	934,38	17,32	4.458,20	82,63	2,88	0,05	5.395,46	
	130,34	21,47	475,95	78,41	0,75	0,12	607,04	
	209,83	16,39	1.070,16	83,61	0,00	0,00	1.279,99	
	64,04	8,88	654,83	90,80	2,31	0,32	721,18	
	97,88	8,27	927,75	78,37	158,17	13,36	1.183,80	
	12,20	4,95	234,28	95,05	0,00	0,00	246,48	
	108,64	11,94	767,89	84,38	33,46	3,68	909,99	
	196,45	9,65	1.718,35	84,43	120,39	5,92	2.035,19	
	337,48	13,99	2.041,13	84,62	33,46	1,39	2.412,07	
	109,51	29,16	216,84	57,73	49,22	13,11	375,57	
	212,21	7,85	2.489,43	92,06	2,31	0,09	2.703,95	
	18,26	15,60	98,82	84,40	0,00	0,00	117,08	
	566,01	20,65	2.145,57	78,27	5,94	0,22	2.741,04	
	341,72	12,55	2.071,33	76,08	309,42	11,37	2.722,47	
	252,55	15,68	1.240,28	76,98	118,20	7,34	1.611,03	
	304,52	29,43	687,84	66,46	42,53	4,11	1.034,89	
	548,43	9,41	5.256,68	90,22	21,51	0,37	5.826,62	
	642,62	12,25	4.581,79	87,31	23,20	0,44	5.247,61	
	744,75	11,34	5.805,48	88,36	19,45	0,30	6.569,68	
	22,20	8,31	244,60	91,62	0,19	0,07	266,99	
	207,58	7,58	2.527,71	92,34	2,25	0,08	2.737,54	
	141,78	8,75	1.476,25	91,14	1,75	0,11	1.619,78	
	16,64	5,18	262,98	81,82	41,78	13,00	321,40	
	340,36	7,52	4.100,45	90,63	83,56	1,85	4.524,37	
	1.022,00	14,40	6.074,73	85,58	1,19	0,02	7.097,92	
	23,02	8,68	188,81	71,18	53,41	20,14	265,24	
	411,97	31,32	903,54	68,68	0,00	0,00	1.315,51	
	1.020,88	29,95	2.378,92	69,79	8,82	0,26	3.408,62	
	819,87	17,11	3.964,12	82,70	8,88	0,19	4.792,87	
	1.112,32	27,78	2.888,70	72,16	2,50	0,06	4.003,52	
	270,37	11,98	1.984,53	87,97	1,19	0,05	2.256,09	
	111,39	4,48	2.333,45	93,78	43,34	1,74	2.488,18	
	205,70	12,68	1.416,02	87,30	0,25	0,02	1.621,97	
	335,29	9,16	3.321,00	90,78	2,25	0,06	3.658,54	
	434,73	15,57	2.351,41	84,23	5,50	0,20	2.791,64	

sigue ►►

Tabla 5.7. Superficies según términos municipales y potencialidad de movimientos en masa (*cont.*)

Término municipal	Potencialidad			
	Nula o muy baja		Baja o moderada	
	ha	%	ha	%
Errezil	0,00	0,00	0,00	0,00
Eskoriatza	0,00	0,00	29,83	0,76
Ezkio-Itsaso	0,00	0,00	0,00	0,00
Gabiria	0,00	0,00	0,00	0,00
Gaintza	0,00	0,00	0,00	0,00
Gaztelu	0,00	0,00	0,00	0,00
Getaria	0,00	0,00	0,00	0,00
Hernani	0,00	0,00	0,00	0,00
Hernalde	0,00	0,00	0,00	0,00
Hondarribia	0,00	0,00	0,00	0,00
Ibarra	0,00	0,00	0,00	0,00
Idiazabal	0,00	0,00	0,00	0,00
Ikaztegieta	0,00	0,00	0,00	0,00
Irun	0,00	0,00	7,69	0,23
Irura	0,00	0,00	0,00	0,00
Itsasondo	0,00	0,00	0,00	0,00
Larraul	0,00	0,00	0,00	0,00
Lasarte-Oria	0,00	0,00	0,00	0,00
Lazkao	0,00	0,00	0,00	0,00
Leaburu	0,00	0,00	0,00	0,00
Legazpi	0,00	0,00	0,00	0,00
Legorreta	0,00	0,00	0,00	0,00
Leintz-Gatzaga	0,00	0,00	4,88	0,34
Lezo	0,00	0,00	0,00	0,00
Lizartza	0,00	0,00	0,00	0,00
Mendaro	0,00	0,00	0,00	0,00
Mutiloa	0,00	0,00	0,00	0,00
Mutriku	0,00	0,00	0,00	0,00
Oiartzun	0,00	0,00	49,87	0,91
Olaberria	0,00	0,00	0,00	0,00
Onati	0,00	0,00	3,92	0,04
Ordizia	0,00	0,00	0,00	0,00
Orendain	0,00	0,00	0,00	0,00
Orexa	0,00	0,00	0,00	0,00
Orio	0,00	0,00	0,00	0,00
Ormaiztegi	0,00	0,00	0,00	0,00
Parzonería de Guipúzcoa y Álava	0,00	0,00	164,23	4,47



	Potencialidad						Superficie erosionable (ha)	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%		
	441,61	13,71	2.760,31	85,73	18,01	0,56	3.219,93	
	971,22	24,73	2.839,17	72,29	87,25	2,22	3.927,47	
	136,03	6,59	1.928,93	93,39	0,31	0,02	2.065,27	
	161,17	11,41	1.251,10	88,59	0,00	0,00	1.412,27	
	29,96	5,06	562,63	94,94	0,00	0,00	592,59	
	121,46	13,35	779,46	85,67	8,88	0,98	909,80	
	378,82	37,86	596,84	59,65	24,89	2,49	1.000,55	
	535,30	14,93	3.040,37	84,83	8,69	0,24	3.584,36	
	44,97	10,90	367,50	89,10	0,00	0,00	412,47	
	1.444,29	59,26	982,10	40,30	10,63	0,44	2.437,02	
	32,27	7,09	392,70	86,34	29,90	6,57	454,87	
	395,83	14,52	2.326,26	85,31	4,57	0,17	2.726,66	
	43,72	24,55	134,34	75,45	0,00	0,00	178,06	
	1.340,16	40,27	1.746,62	52,50	233,09	7,00	3.327,56	
	38,15	15,35	207,64	83,57	2,69	1,08	248,48	
	41,40	4,83	813,37	94,85	2,75	0,32	857,52	
	64,48	11,07	497,15	85,31	21,08	3,62	582,71	
	113,39	26,42	315,84	73,58	0,00	0,00	429,23	
	120,58	11,75	904,24	88,13	1,19	0,12	1.026,01	
	18,39	5,51	274,88	82,30	40,71	12,19	333,98	
	294,14	7,41	3.673,60	92,56	1,19	0,03	3.968,93	
	49,85	6,25	746,31	93,64	0,88	0,11	797,04	
	676,96	46,56	682,46	46,94	89,62	6,16	1.453,92	
	369,44	50,40	363,62	49,60	0,00	0,00	733,06	
	78,93	6,50	1.116,13	91,93	19,01	1,57	1.214,07	
	321,72	13,07	2.132,69	86,63	7,32	0,30	2.461,73	
	124,27	15,14	696,66	84,86	0,00	0,00	820,93	
	523,42	19,77	2.111,87	79,76	12,38	0,47	2.647,67	
	2.700,90	49,16	2.634,61	47,94	109,09	1,99	5.494,47	
	90,87	14,84	521,48	85,16	0,00	0,00	612,35	
	1.513,71	14,49	8.897,42	85,19	29,32	0,28	10.444,37	
	49,28	10,72	408,66	88,94	1,56	0,34	459,50	
	41,15	6,59	583,65	93,41	0,00	0,00	624,80	
	32,77	5,63	548,50	94,23	0,81	0,14	582,08	
	245,42	29,68	581,58	70,32	0,00	0,00	827,00	
	104,20	17,26	499,52	82,74	0,00	0,00	603,72	
	1.342,22	36,50	2.171,10	59,03	0,13	~0,00	3.677,68	

sigue ►►



Tabla 5.7. Superficies según términos municipales y potencialidad de movimientos en masa (*cont.*)

Término municipal	Potencialidad			
	Nula o muy baja		Baja o moderada	
	ha	%	ha	%
Pasaia	0,00	0,00	0,00	0,00
Segura	0,00	0,00	0,00	0,00
Soraluze/Placencia de las Armas	0,00	0,00	0,00	0,00
Tolosa	0,00	0,00	0,00	0,00
Urnieta	0,00	0,00	0,00	0,00
Urretxu	0,00	0,00	0,00	0,00
Usurbil	0,00	0,00	0,00	0,00
Villabona	0,00	0,00	0,00	0,00
Zaldibia	0,00	0,00	0,00	0,00
Zarautz	0,00	0,00	0,00	0,00
Zegama	0,00	0,00	0,00	0,00
Zerain	0,00	0,00	0,00	0,00
Zestoa	0,00	0,00	0,00	0,00
Zizurkil	0,00	0,00	0,00	0,00
Zumaia	0,00	0,00	0,00	0,00
Zumarraga	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	0,00	0,00	283,94	0,15

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie erosionable de cada término municipal.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



	Potencialidad						Superficie erosionable (ha)	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%		
	346,36	35,90	618,48	64,10	0,00	0,00	964,84	
	153,04	17,32	730,50	82,68	0,00	0,00	883,54	
	117,08	8,75	1.219,88	91,18	0,88	0,07	1.337,84	
	325,41	9,34	3.064,44	87,97	93,69	2,69	3.483,54	
	339,67	16,28	1.737,42	83,27	9,32	0,45	2.086,41	
	55,10	8,16	619,67	91,77	0,44	0,07	675,21	
	707,98	30,73	1.595,64	69,25	0,56	0,02	2.304,18	
	226,03	13,85	1.228,46	75,25	177,93	10,90	1.632,42	
	128,34	8,00	1.468,62	91,51	7,94	0,49	1.604,90	
	394,52	33,83	770,83	66,09	0,94	0,08	1.166,29	
	214,96	6,31	3.186,78	93,48	7,32	0,21	3.409,06	
	191,25	18,73	828,88	81,20	0,75	0,07	1.020,88	
	863,21	20,64	3.316,12	79,31	2,19	0,05	4.181,52	
	262,43	17,59	1.204,19	80,72	25,20	1,69	1.491,82	
	324,41	36,48	564,63	63,50	0,19	0,02	889,23	
	116,39	6,91	1.568,44	93,09	0,00	0,00	1.684,83	
	32.327,12	17,51	149.708,40	81,09	2.304,18	1,25	184.623,64	



Tabla 5.8. Superficies según unidades hidrológicas y potencialidad de movimientos en masa

Unidad hidrológica	Potencialidad			
	Nula o muy baja		Baja o moderada	
	ha	%	ha	%
1011	0,00	0,00	2,75	0,77
1012	0,00	0,00	4,44	0,22
1013	0,00	0,00	0,00	0,00
1014	0,00	0,00	42,84	0,65
1015	0,00	0,00	0,00	0,00
1017	0,00	0,00	7,51	0,45
1018	0,00	0,00	0,00	0,00
1019	0,00	0,00	0,00	0,00
1020	0,00	0,00	0,00	0,00
1021	0,00	0,00	0,00	0,00
1022	0,00	0,00	0,00	0,00
1023	0,00	0,00	0,00	0,00
1024	0,00	0,00	0,00	0,00
1025	0,00	0,00	0,00	0,00
1026	0,00	0,00	0,00	0,00
1027	0,00	0,00	0,00	0,00
1028	0,00	0,00	0,00	0,00
1029	0,00	0,00	0,00	0,00
1030	0,00	0,00	0,00	0,00
1031	0,00	0,00	0,00	0,00
1032	0,00	0,00	0,00	0,00
1033	0,00	0,00	0,00	0,00
1034	0,00	0,00	0,00	0,00
1035	0,00	0,00	0,00	0,00
1036	0,00	0,00	20,26	0,23
1037	0,00	0,00	124,15	1,16
1038	0,00	0,00	31,33	1,33
1039	0,00	0,00	0,00	0,00
1040	0,00	0,00	0,00	0,00
1041	0,00	0,00	0,00	0,00
1042	0,00	0,00	0,00	0,00
1043	0,00	0,00	0,00	0,00
1044	0,00	0,00	0,00	0,00
1060	0,00	0,00	0,00	0,00
9058	0,00	0,00	7,13	1,02
9220	0,00	0,00	2,38	12,99
9221	0,00	0,00	41,15	1,47
TOTAL	0,00	0,00	283,94	0,15

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie erosionable de cada unidad hidrológica.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



	Potencialidad						Superficie erosionable (ha)	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%		
	89,31	25,07	188,63	52,97	75,49	21,19	356,18	
	728,12	35,77	1.159,47	56,96	143,60	7,05	2.035,63	
	2.462,92	52,74	2.182,29	46,73	24,64	0,53	4.669,85	
	2.950,81	44,61	3.514,13	53,12	107,13	1,62	6.614,91	
	336,16	43,86	429,99	56,10	0,31	0,04	766,46	
	344,86	20,49	1.324,95	78,70	6,07	0,36	1.683,39	
	1.306,07	18,02	5.883,49	81,17	58,41	0,81	7.247,97	
	513,91	23,34	1.687,08	76,60	1,25	0,06	2.202,24	
	4.096,33	12,42	28.824,61	87,41	57,30	0,17	32.978,24	
	653,63	11,45	4.905,57	85,94	148,79	2,61	5.707,99	
	343,48	15,92	1.793,78	83,11	20,89	0,97	2.158,15	
	276,50	8,53	2.906,28	89,70	57,35	1,77	3.240,13	
	20,83	41,12	29,08	57,40	0,75	1,48	50,66	
	346,92	10,52	2.704,65	81,98	247,29	7,50	3.298,86	
	1.215,95	16,12	5.733,32	75,99	595,27	7,89	7.544,54	
	364,31	5,34	6.388,76	93,58	73,55	1,08	6.826,62	
	2.031,94	20,48	7.858,44	79,18	33,46	0,34	9.923,84	
	865,09	30,81	1.916,97	68,27	25,96	0,92	2.808,02	
	1.168,03	9,64	10.917,64	90,14	26,26	0,22	12.111,93	
	948,89	9,90	8.603,70	89,72	36,40	0,38	9.588,99	
	706,10	15,10	3.966,62	84,83	3,38	0,07	4.676,10	
	658,26	22,58	2.254,21	77,34	2,19	0,08	2.914,66	
	821,93	24,27	2.563,79	75,70	1,13	0,03	3.386,85	
	198,01	15,68	1.056,27	83,65	8,51	0,67	1.262,79	
	1.686,58	19,45	6.471,13	74,64	492,14	5,68	8.670,11	
	1.886,72	17,62	8.665,78	80,95	29,02	0,27	10.705,67	
	462,63	19,60	1.866,64	79,07	0,06	~0,00	2.360,66	
	25,58	10,32	222,09	89,55	0,31	0,13	247,98	
	1.367,24	12,84	9.280,34	87,13	3,63	0,03	10.651,21	
	247,98	10,26	2.166,90	89,68	1,44	0,06	2.416,32	
	1.370,99	14,61	8.003,17	85,29	9,69	0,10	9.383,85	
	360,87	17,95	1.637,11	81,43	12,38	0,62	2.010,36	
	80,24	15,89	424,73	84,11	0,00	0,00	504,97	
	7,00	6,74	96,82	93,26	0,00	0,00	103,82	
	455,62	64,92	239,04	34,06	0,00	0,00	701,79	
	15,94	87,01	0,00	0,00	0,00	0,00	18,32	
	911,37	32,62	1.840,93	65,91	0,13	~0,00	2.793,58	
	32.327,12	17,51	149.708,40	81,09	2.304,18	1,25	184.623,64	



Tabla 5.9. Superficies según régimen de propiedad y potencialidad de movimientos en masa

Régimen de propiedad	Potencialidad			
	Nula o muy baja		Baja o moderada	
	ha	%	ha	%
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	10,82	0,16
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	1,94	0,30
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. consorciados o conveniados	0,00	0,00	5,25	0,23
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	198,57	0,81
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	9,57	0,28
Montes de propiedades peculiares no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	0,00	0,00
Montes privados de particulares no consorciados ni conveniados y terrenos no forestales públicos o privados	0,00	0,00	55,60	0,04
Montes privados de empresas no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	2,19	0,04
Montes privados de sociedades vecinales no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	0,00	0,00	283,94	0,15

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie erosionable de cada tipo de régimen de propiedad.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



	Potencialidad						Superficie erosionable (ha)	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%		
	575,01	8,45	6.210,33	91,23	10,94	0,16	6.807,10	
	141,72	21,66	495,64	75,76	14,89	2,28	654,19	
	465,00	20,51	1.762,01	77,74	34,46	1,52	2.266,72	
	6.264,80	25,69	17.643,19	72,35	279,94	1,15	24.386,50	
	671,08	19,38	2.714,33	78,41	66,92	1,93	3.461,90	
	228,59	25,61	656,82	73,57	7,32	0,82	892,73	
	23.005,20	16,46	114.869,77	82,17	1.854,31	1,33	139.784,88	
	962,71	16,48	4.842,40	82,90	33,84	0,58	5.841,14	
	13,01	2,46	513,91	97,24	1,56	0,30	528,48	
	32.327,12	17,51	149.708,40	81,09	2.304,18	1,25	184.623,64	



Tabla 5.10. Superficies según régimen de protección y potencialidad de movimientos en masa

Régimen de protección	Potencialidad			
	Nula o muy baja		Baja o moderada	
	ha	%	ha	%
Parque Natural	0,00	0,00	275,93	0,88
Biotopo Protegido	0,00	0,00	0,00	0,00
Sin protección	0,00	0,00	8,01	0,01
TOTAL	0,00	0,00	283,94	0,15

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie erosionable de cada tipo de régimen de protección.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



	Potencialidad						Superficie erosionable (ha)	
	Media		Alta		Muy alta			
	ha	%	ha	%	ha	%		
7.383,87	23,42	23.499,16	74,55	362,49	1,15		31.521,45	
107,26	16,95	523,42	82,74	1,94	0,31		632,62	
24.835,99	16,29	125.685,82	82,43	1.939,75	1,27		152.469,57	
32.327,12	17,51	149.708,40	81,09	2.304,18	1,25		184.623,64	



6. Erosión en cauces en Gipuzkoa



La erosión en cauces se produce cuando la tensión de arrastre o tractiva de la corriente de agua supera la resistencia de los materiales que conforman el lecho o las márgenes del cauce. Este tipo de erosión es un fenómeno íntimamente ligado a la torrencialidad de las cuencas hidrográficas, caracterizada por su régimen pluviométrico e hidrológico, su geomorfología y los fenómenos de erosión (laminar, en regueros, movimientos en masa) que se producen en sus laderas.

La erosión en cauces provoca no sólo pérdidas de tierras fértiles y efectos ecológicos negativos sobre los ecosistemas de ribera, sino también importantes daños materiales e incluso personales cuando se asocia a episodios torrenciales de gran intensidad; de ahí la necesidad de incluir su evaluación dentro del *Inventario Nacional de Erosión de Suelos*.

La erosión en cauces se estima mediante la valoración de un indicador sintético por unidad hidrológica (riesgo de erosión en cauces) que tiene en cuenta los diferentes elementos que intervienen en el fenómeno.

Aplicando el procedimiento explicado en la Metodología, se han obtenido, para cada una de las unidades hidrológicas que define la clasificación del Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX), los parámetros que finalmente definen el riesgo potencial de erosión en cauces, tal y como refleja la tabla 6.2, incluida en el CD-ROM adjunto. Los mapas 6.1 a 6.8 representan los distintos factores valorados por unidad hidrológica (pendiente, litología, geomorfología, intensidad de precipitación, erosión laminar, movimientos en masa, erosión en laderas y erosión en laderas con pluviometría) y el mapa 6.9, la clasificación final de las unidades hidrológicas en función del riesgo de erosión en cauces.

La tabla y el gráfico 6.1 resumen las superficies totales obtenidas según este riesgo.

Por otra parte, en el capítulo 9 (Cartografía), se incluye el mapa de riesgo de erosión en cauces por unidades hidrológicas (Mapa nº 4), a escala 1:250.000.



Mapa 6.1. Factor pendiente por unidades hidrológicas



Signos convencionales

—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal
—	Límite unidad hidrológica
—	Láminas de agua superficial
—	Superficies artificiales

Factor pendiente (%)

≤ 5
> 5 y ≤ 10
> 10 y ≤ 20
> 20 y ≤ 30
> 30 y ≤ 50
> 50

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.



Mapa 6.2. Factor litología por unidades hidrológicas



Signos convencionales

- Autopista / Autovía
- Carretera nacional
- Río
- Ferrocarril
- Límite municipal
- Límite unidad hidrológica
- Láminas de agua superficial
- Superficies artificiales

Erosionabilidad

- | |
|-------|
| Baja |
| Media |
| Alta |

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.



Mapa 6.3. Factor geomorfología por unidades hidrológicas



Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.

Mapa 6.4. Factor intensidad de precipitación por unidades hidrológicas



Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.



Mapa 6.5. Factor erosión laminar por unidades hidrológicas



Signos convencionales

—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal
—	Límite unidad hidrológica
—	Láminas de agua superficial
—	Superficies artificiales

Pérdidas de suelo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)

—	≤ 5
—	> 5 y ≤ 10
—	> 10 y ≤ 25
—	> 25 y ≤ 50
—	> 50 y ≤ 100
—	> 100 y ≤ 200
—	> 200

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.

Mapa 6.6. Factor movimientos en masa por unidades hidrológicas



Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.



Mapa 6.7. Factor erosión en laderas por unidades hidrológicas



Signos convencionales

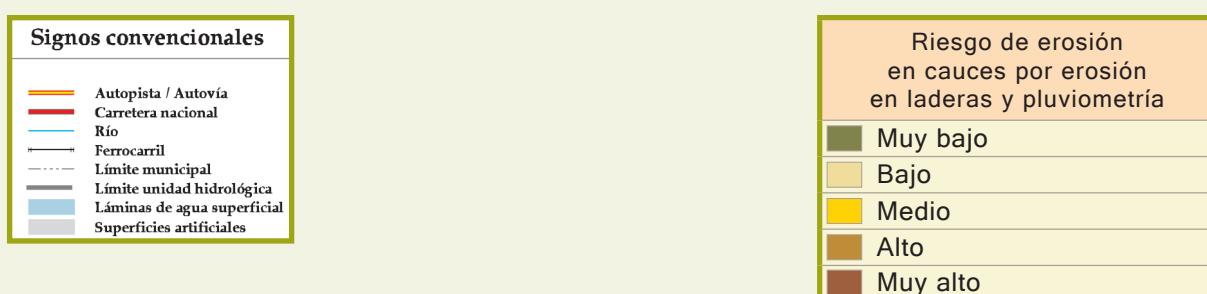
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
—	Límite municipal
—	Límite unidad hidrológica
—	Láminas de agua superficial
—	Superficies artificiales

Erosión en laderas

Nula
Muy baja
Baja
Media
Alta
Muy alta

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.

Mapa 6.8. Factor erosión en laderas y pluviometría por unidades hidrológicas



Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.



Mapa 6.9. Riesgo de erosión en cauces por unidades hidrológicas



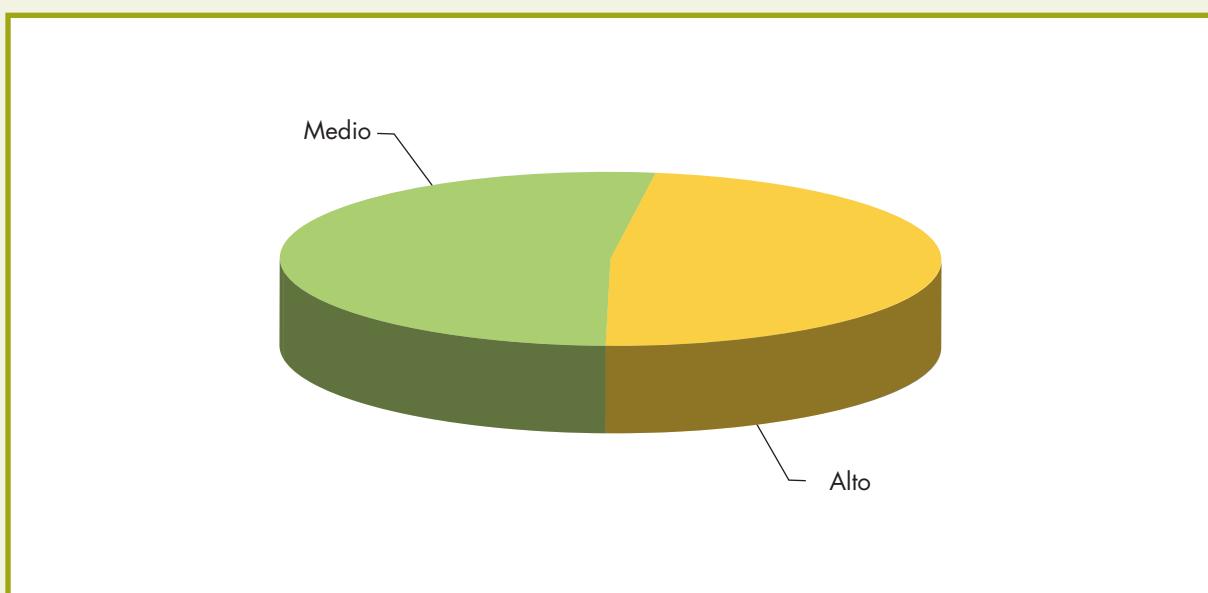
Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX).
Elaboración propia.



Tabla 6.1. Riesgo de erosión en cauces

Riesgo de erosión en cauces	Superficie geográfica	
	ha	%
Bajo	0,00	0,00
Medio	103.451,61	52,24
Alto	94.580,72	47,76
Muy alto	0,00	0,00
TOTAL	198.032,33	100,00

Gráfico 6.1. Riesgo de erosión en cauces





7. Erosión eólica en Gipuzkoa



La erosión eólica se puede definir como el proceso de disagregación, 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 se debe realizar una valoración de este fenómeno erosivo.

El objeto del 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.

Aplicando el proceso explicado en la Metodología, se obtienen los valores intermedios y resultados finales que se resumen en las tablas, gráficos y mapas siguientes:



– Valores intermedios:

Mapa 7.1. Índice de viento.

Tabla 7.1. Superficies según índice de viento.

Mapa 7.2. Áreas de deflación.

Mapa 7.3. Índice de erosión eólica en áreas de deflación.

Tabla 7.3. Valores medios del índice de erosión eólica por estrato en áreas de deflación (incluida en el CD-ROM adjunto).

– Resultados finales y análisis:

Mapa 7.4. Riesgo de erosión eólica.

Tabla 7.4. Superficies según riesgo de erosión eólica.

Gráfico 7.4. Superficies según riesgo de erosión eólica.

Tabla 7.5. Superficies según vegetación y riesgo de erosión eólica.

Tabla 7.6. Superficies según términos municipales y riesgo de erosión eólica.

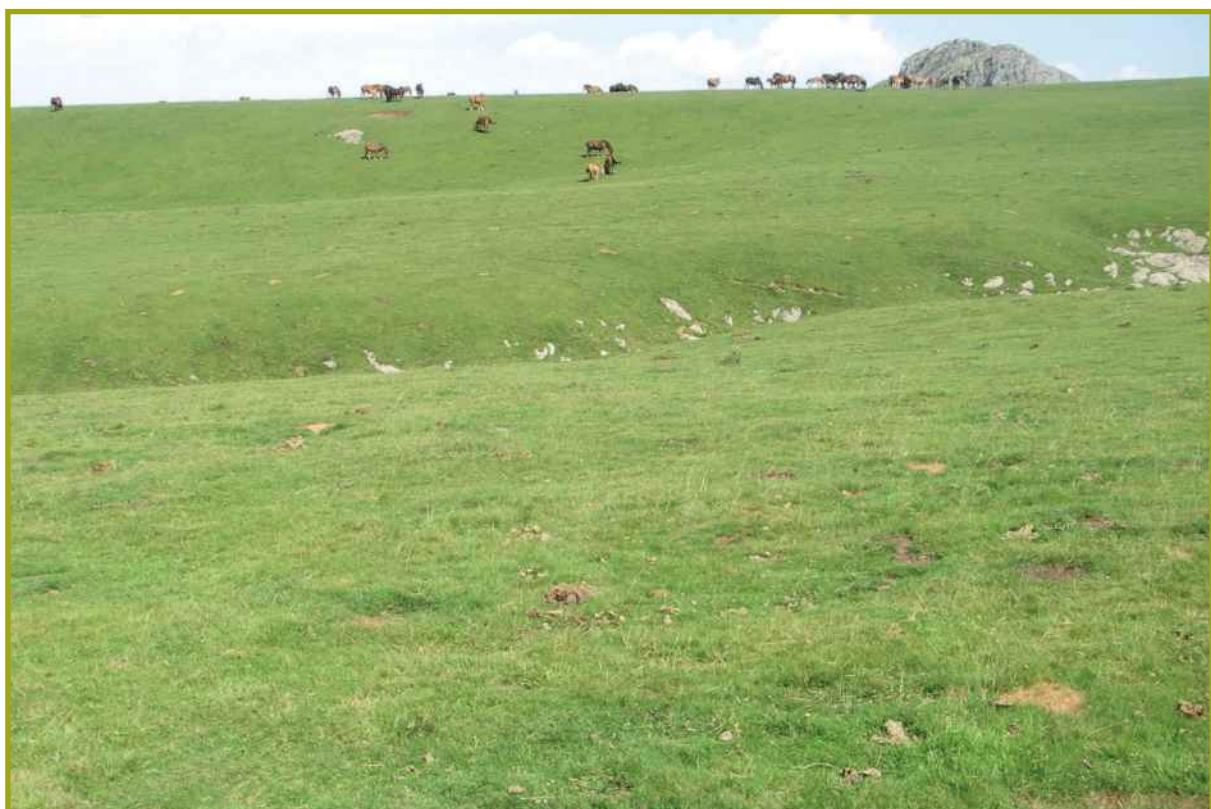
Tabla 7.7. Superficies según unidades hidrológicas y riesgo de erosión eólica.

Tabla 7.8. Superficies según régimen de propiedad y riesgo de erosión eólica.

Tabla 7.9. Superficies según régimen de protección y riesgo de erosión eólica.

Los datos de régimen de propiedad y régimen de protección han sido obtenidos del Tercer Inventario Forestal Nacional de Gipuzkoa.

Por otra parte, en el capítulo 9 (Cartografía), se incluye el mapa de riesgo de erosión eólica (Mapa nº 5), a escala 1:250.000.





Mapa 7.1. Índice de viento



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
Elaboración propia.



Tabla 7.1. Superficies según índice de viento

Intensidad del viento		Superficie geográfica	
Índice	Nº días al año con velocidad $> 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	ha	%
1	≤ 19	0,00	0,00
2	$> 19 \text{ y } \leq 28$	198.032,33	100,00
3	$> 28 \text{ y } \leq 37$	0,00	0,00
4	$> 37 \text{ y } \leq 46$	0,00	0,00
5	$> 46 \text{ y } \leq 55$	0,00	0,00
6	> 55	0,00	0,00
TOTAL		198.032,33	100,00



Mapa 7.2. Áreas de deflación



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

	Superficie (ha)	(%)
Áreas de deflación	0,00	0,00

Fuente: Modelo Digital del Terreno del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Elaboración propia.

Mapa 7.3. Índice de erosión eólica en áreas de deflación



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Índice de erosión eólica	
Inapreciable	
Baja	
Moderada	
Acusada	
Alta	
Muy alta	



Mapa 7.4. Riesgo de erosión eólica



Signos convencionales	
—	Autopista / Autovía
—	Carretera nacional
—	Río
—	Ferrocarril
- - -	Límite municipal

Riesgo de erosión eólica	
Muy bajo	(Dark Green)
Bajo	(Light Green)
Medio	(Yellow)
Alto	(Orange)
Muy alto	(Brown)
Láminas de agua superficiales y humedales	(Blue)
Superficies artificiales	(Grey)



Tabla 7.4. Superficies según riesgo de erosión eólica

Riesgo de erosión eólica	Superficie geográfica	
	ha	%
Muy bajo	184.623,64	93,23
Bajo	0,00	0,00
Medio	0,00	0,00
Alto	0,00	0,00
Muy alto	0,00	0,00
SUPERFICIE EROSIONABLE	184.623,64	93,23
Láminas de agua superficiales y humedales	1.229,89	0,62
Superficies artificiales	12.178,80	6,15
TOTAL	198.032,33	100,00

Nota: Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

Gráfico 7.4. Superficies según riesgo de erosión eólica

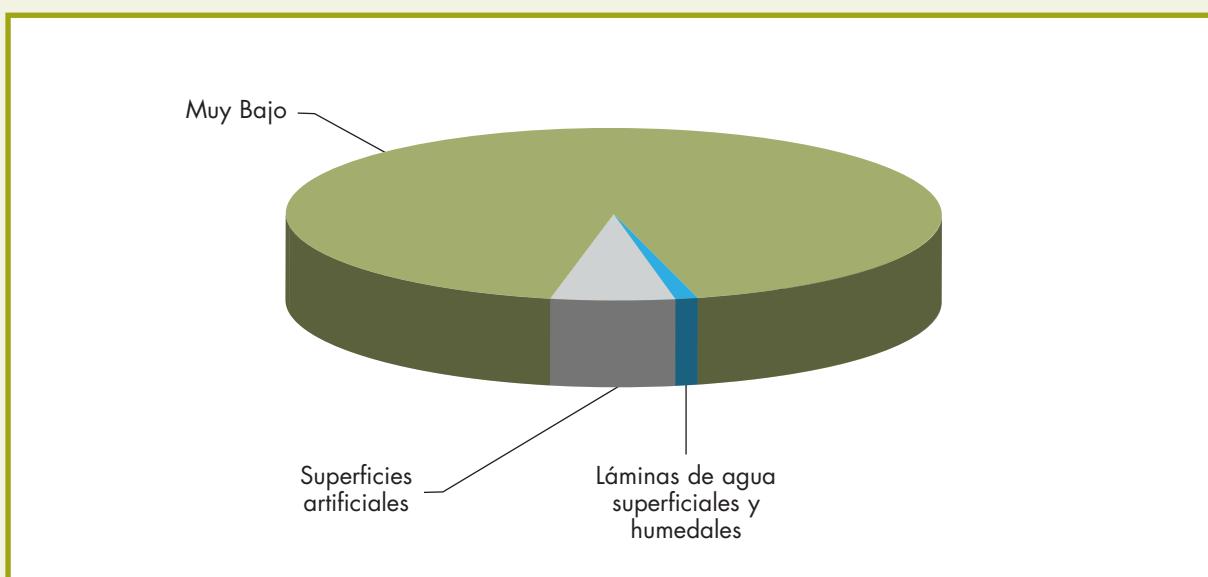




Tabla 7.5. Superficies según vegetación y riesgo de erosión eólica

Vegetación	Riesgo de erosión eólica										Superficie geográfica	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Forestal arbolado	122.636,52	61,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122.636,52	61,93
Forestal desarbolado	23.888,28	12,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23.888,28	12,06
Cultivos	38.098,84	19,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38.098,84	19,24
SUPERFICIE EROSIONABLE	184.623,64	93,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	184.623,64	93,23
Láminas de agua superficiales y humedales											1.229,89	0,62
Superficies artificiales											12.178,80	6,15
TOTAL											198.032,33	100,00

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie geográfica de la provincia.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



Tabla 7.6. Superficies según términos municipales y riesgo de erosión eólica

Término municipal	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Abaltzisketa	1.103,75	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.103,75	
Aduna	641,93	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	641,93	
Aia	5.395,46	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.395,46	
Aizarnazabal	607,04	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	607,04	
Albiztur	1.279,99	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.279,99	
Alegia	721,18	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	721,18	
Alkiza	1.183,80	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.183,80	
Altzaga	246,48	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	246,48	
Altzo	909,99	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	909,99	
Amezketa	2.035,19	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.035,19	
Andoain	2.412,07	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.412,07	
Anoeta	375,57	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	375,57	
Antzuola	2.703,95	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.703,95	
Arama	117,08	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	117,08	
Aretxabaleta	2.741,04	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.741,04	
Arrasate o Mondragón	2.722,47	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.722,47	
Asteasu	1.611,03	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.611,03	
Astigarraga	1.034,89	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.034,89	
Ataun	5.826,62	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.826,62	
Azkoitia	5.247,61	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.247,61	
Azpeitia	6.569,68	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.569,68	
Baliarrain	266,99	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	266,99	
Beasain	2.737,54	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.737,54	
Beizama	1.619,78	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.619,78	
Belauntza	321,40	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	321,40	
Berastegi	4.524,37	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.524,37	
Bergara	7.097,92	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.097,92	
Berrobi	265,24	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	265,24	
Bidegoyan	1.315,51	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.315,51	
Comunidad de Amezketxe y Ordizia (Sierra de Aralar)	3.408,62	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.408,62	
Deba	4.792,87	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.792,87	
Donostia-San Sebastián	4.003,52	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.003,52	
Eibar	2.256,09	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.256,09	
Eduain	2.488,18	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.488,18	

sigue ►►



Tabla 7.6. Superficies según términos municipales y riesgo de erosión eólica (cont.)

Término municipal	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Elgeta	1.621,97	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.621,97	
Elgoibar	3.658,54	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.658,54	
Errenteria	2.791,64	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.791,64	
Errezil	3.219,93	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.219,93	
Eskoriatza	3.927,47	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.927,47	
Ezkio-Itsaso	2.065,27	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.065,27	
Gabiria	1.412,27	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.412,27	
Gaintza	592,59	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	592,59	
Gaztelu	909,80	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	909,80	
Getaria	1.000,55	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.000,55	
Hernani	3.584,36	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.584,36	
Hernialde	412,47	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	412,47	
Hondarribia	2.437,02	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.437,02	
Ibarra	454,87	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	454,87	
Idiazabal	2.726,66	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.726,66	
Ikaztegieta	178,06	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	178,06	
Irun	3.327,56	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.327,56	
Irura	248,48	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	248,48	
Itsasondo	857,52	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	857,52	
Larraul	582,71	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	582,71	
Lasarte-Oria	429,23	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	429,23	
Lazkao	1.026,01	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.026,01	
Leaburu	333,98	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333,98	
Legazpi	3.968,93	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.968,93	
Legorreta	797,04	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	797,04	
Leintz-Gatzaga	1.453,92	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.453,92	
Lezo	733,06	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	733,06	
Lizartza	1.214,07	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.214,07	
Mendaro	2.461,73	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.461,73	
Mutiloa	820,93	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	820,93	
Mutriku	2.647,67	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.647,67	
Oiartzun	5.494,47	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.494,47	
Olaberria	612,35	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	612,35	
Oñati	10.444,37	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10.444,37	
Ordizia	459,50	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	459,50	
Orendain	624,80	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	624,80	
Orexu	582,08	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	582,08	
Orio	827,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	827,00	

sigue ►



Tabla 7.6. Superficies según términos municipales y riesgo de erosión eólica (cont.)

Término municipal	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Ormaiztegi	603,72	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	603,72	
Parzonería de Guipúzcoa y Alava	3.677,68	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.677,68	
Pasaia	964,84	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	964,84	
Segura	883,54	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	883,54	
Soraluze/ Placencia de las Armas	1.337,84	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.337,84	
Tolosa	3.483,54	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.483,54	
Urnieta	2.086,41	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.086,41	
Urretxu	675,21	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	675,21	
Usurbil	2.304,18	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.304,18	
Villabona	1.632,42	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.632,42	
Zaldibia	1.604,90	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.604,90	
Zarautz	1.166,29	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.166,29	
Zegama	3.409,06	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.409,06	
Zerain	1.020,88	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.020,88	
Zestoa	4.181,52	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.181,52	
Zizurkil	1.491,82	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.491,82	
Zumaia	889,23	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	889,23	
Zumarraga	1.684,83	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.684,83	
TOTAL	184.623,64	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	184.623,64	

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie erosionable de cada término municipal.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



Tabla 7.7. Superficies según unidades hidrológicas y riesgo de erosión eólica

Unidad hidrológica	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
1011	356,18	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	356,18	
1012	2.035,63	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.035,63	
1013	4.669,85	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.669,85	
1014	6.614,91	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.614,91	
1015	766,46	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	766,46	
1017	1.683,39	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.683,39	
1018	7.247,97	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.247,97	
1019	2.202,24	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.202,24	
1020	32.978,24	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32.978,24	
1021	5.707,99	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.707,99	
1022	2.158,15	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.158,15	
1023	3.240,13	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.240,13	
1024	50,66	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,66	
1025	3.298,86	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.298,86	
1026	7.544,54	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.544,54	
1027	6.826,62	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.826,62	
1028	9.923,84	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.923,84	
1029	2.808,02	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.808,02	
1030	12.111,93	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12.111,93	
1031	9.588,99	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.588,99	
1032	4.676,10	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.676,10	
1033	2.914,66	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.914,66	
1034	3.386,85	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.386,85	
1035	1.262,79	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.262,79	
1036	8.670,11	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8.670,11	
1037	10.705,67	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10.705,67	
1038	2.360,66	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.360,66	
1039	247,98	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	247,98	
1040	10.651,21	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10.651,21	
1041	2.416,32	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.416,32	
1042	9.383,85	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.383,85	
1043	2.010,36	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.010,36	
1044	504,97	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	504,97	
1060	103,82	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	103,82	
9058	701,79	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	701,79	
9220	18,32	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,32	
9221	2.793,58	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.793,58	
TOTAL	184.623,64	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	184.623,64	

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie erosionable de cada unidad hidrológica.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



Tabla 7.8. Superficies según régimen de propiedad y riesgo de erosión eólica

Régimen de propiedad	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	6.807,10	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.807,10	
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	654,19	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	654,19	
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. consorciados o conveniados	2.266,72	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.266,72	
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	24.386,50	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24.386,50	
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	3.461,90	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.461,90	
Montes de propiedades peculiares no consorciados ni conveniados	892,73	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	892,73	
Montes privados de particulares no consorciados ni conveniados y terrenos no forestales públicos o privados	139.784,88	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	139.784,88	

sigue ►



Tabla 7.8. Superficies según régimen de propiedad y riesgo de erosión eólica

Régimen de propiedad	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Montes privados de empresas no consorciados ni conveniados	5.841,14	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.841,14	
Montes privados de sociedades vecinales no consorciados ni conveniados	528,48	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	528,48	
TOTAL	184.623,64	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	184.623,64	

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie erosionable de cada tipo de régimen de propiedad.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.

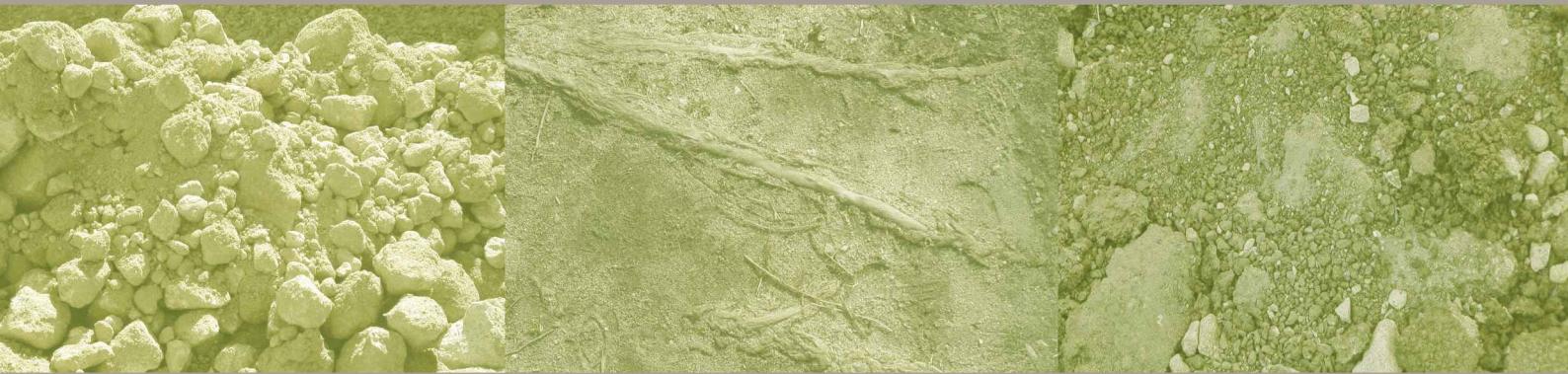


Tabla 7.9. Superficies según régimen de protección y riesgo de erosión eólica

Régimen de protección	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Parque Natural	31.521,45	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31.521,45	
Biotopo Protegido	632,62	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	632,62	
Sin protección	152.469,57	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	152.469,57	
TOTAL	184.623,64	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	184.623,64	

Notas: Los porcentajes están referidos a la superficie erosionable de cada tipo de régimen de protección.

Véase la definición de superficie erosionable en la introducción del punto 3.4.



8. 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. 1999. Mapa Geomorfológico a escala 1:25.000.

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). Gipuzkoa.

DIRECCIÓN GENERAL PARA LA BIODIVERSIDAD. 2002. Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50). Gipuzkoa.

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). Gipuzkoa.

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. 1974. Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. San Sebastián.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. 1974. Mapa Geotécnico General, escala 1:200.000. Bilbao.

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 (2^a 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).TOLE

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 nº 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 nº 537. Agricultural Research Service.



9. Cartografía



Adjunta a esta publicación se edita la siguiente cartografía a escala 1:250.000:

Mapa nº 1: Erosión laminar y en regueros.

Mapa nº 2: Zonas de erosión en cárcavas y barrancos.

Mapa nº 3: Potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa.

Mapa nº 4: Riesgo de erosión en cauces por unidades hidrológicas.

Mapa nº 5: Riesgo de erosión eólica.

En el CD-ROM adjunto se incluye una aplicación informática para la visualización de esta cartografía, así como para su consulta por términos municipales o unidades hidrológicas. Esta aplicación también permite consultar los datos correspondientes a las parcelas de campo.

Asimismo, en dicho CD-ROM se incluye, dentro de la carpeta “\Cartografía”, los ficheros correspondientes a estos cinco mapas, en el formato estándar de exportación e00, dentro de archivos autodescomprimibles.

notas

notas

notas

notas

notas

