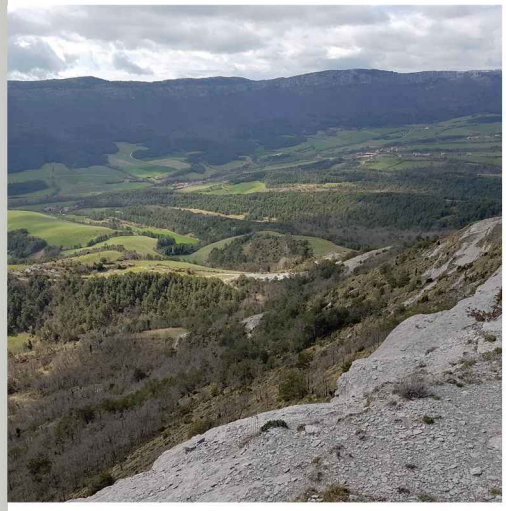
inventario nacional erosión suelos



2018

ARABA/ÁLAVA

País Vasco

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

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: Alejandro Cantero Amiano

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

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

Maquetación, producción, fotomecánica e impresión:
Editorial MIC, S.L.

Diseño: Miguel Mansanet, S.L.

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

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado: http://publicacionesoficiales.boe.es/

NIPO: 003-19-168-7
ISBN: 978-84-491-9900-4
Depósito Legal: M-23868-2019

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 ARABA/ÁLAVA 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 105
3.6. Comparaciones 109
3.7. Erosión potencial (laminar y en regueros) 115
3.8. Suelos esqueléticos y/o degradados por erosión laminar y en regueros 119
4. EROSIÓN EN CÁRCAVAS Y BARRANCOS EN ARABA/ÁLAVA 123
5. MOVIMIENTOS EN MASA EN ARABA/ÁLAVA 135
6. EROSIÓN EN CAUCES EN ARABA/ÁLAVA 167
7. EROSIÓN EÓLICA EN ARABA/ÁLAVA 181
8. BIBLIOGRAFÍA 201
9. CARTOGRAFÍA 207

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 de la Diputación Foral de Araba/Álava.

Se agradece también la labor de redacción del prólogo a D. Alejandro Cantero Amiano, Ingeniero de Montes de la fundación HAZI.

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

Aunque suene un poco tópica la frase, es un orgullo para mí poder prologar esta obra, ya que se centra en mi provincia adoptiva y porque se trata de un gran trabajo desarrollado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

Estamos ante una obra monumental. Monumental era la tarea a la que se enfrentaron históricamente, con escasos medios, los Ingenieros Forestales y de Montes, tratando de frenar la erosión y de proteger los suelos de nuestros montes. Monumental es la idea de emplear los datos y las técnicas disponibles para cuantificar las pérdidas de suelo y los riesgos naturales ligados a fenómenos geomorfológicos. Y monumental es el trabajo de campo y de gabinete acometido por los equipos humanos del MAPA, con miles y miles de parcelas de campo levantadas por toda la geografía española y con un enorme volumen de información a procesar posteriormente y siguiendo una metodología común a lo largo de muchos años.

Los Territorios Históricos del País Vasco, los más pequeños en extensión dentro del conjunto español, son los últimos en cerrar el primer ciclo del INES, como en su momento cerraron cronológicamente IFN2 e IFN3. Presentan diversas particularidades forestales, como la existencia de una legislación y una Administración forestal propia, un equilibrio en superficie total de bosques naturales frente a las plantaciones forestales y, en el caso alavés, un extenso patrimonio en forma de centenares de Montes de Utilidad Pública, los cuales llegan nada menos que a cubrir la mitad de la extensión geográfica total de la Provincia.

Como el conjunto de España, los Territorios vascos también han ido cambiando su socio-economía a lo largo de la segunda mitad del siglo XX. Álava fue la provincia española con menor población entre 1900 y 1970, periodo de tiempo en que dobló su población desde menos de 100.000 hasta casi 200.000 habitantes (www.ine.es) y así pudo abandonar ese *farolillo rojo.* Como tantos otros, fue pasando a lo largo del siglo XX de ser un territorio eminentemente agrario, con la mayor parte de su población viviendo del sector primario y repartida en innumerables pueblos, a ser hoy un territorio centrado en la industria y en el sector terciario, con una marcada macrocefalia y dependencia de la capital, Vitoria/Gasteiz.

La Norma Foral de Montes de Álava nº 11/2007, de 26 de marzo, es la legislación básica forestal de este Territorio. Esta Norma cita en su Título III, Art. 10, los 9 Principios de actuación a los que deben encaminarse toda actuación sobre los montes alaveses y las funciones sociales a las que se hallan afectos. En concreto, sus tres primeros Principios de actuación hacen referencia a los suelos:

a) Conservar y mejorar el medio montano y las condiciones ecológicas y paisajísticas de los montes y suelos forestales.

b) Mantener y restaurar la cubierta vegetal, mejorar la calidad de los suelos y del agua y evitar la erosión y la desertificación.

c) Garantizar la gestión ordenada y sostenible de todo tipo de montes y suelos forestales para que puedan desempeñar sus funciones ambientales, protectoras, sociales y económicas.

El medio físico alavés

Álava es un territorio de transición climática entre el Mar Cantábrico y la Depresión del Ebro, recorrido por varias cadenas montañosas orientadas oeste-este y que conectan los Pirineos con la Cordillera Cantábrica. Aparece un marcado gradiente pluviómetico descendente hacia el sur y un marcado contraste entre las temperaturas invernales y veraniegas, como consecuencia de los matices continentales que se van reforzando según se desciende en latitud.

Como resaltaba José María Susaeta en su obra *Sobre la evolución del relieve del suelo en Álava,* publicada en la Revista internacional de los estudios vascos (1925):

> *Cuando el plegamiento de los Pirineos vascos dio a Álava su relieve tectónico, comenzó el trabajo lento pero continuado de la erosión fluvial; corroyendo su modelado virgen, demoliendo las altas cumbres de sus jóvenes sierras, ahuecando en las laderas de sus montes septentrionales transformándolos en llanadas, haciendo resaltar por lo desigual de su acción según la dureza de los materiales, vigorosos relieves que hoy constituyen elevadas montañas (…)*

La zona alavesa situada más al norte pertenece a la vertiente cantábrica, cubriendo la mayor parte de la comarca Cantábrica Alavesa y del Valle de Aramaio. Desde el punto de vista de la erosión hídrica, destaca por la dominancia de montes de pendientes moderadas o fuertes, por el riesgo de deslizamientos de laderas en episodios de fuertes lluvias y por la alta torrencialidad de sus lluvias, con una importante parte de la población viviendo en el fondo de cauces con alto riesgo de inundación. La existencia de extensos pinares plantados y bien gestionados frena esos riesgos naturales, pero la continuidad futura de esa actividad económica se encuentra en una encrucijada debido a los riesgos fitosanitarios en esos pinares y a la falta de continuidad en el relevo generacional.

Las cadenas montañosas de la divisoria de aguas cantábrico-mediterránea presentan también excelentes condiciones para el crecimiento de masas forestales y de pastos montanos, pero también abundan las laderas con riesgo de erosión remontante, de

desprendimientos y de deslizamientos del terreno. Las considerables pendientes y la torrencialidad de la lluvia se unen a la altitud, los fuertes vientos y a unas bajas temperaturas medias, por lo que el pino radiata se ve sustituido por otras especies más adaptadas a la nieve y el frío.

Por último, la mayor parte del centro y sur de Álava aporta sus aguas al Ebro, río que constituye el límite meridional del Territorio. Dominan los cultivos en las zonas bajas y los bosques naturales de pino silvestre y fagáceas en sus montes, principalmente de propiedad pública de los Pueblos. La torrencialidad y las pendientes medias son menores que en el tercio norte, pero las litologías margosas, arenosas o de cortados calizos pasan a ser factores de riesgo desde el punto de vista de la erosión hídrica.

En la comarca situada más al sur y menos húmeda, la Rioja Alavesa, se une un elevado riesgo de incendio con un considerable riesgo de erosión hídrica, debido a sus condiciones naturales de solana y a las prácticas seculares que se han venido empleando para gestionar sus terrenos.

Manuel Mª Ruiz Urrestarazu, Doctor Ingeniero de Montes y antiguo Director de Medio Ambiente de la Diputación Foral de Álava, escribió en un artículo titulado *Montes y bosques vascos* (2001):

> *El monte como soporte y en tiempos históricos ha variado relativamente poco en su aspecto orográfico o de relieve, si bien ha habido procesos erosivos de importancia en la vertiente mediterránea, perceptibles sobre todo en Navarra, por ceñirnos al ámbito cultural e histórico de Vasconia, ya que en Aragón y Cataluña aún son más aparentes. Recordemos que Tortosa, en la desembocadura del Ebro, era puerto de mar en época romana y hoy queda tierra adentro, desde que en la Baja Edad Media se formara el actual Delta del Ebro, producto de la erosión de su cuenca al disminuir los bosques de los montes que constituían la misma.*

A lo largo del siglo XX, la expansión de los bosques, naturales o plantados, junto con una adecuada gestión del territorio y un descenso del nivel de aprovechamiento de los cultivos y montes, han contribuido a frenar la erosión de los suelos alaveses, pero el riesgo sigue latente.

Una mirada al futuro

Las nuevas tecnologías como el empleo de satélites, estaciones meteorológicas conectadas o sensores sobre el terreno permitirán mejorar futuras actualizaciones del INES y, esperemos, facilitar los trabajos de campo y abaratar costes. La dificultad de

muestrear y remuestrear cientos de calicatas, analizar sus horizontes en laboratorio e interpretar los resultados ya fue comprobada en los suelos forestales de la red Basonet, instalada por IKT (hoy HAZI) entre 2001 y 2011 por encargo del Gobierno Vasco y las Diputaciones Forales.

Aunque esas nuevas tecnologías faciliten el seguimiento a distancia, siempre habrá que enviar equipos de medición al terreno, a salir de la comodidad del despacho, a embarrarse y a medir parcelas de muestreo. El fruto de este esfuerzo suele ser reconfortante, ya que los datos de esas mediciones no sólo sirven para cuantificar problemas como la erosión o los deslizamientos, sino que también son básicos para conocer mejor la ecología o los niveles de crecimiento de los bosques y su capacidad de captación de carbono.

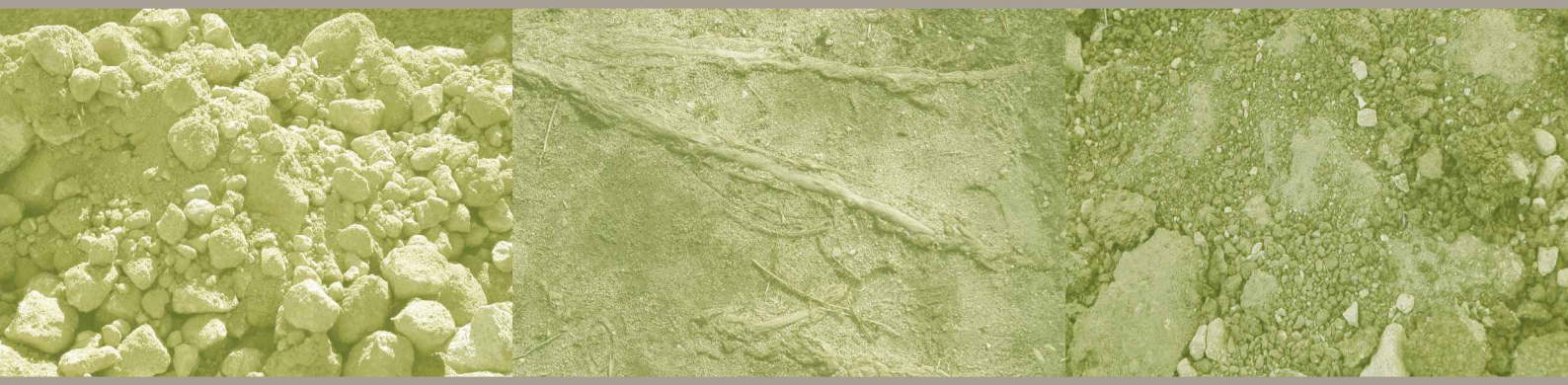
Un recurso natural tan básico y tan poco renovable como los suelos requiere de mediciones estandarizadas y periódicas de su espesor útil y de sus características físico-químicas. Así como su formación y evolución son procesos lentos y laboriosos, la degradación de un suelo puede ser rápida, como bien se puede comprobar en este trabajo.

Ecología, climatología, botánica, hidrología… diversas asignaturas propias de las titulaciones forestales se aúnan en las siguientes páginas y mapas. Creo sinceramente que habría que dar más difusión al gran trabajo que constituye el INES y a su primo hermano, el IFN.

Otras herramientas legales como el Plan Forestal Vasco 1994-2030 o el Plan Territorial Sectorial Agroforestal de la CAPV (actualizado en 2014) dedican varios apartados a remarcar que corresponde a la Administración Forestal la defensa y restauración hidrológica-forestal, mediante los proyectos y actuaciones concretas que sean necesarios para la protección y conservación de suelos forestales, corrección de torrentes y fijación de suelos inestables, con el fin de regularizar el régimen de las aguas y contribuir a la defensa de infraestructuras como embalses o vías de comunicación.

Obras interdisciplinares como el presente trabajo permiten cartografiar los problemas erosivos actuales y analizar las consecuencias. También contribuyen, sin duda, a cuantificar los riesgos naturales del territorio alavés y a guiar a propietarios de terrenos y gestores forestales en esta tarea preventiva y ejecutiva de defensa de los suelos y restauración hidrológica-forestal. Por nuestro bien y por el bien de las generaciones futuras.

Alejandro Cantero Amiano



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

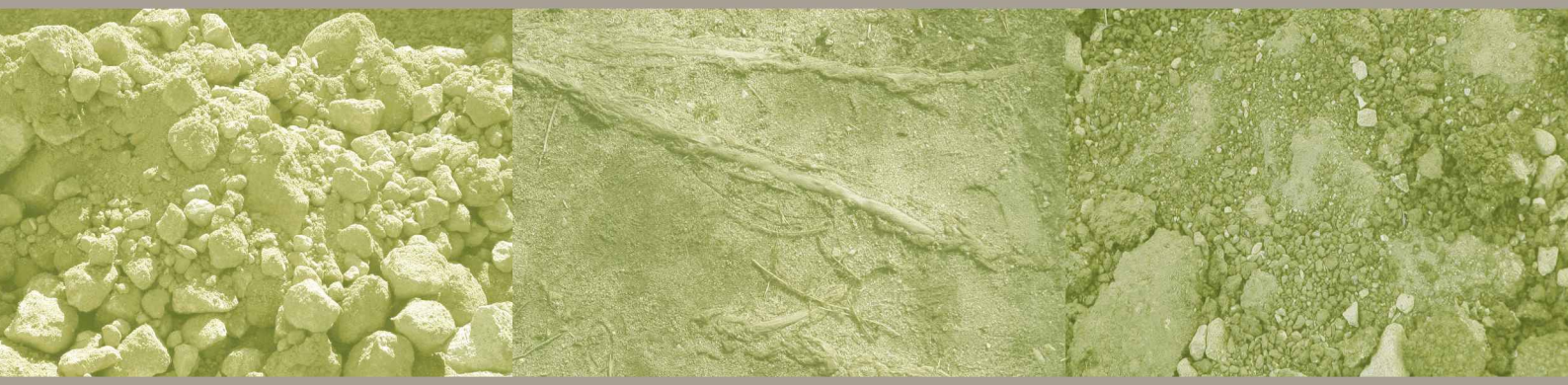
– cualquier otro instrumento de planificación territorial, incluyendo planes de ordenación agrohidrológica y planes de ordenación agraria

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 x I_{30}) en el período considerado, donde E es la energía cinética de una precipitación determinada e I_{30} es la intensidad máxima en 30 minutos de la misma. El índice de erosión es una medida de la fuerza erosiva de una precipitación determinada.

K: Factor erosionabilidad del suelo. Es el valor de las pérdidas de suelo por unidad del índice de erosión pluvial, para un suelo determinado en barbecho continuo, con una pendiente del 9% y una longitud de ladera de 22,1 m.

L: Factor longitud de ladera. Es la relación entre la pérdida de suelo para una longitud de ladera determinada y la pérdida para una longitud de 22,1 m del mismo tipo de suelo y vegetación o uso.

S: Factor pendiente. Es la relación entre las pérdidas para una pendiente determinada y las pérdidas para una pendiente del 9% del mismo tipo de suelo y vegetación o uso.

C: Factor cubierta y manejo. Es la relación entre las pérdidas de suelo en un terreno cultivado en condiciones específicas o con determinada vegetación natural y las pérdidas correspondientes de un suelo en barbecho continuo.

P: Factor de prácticas de conservación del suelo. Es la relación entre las pérdidas de suelo con cultivo a nivel, en fajas, en terrazas, en bancales o con drenaje subsuperficial, y las pérdidas de suelo correspondientes a labor en línea de máxima pendiente.

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 cabida 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 muestrea 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.

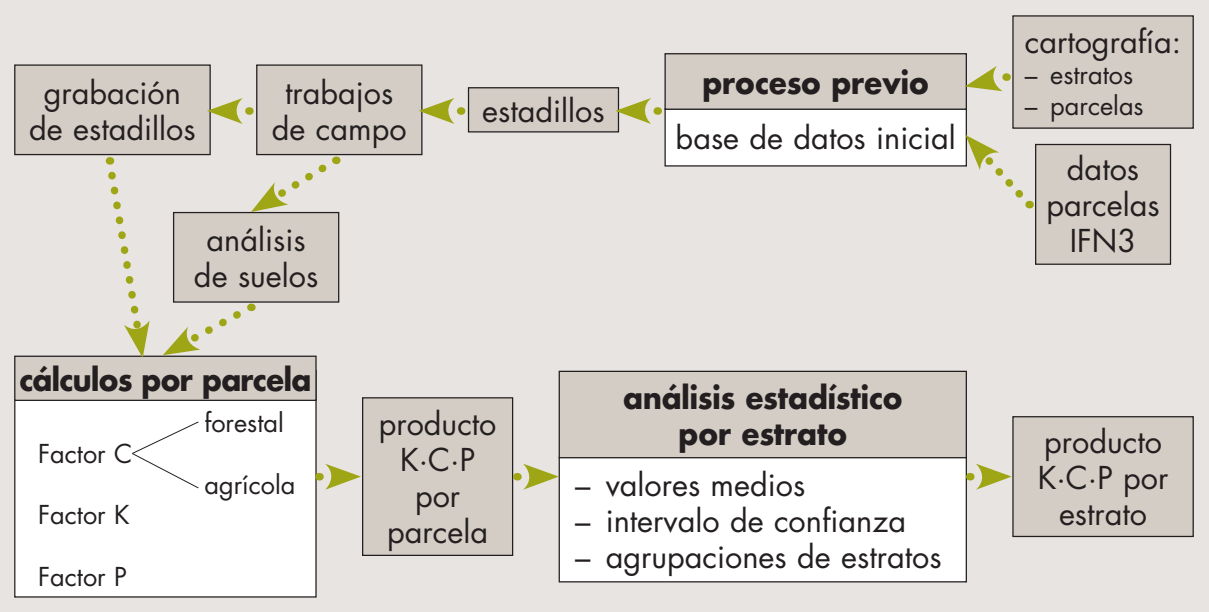


Figura 1. Esquema del proceso de cálculo de los factores K, C y P del modelo RUSLE.

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.

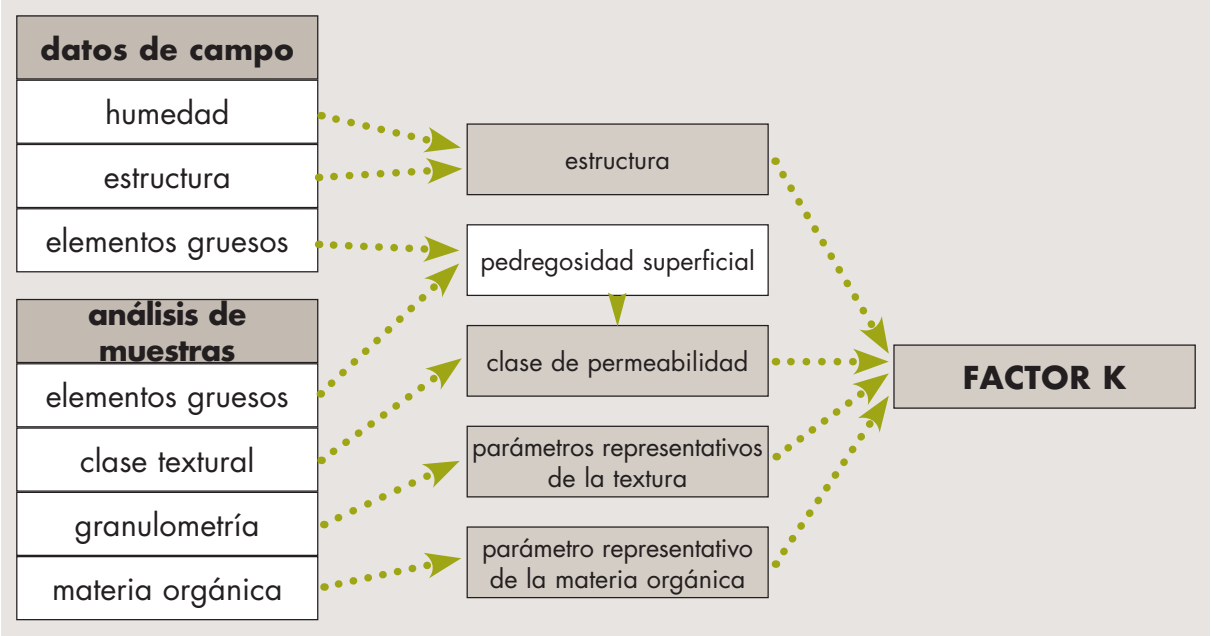


Figura 2. Esquema del proceso de cálculo del factor K.

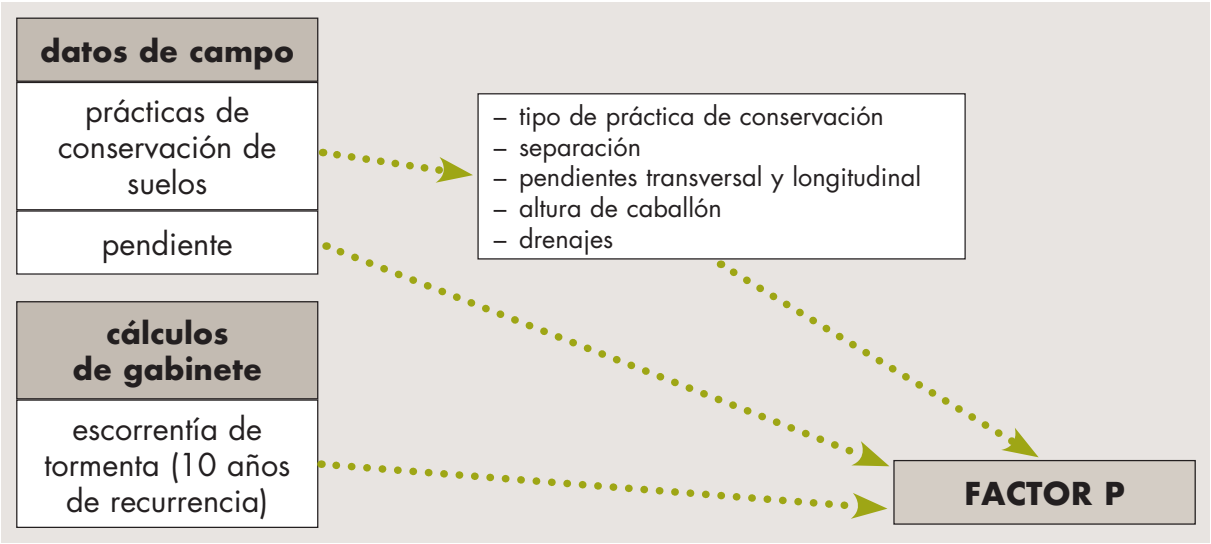


Figura 3. Esquema del proceso de cálculo del factor P.

– 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

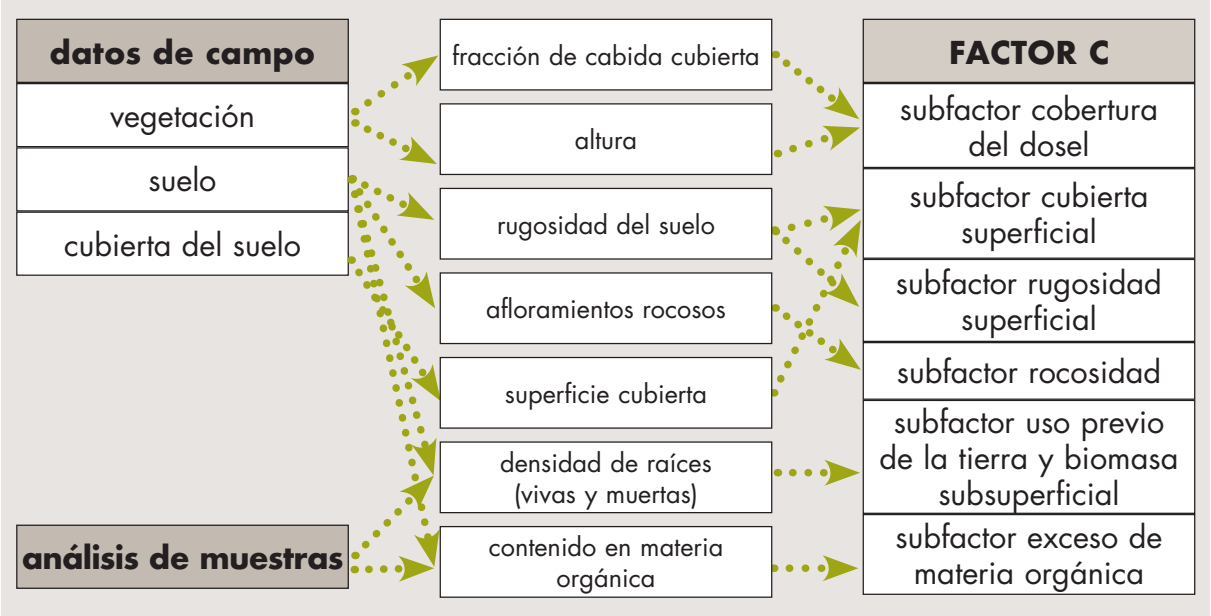


Figura 4. Esquema del proceso de cálculo del factor C en cubiertas permanentes.

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 periodos 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 $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$.

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 $mm.año^{-1}$ 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	≥50 y ≤100
Moderada	≥25 y <50
Grave	≥10 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 $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, 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.

Aparte 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 Araba/Álava se han utilizado fotografías aéreas digitales con una resolución de 0,22 m correspondientes a vuelos realizados en julio, agosto, 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).

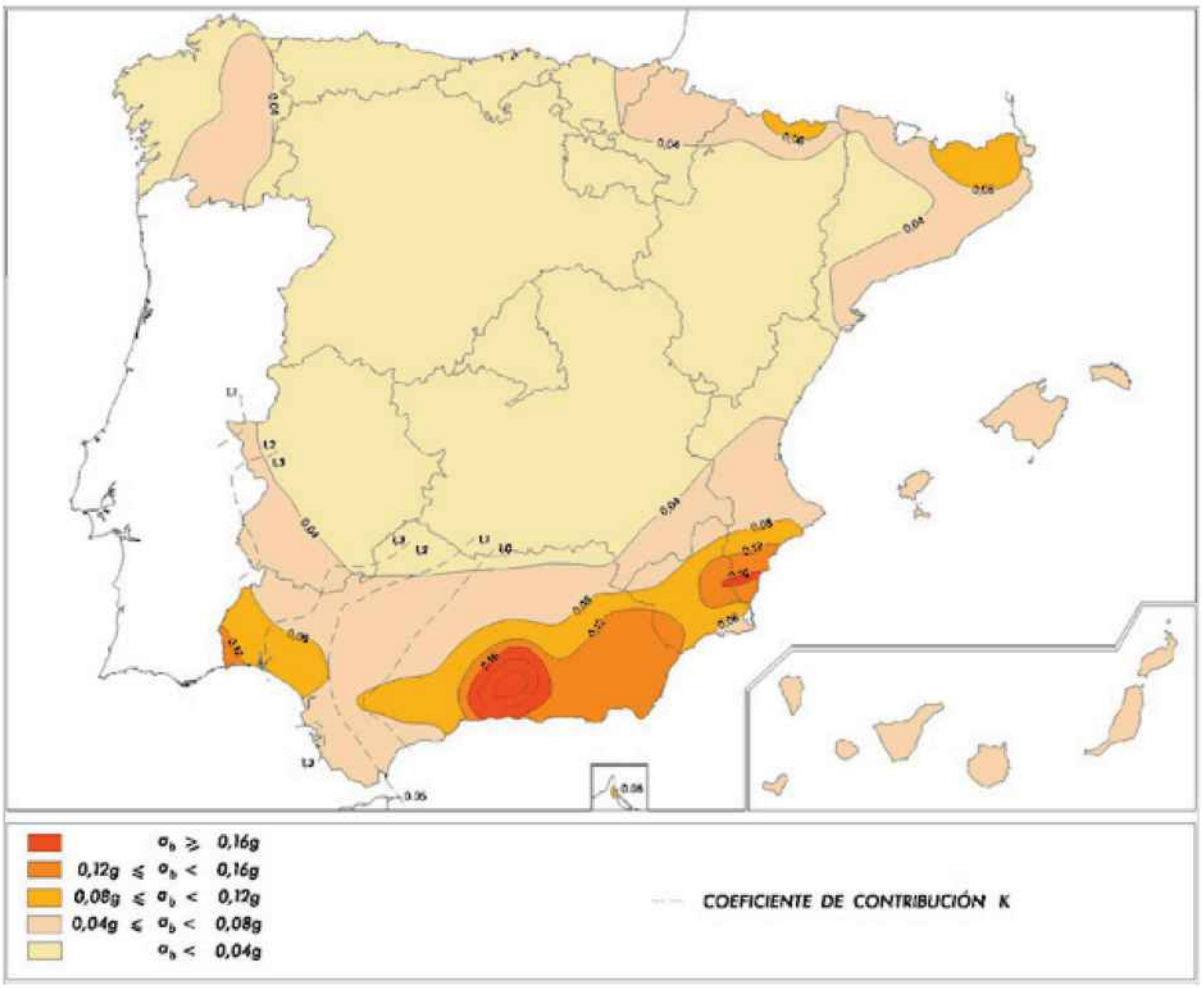


Figura 5. Mapa sísmico de la Norma de Construcción Sismorresistente.

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 (≤15%)	0
Media (>15 y ≤30%)	1
Alta (>30 y ≤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 y ≤1.200	≤100	1
>600 y ≤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:

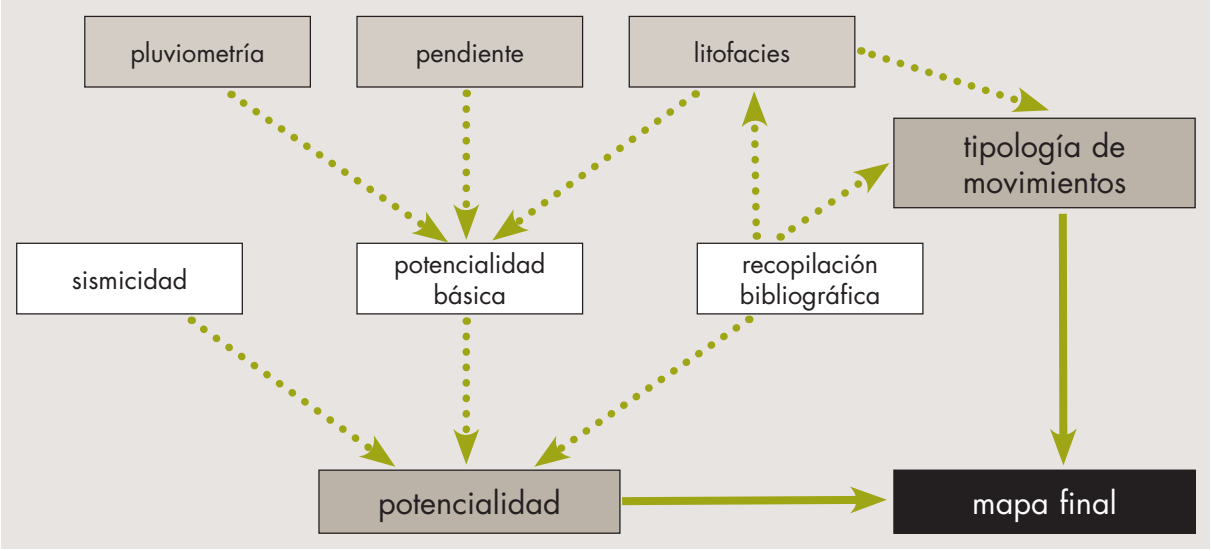


Figura 6. Esquema de la metodología para inventariar las zonas potenciales de movimientos en masa.

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 (T100). 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 y ≤10	2
>10 y ≤20	3
>20 y ≤30	4
>30 y ≤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.

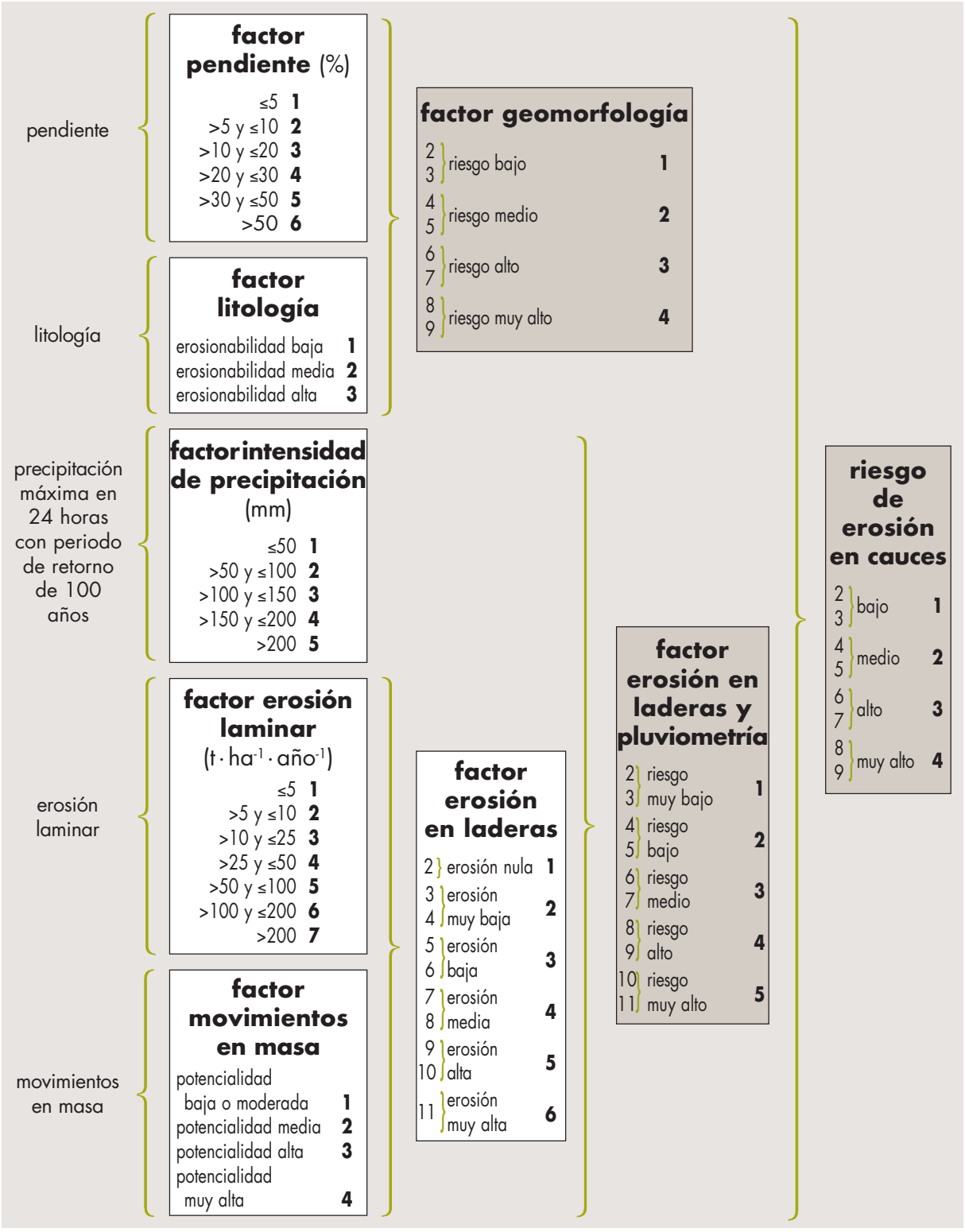


Figura 7. Esquema del proceso seguido para asignar un valor de riesgo de erosión en cauces en una unidad hidrológica.

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).

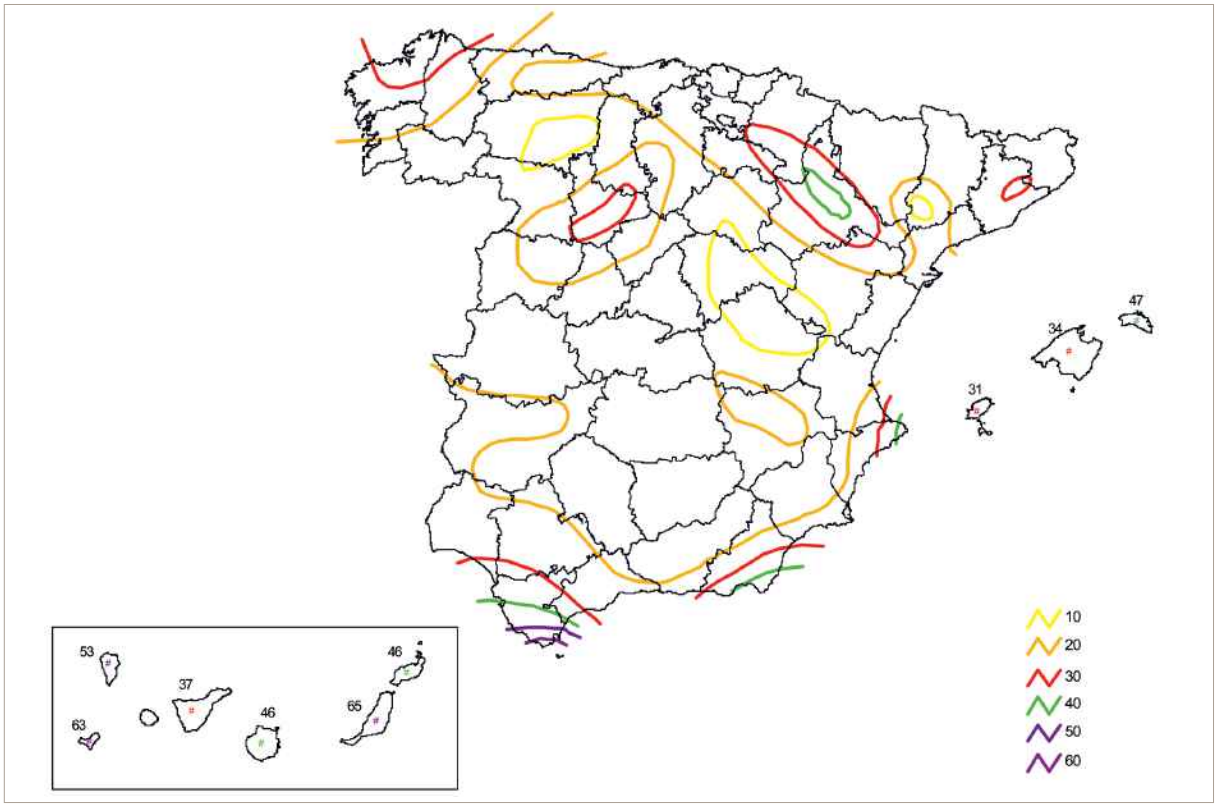


Figura 8. Mapa Eólico Nacional (Agencia Estatal de Meteorología).

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 $m \cdot s^{-1}$	Índice de viento
≤19	1
>19 y ≤28	2
>28 y ≤37	3
>37 y ≤46	4
>46 y ≤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 ál., 1991):

Vegetación	Índice de protección
Arbolado denso	0,7
Arbolado claro	0,5
Matorral denso	0,7
Matorral claro	0,5
Herbazal	0,6
Cultivo de regadío	0,7
Cultivo de secano	0,3
Espartizal	0,3
Improductivo	0,2

Por último se 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
≥4,55 y ≤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 ≤2,4	3
>0,8 y ≤1,5	4
≤0,8	5

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

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

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

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).

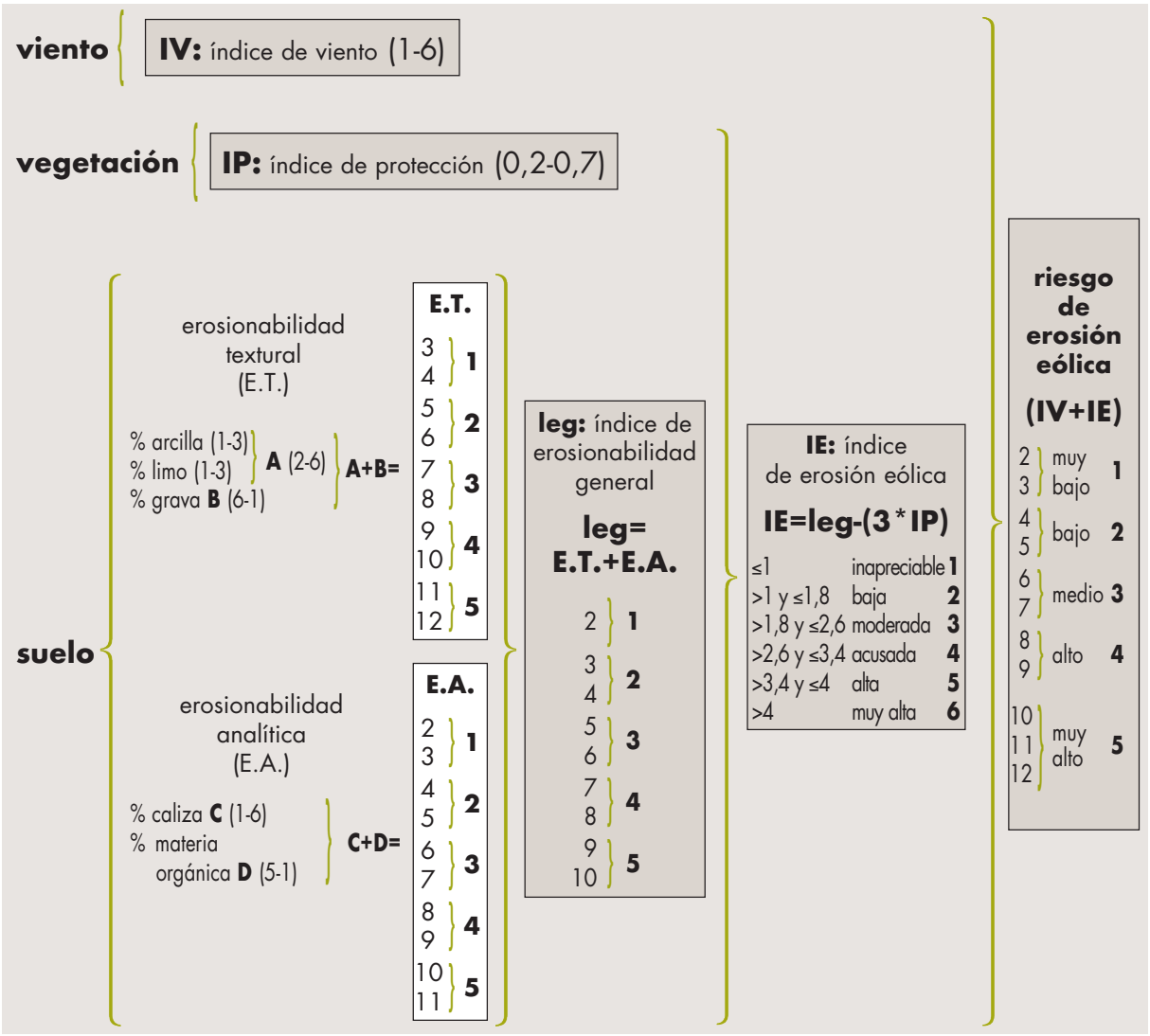
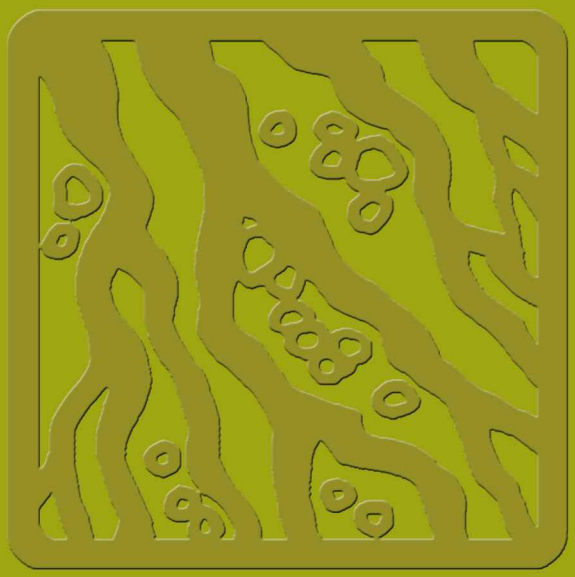


Figura 9. Esquema del cálculo del riesgo de erosión eólica en áreas de deflación.



3. Erosión laminar y en regueros en Araba/Álava

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 Araba/Álava.

Tabla 3.1.1. Estaciones meteorológicas utilizadas de la provincia de Araba/Álava.

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 Araba/Álava.

Mapa 3.1.1. Estaciones meteorológicas utilizadas de la provincia de Araba/Álava

Signos convencionales

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

Tipo de estación
▲ Completa
△ Termopluviométrica
▲ Pluviométrica

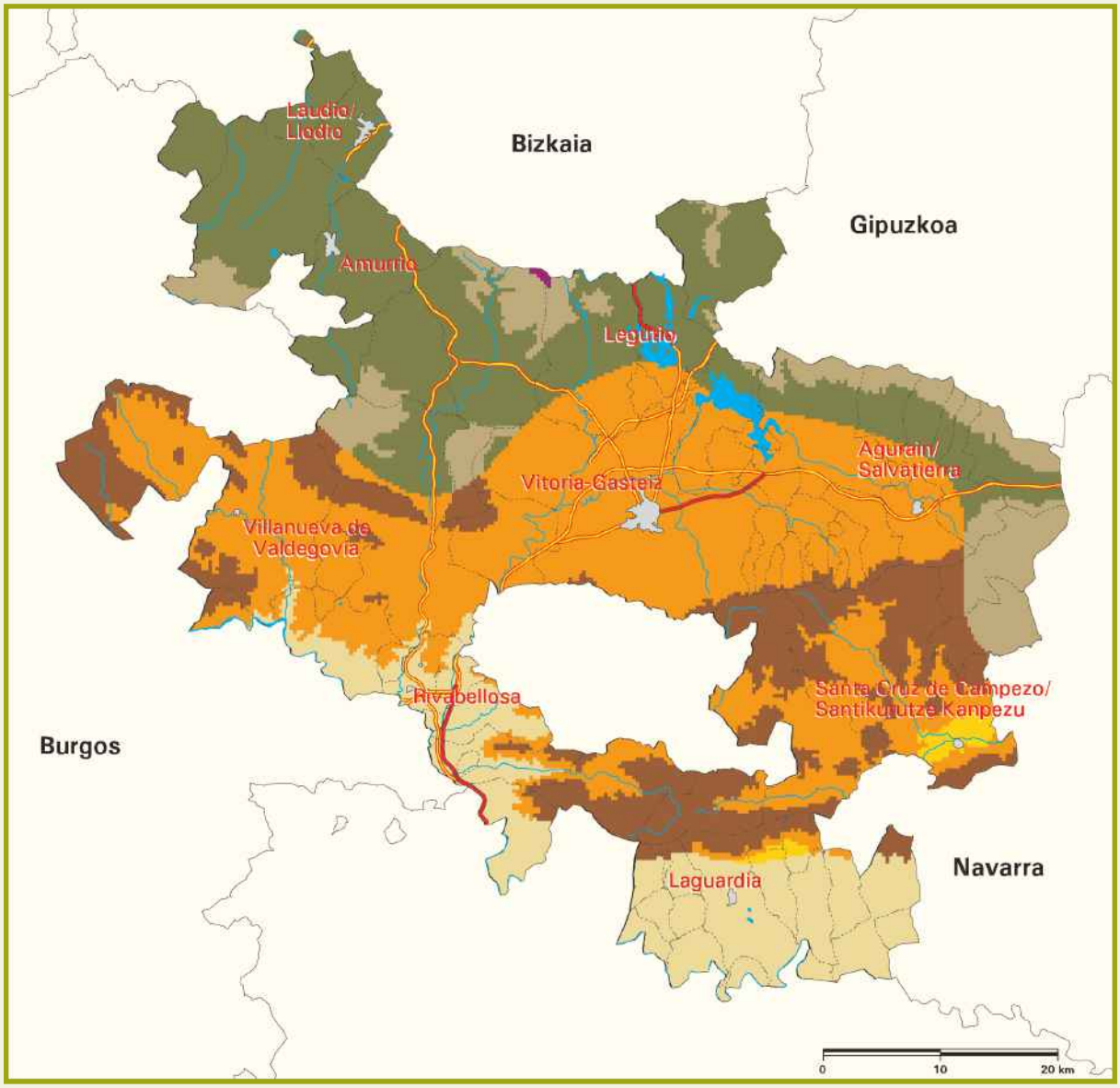
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
Elaboración propia.

Tabla 3.1.1. Estaciones meteorológicas utilizadas de la provincia de Araba/Álava

Indicativo	Estación	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Tipo
1060	AMURRIO (INSTITUTO)	03°00'22'' W	43°03'05''	219	T
9064	SALINAS DE AÑANA	02°59'17'' W	42°48'07''	566	P
9076	ULLIVARRI GAMBOA (PRESA)	02°36'35'' W	42°55'47''	570	T
9078	ALBINA (EMBALSE)	02°37'47'' W	42°59'33''	600	P
9080	URRUNAGA (PRESA)	02°39'03'' W	42°57'30''	540	T
9081	RETANA AMVISA	02°39'03'' W	42°54'09''	527	P
9086	ARCAUTE	02°37'29'' W	42°51'08''	515	T
9103	PEÑACERRADA	02°42'51'' W	42°38'38''	744	T
9175	LAGRÁN (VILLAVERDE)	02°35'08'' W	42°37'30''	756	P
9176	BERNEDO	02°29'51'' W	42°37'33''	740	P
9062V	VILLANUEVA DE VALDEGOVÍA	03°05'43'' W	42°50'57''	557	T
9064A	SALINAS DE AÑANA (MONASTERIO)	02°59'01'' W	42°47'52''	620	P
9072I	SENDADIANO	02°54'34'' W	42°53'22''	604	P
9073I	OPACUA	02°21'33'' W	42°49'37''	674	P
9074A	SALVATIERRA COL CLARET	02°23'35'' W	42°51'13''	590	T
9074C	ARRIOLA	02°23'34'' W	42°54'44''	638	P
9076G	DURANA (AMVISA)	02°38'09'' W	42°54'00''	540	P
9085C	ARACA (AMVISA)	02°40'22'' W	42°53'20''	563	T
9085I	GAMIZ	02°37'07'' W	42°49'07''	575	P
9089C	MURUA (AMVISA)	02°44'14'' W	42°58'37''	618	P
9091O	FORONDA-TXOKIZA	02°44'06'' W	42°52'55''	513	C
9094U	ARMIÑÓN	02°52'22'' W	42°43'23''	467	P
9103X	ZAMBRANA	02°52'47'' W	42°39'40''	459	P
9178C	SANTA CRUZ DE CAMPEZO D F A	02°20'41'' W	42°40'18''	578	T

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
- Láminas de agua superficiales
- Superficies artificiales

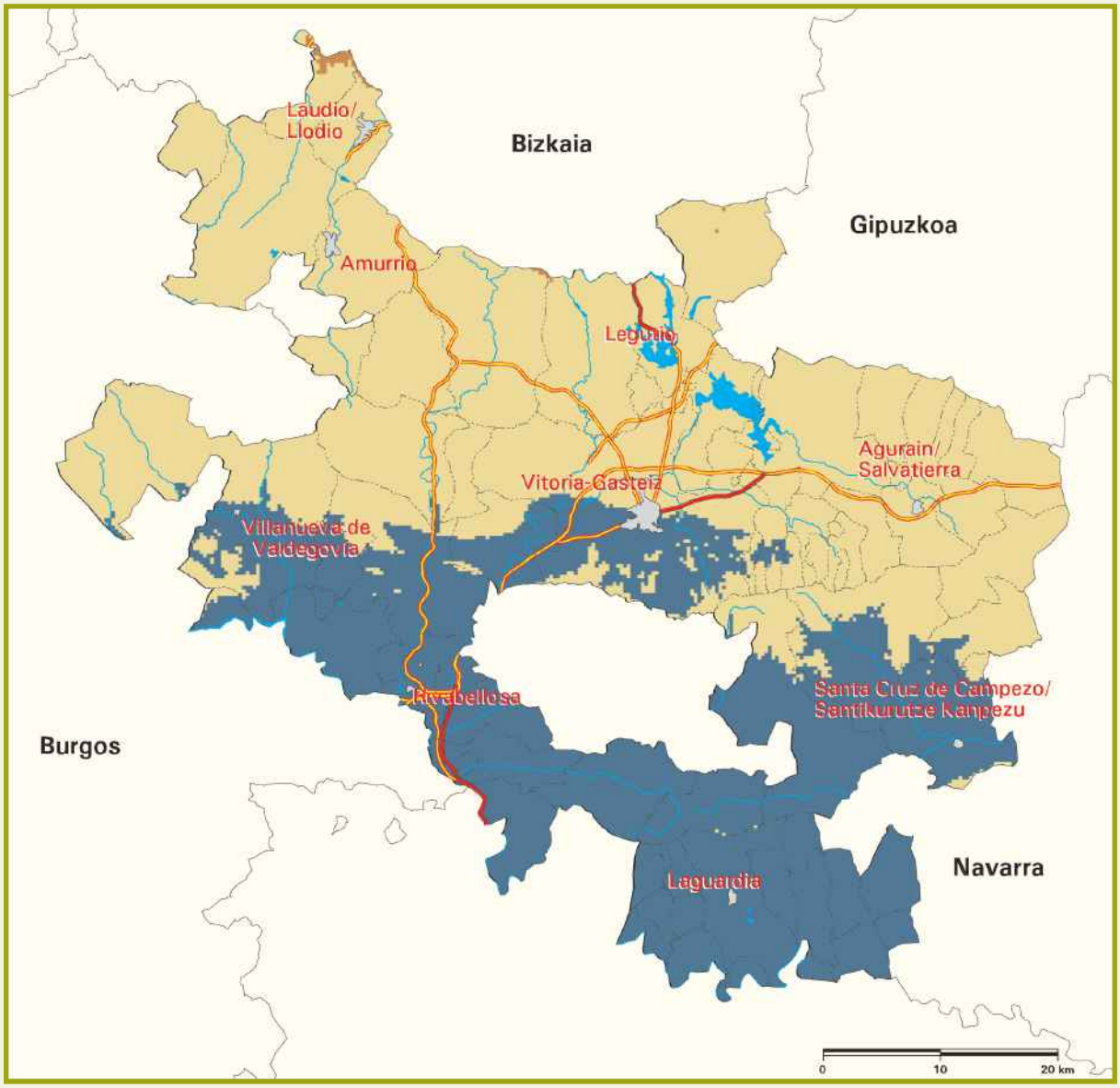
Subregiones fitoclimáticas
$VI(IV)_1$ Nemoromediterráneo genuino
$VI(IV)_2$ Nemoromediterráneo genuino húmedo
$VI(IV)_4$ Nemoromediterráneo submediterráneo
VI(VII) Nemoral subestepario
VI(V) Nemoral genuino fresco-tibio
VI Nemoral genuino fresco
VIII(VI) Oroborealoide subnemoral

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	%
$VI(IV)_1$	Nemoromediterráneo genuino	38.621,22	12,72
$VI(IV)_2$	Nemoromediterráneo genuino húmedo	2.242,02	0,74
$VI(IV)_4$	Nemoromediterráneo submediterráneo	113.604,00	37,40
VI(VII)	Nemoral subestepario	44.700,32	14,72
VI(V)	Nemoral genuino fresco-tibio	78.675,95	25,90
VI	Nemoral genuino fresco	25.727,76	8,47
VIII(VI)	Oroborealoide subnemoral	154,37	0,05
TOTAL		303.725,64	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
- Láminas de agua superficiales
- Superficies artificiales

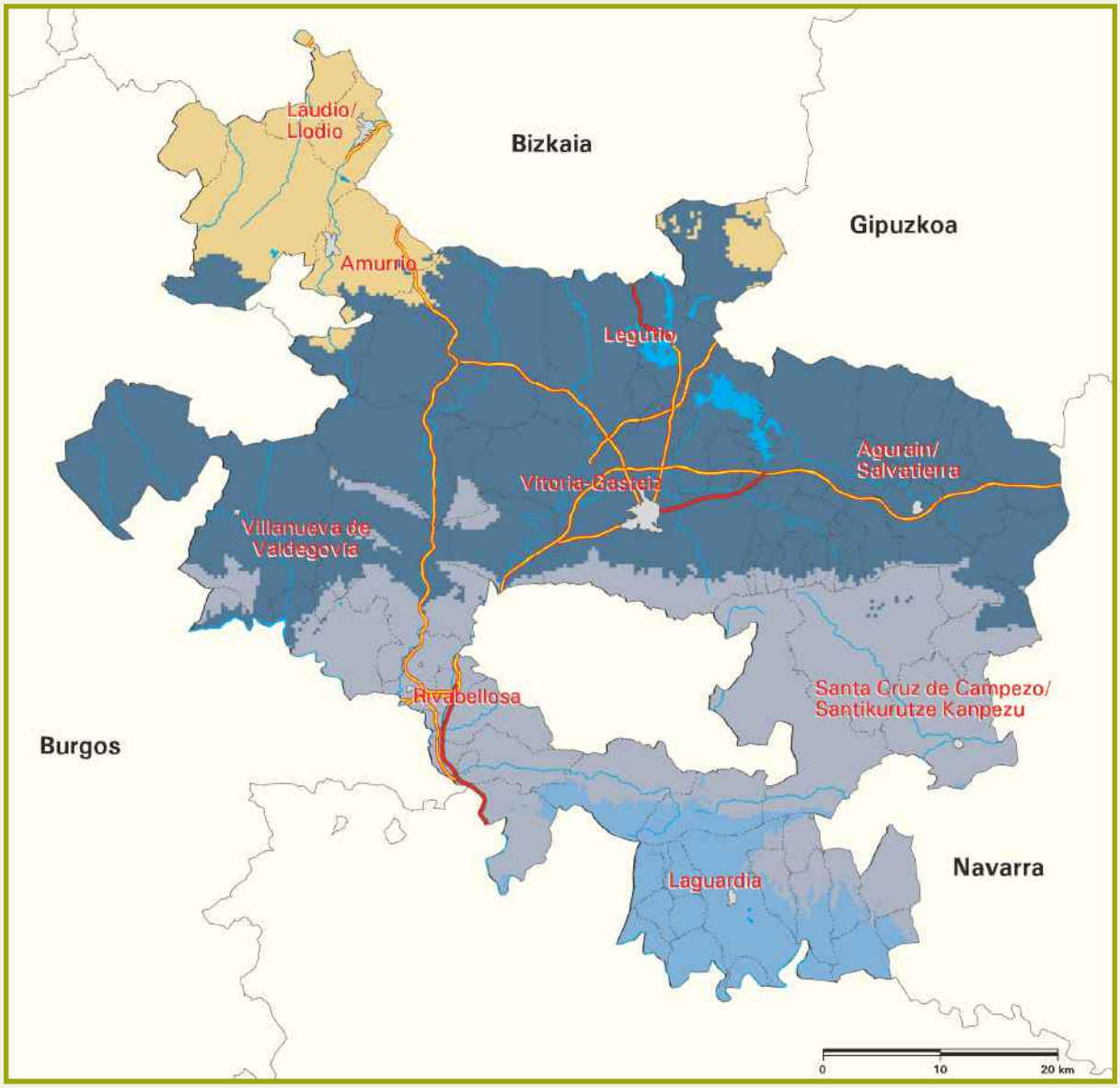
T10 (mm)
≤ 25
> 25 y ≤ 50
> 50 y ≤ 75
> 75 y ≤ 100
> 100 y ≤ 125
> 125 y ≤ 150
> 150

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	116.444,25	38,34
> 75 y ≤ 100	186.673,72	61,46
> 100 y ≤ 125	607,67	0,20
> 125 y ≤ 150	0,00	0,00
> 150	0,00	0,00
TOTAL	303.725,64	100,00
Valor medio: 77,0		

Mapa 3.1.4. Factor R (índice de erosión pluvial)



Signos convencionales

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

Factor R ($10^{2} \cdot J \cdot cm \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$)
≤ 50
> 50 y ≤ 100
> 100 y ≤ 150
> 150 y ≤ 200
> 200 y ≤ 250
> 250 y ≤ 300
> 300 y ≤ 350
> 350 y ≤ 400
> 400

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	25.271,90	8,32
> 50 y ≤ 100	86.555,09	28,50
> 100 y ≤ 150	160.638,29	52,89
> 150 y ≤ 200	31.260,36	10,29
> 200 y ≤ 250	0,00	0,00
> 250 y ≤ 300	0,00	0,00
> 300 y ≤ 350	0,00	0,00
> 350 y ≤ 400	0,00	0,00
> 400	0,00	0,00
TOTAL	303.725,64	100,00
Valor medio: 108,5		

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
- Láminas de agua superficiales
- Superficies artificiales

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	46.957,72	15,46
> 500	256.767,92	84,54
TOTAL	303.725,64	100,00
Valor medio: 664,0		

Mapa 3.1.6. Pendiente

Signos convencionales

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

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	49.919,43	16,44
> 5 y ≤ 10	51.555,59	16,97
> 10 y ≤ 20	83.151,78	27,38
> 20 y ≤ 30	54.001,02	17,78
> 30 y ≤ 50	48.178,06	15,86
> 50	16.919,76	5,57
TOTAL	303.725,64	100,00
Valor medio: 19,7		

Mapa 3.1.7. Orientación

Signos convencionales

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

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	130.278,83	42,89
Umbría	71.971,79	23,70
Todos los vientos	101.475,02	33,41
TOTAL	303.725,64	100,00

Mapa 3.1.8. Longitud de ladera

Signos convencionales

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

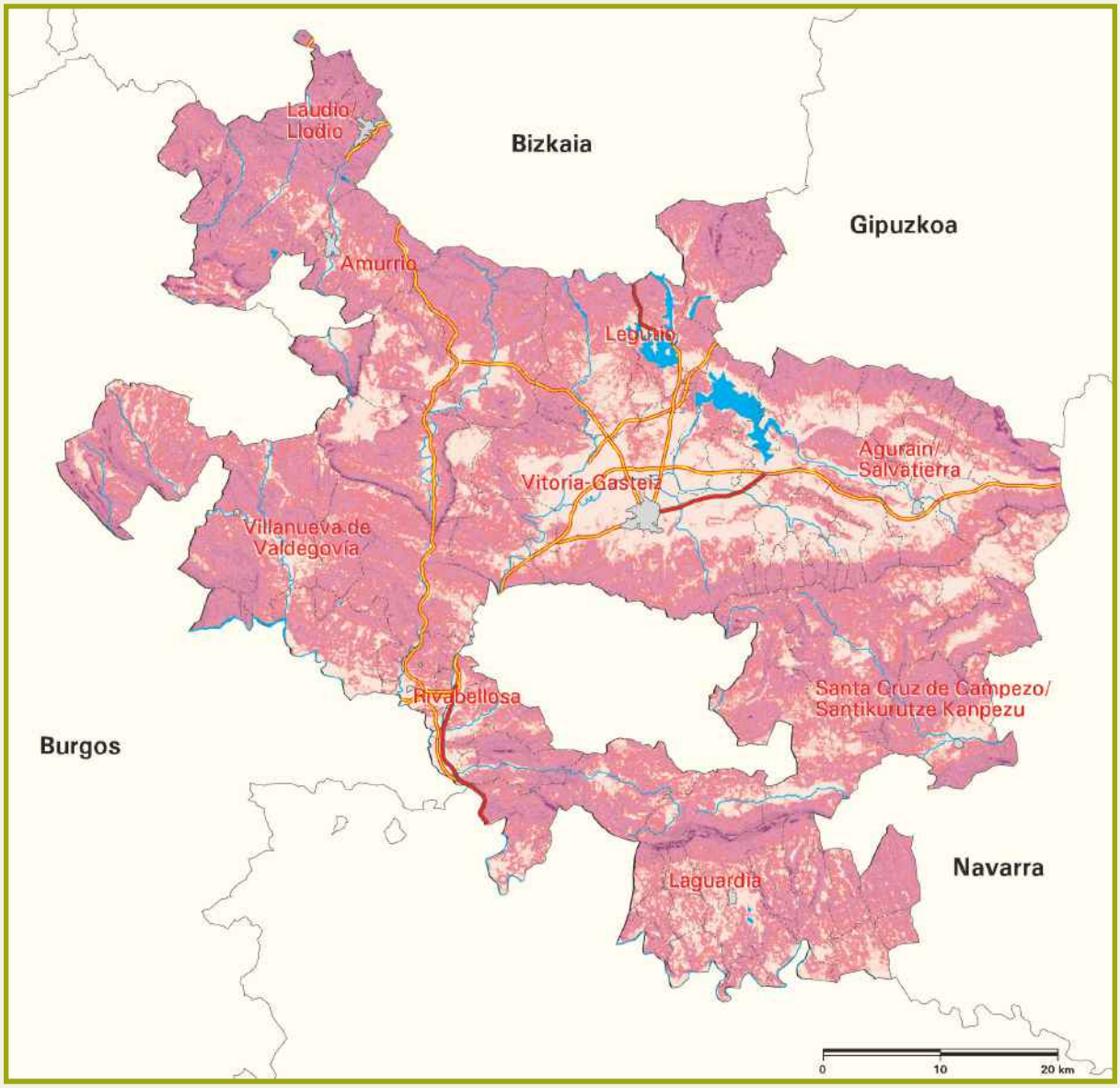
Longitud de ladera (m)
≤ 50
> 50 y ≤ 100
> 100 y ≤ 150
> 150 y ≤ 200
> 200 y ≤ 300
> 300

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	104.982,04	34,56
> 50 y ≤ 100	83.285,14	27,42
> 100 y ≤ 150	49.859,69	16,42
> 150 y ≤ 200	24.138,69	7,95
> 200 y ≤ 300	25.831,71	8,50
> 300	15.628,37	5,15
TOTAL	303.725,64	100,00
Valor medio: 103,4		

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	61.043,06	20,10
≥ 1 y < 2	42.502,15	13,99
≥ 2 y < 5	88.983,50	29,30
≥ 5 y < 10	75.494,63	24,86
≥ 10 y < 20	33.316,23	10,97
≥ 20 y < 40	2.049,68	0,67
≥ 40	336,39	0,11
TOTAL	303.725,64	100,00
Valor medio: 87,6		

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 Araba/Álava aparecen siete litofacies erosivas, cuya descripción general es la siguiente:

- *Formaciones superficiales no consolidadas:* llanuras de inundación, abanicos aluviales, depósitos de fondos de valle, conos de deyección, coluviones, canchales, depósitos lagunares, cubetas de descalcificación y turberas del Holoceno; y depósitos aluviales del Cuaternario en general.

- *Formaciones superficiales consolidadas:* Travertinos y costras calcáreas del Holoceno; glacis del Pleistoceno; y terrazas aluviales del Cuaternario en general.

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

- *Rocas sedimentarias blandas:* arcillas, arenas y margas del Cretácico – Eoceno; y arcillas y limos del Mioceno – Plioceno.

- *Rocas sedimentarias poco resistentes. Rocas metamórficas poco resistentes o blandas:* arcillas abigarradas, margas yesíferas y yesos del Triásico; arcillas, arenas, limolitas, margas, margocalizas y calizas arcillosas del Cretácico; margas, arenas, argilitas, limolitas y arcillas del Paleoceno – Eoceno; y arcillas, arenas, limos, margas, yesos y conglomerados sueltos del Oligoceno – Mioceno.

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

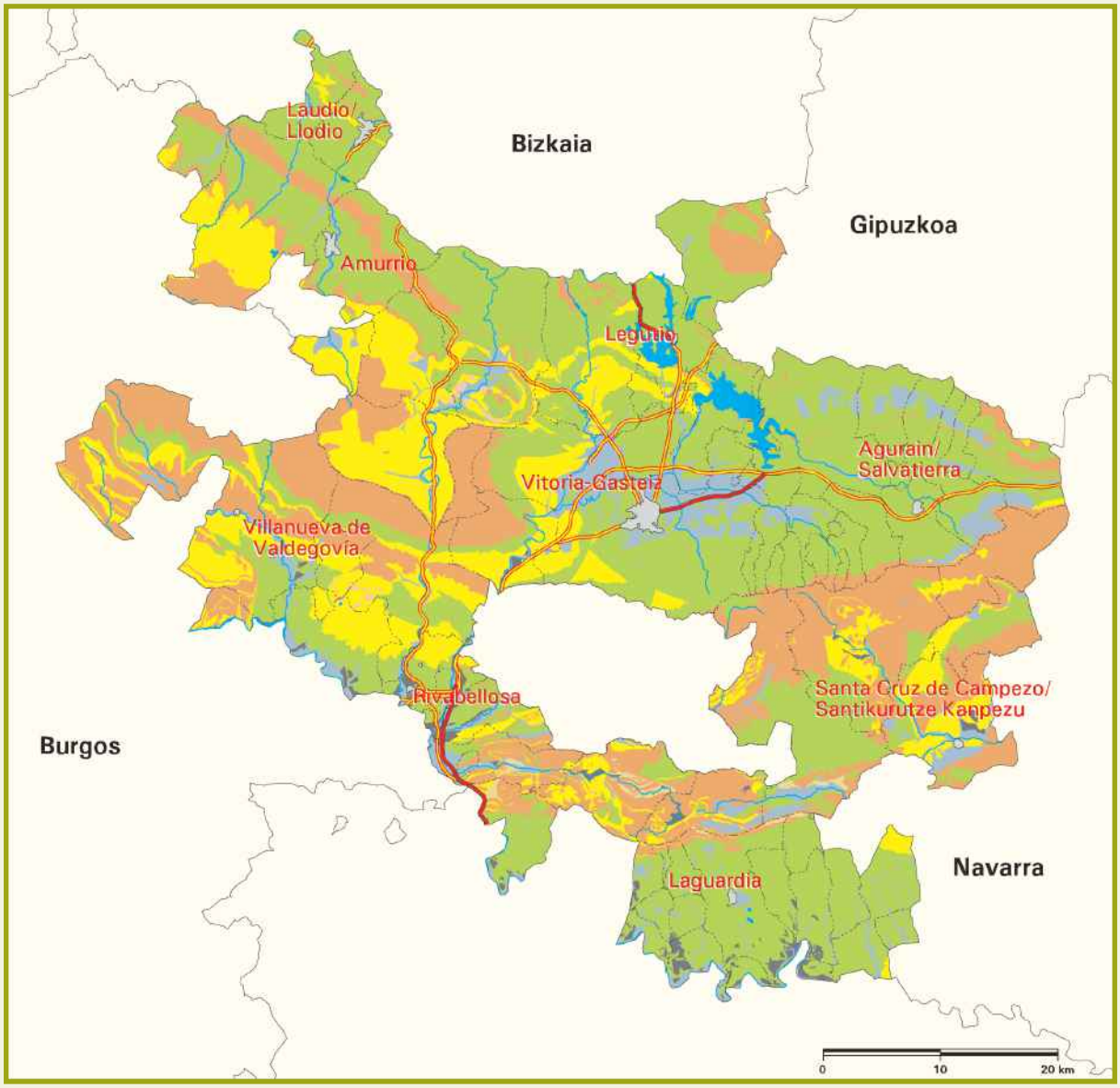
- *Alternancia de rocas sedimentarias blandas y duras. Rocas metamórficas algo resistentes y alternancia de rocas metamórficas blandas y resistentes:* alternancias de rocas sedimentarias blandas y duras como arcillas y limolitas con carniolas y areniscas del Triásico; arcillas y margas con calizas arcillosas, calizas y areniscas del Jurásico; limolitas, arcillas, arcillas arenosas, margas, arenas y niveles carbonosos con calizas, dolomías, calizas arcillosas, calcarenitas, areniscas, areniscas calcáreas, conglomerados y formaciones tipo flysch del Cretácico;

arcillas, argilitas, margas y margocalizas con calizas, dolomías, areniscas, conglomerados y microconglomerados del Paleoceno – Eoceno; y arcillas, arenas, limos, margas y yeso con areniscas, conglomerados, calcarenitas, calizas, calizas dolomíticas y dolomías del Oligoceno – Mioceno.

- *Rocas sedimentarias y metamórficas resistentes:* rocas sedimentarias como calizas, dolomías, areniscas y carniolas del Triásico – Jurásico; calizas, calizas arrecifales, dolomías, calizas dolomíticas, calcarenitas, areniscas y conglomerados del Cretácico; calizas, dolomías, brechas dolomíticas calcarenitas y conglomerados del Paleoceno – Eoceno; y calizas, areniscas y conglomerados del Oligoceno – Mioceno.

- *Rocas plutónicas, filonianas, metamórficas muy resistentes o de muy alto grado de metamorfismo y volcánicas antiguas:* rocas volcánicas como basaltos y ofitas del Triásico; y basaltos, espilitas, diques de diabasas y filones de cuarzo del Cretácico.

Mapa 3.1.10. Litofacies erosivas



Signos convencionales

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

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	29.304,76	9,65
Rocas sedimentarias blandas y poco resistentes. Rocas metamórficas poco resistentes o blandas	53.302,09	17,55
Alternancia de rocas sedimentarias blandas y duras. Rocas metamórficas algo resistentes y alternancia de rocas metamórficas blandas y resistentes	146.389,95	48,19
Rocas sedimentarias y metamórficas resistentes	71.924,13	23,68
Rocas plutónicas, filonianas y metamórficas muy resistentes o de muy alto grado de metamorfismo	534,36	0,18
Láminas de agua superficiales y humedales	2.270,35	0,75
TOTAL	303.725,64	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.

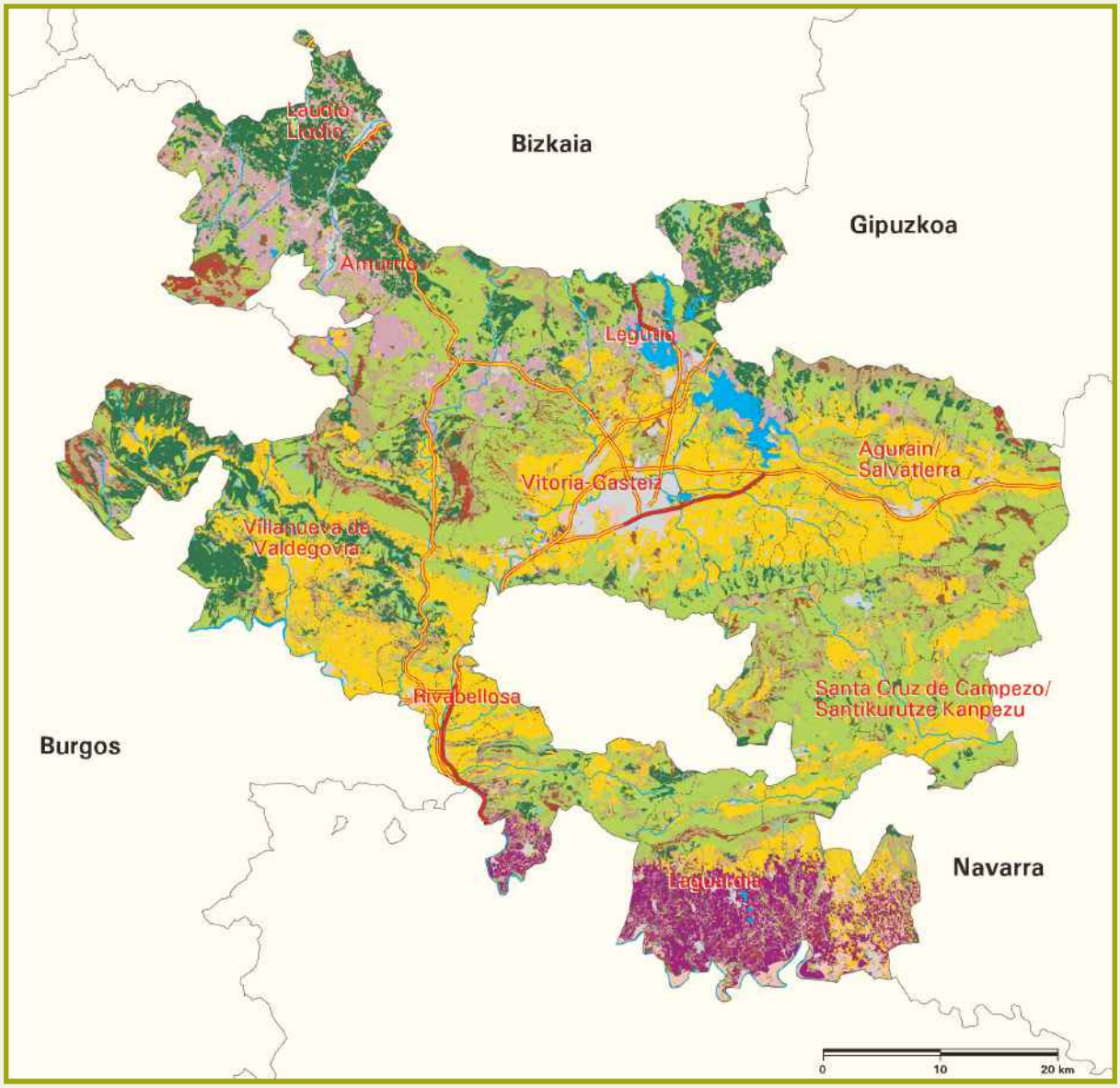
De este modo, en la provincia de Araba/Álava, los tipos de formaciones que conforman las clases de matorral y herbazal son las las siguientes:

– Matorral con nivel evolutivo muy alto o alto: arbustedo mixto caducifolio, madroñal, mancha densa, bojedo, espinar, espinar caducifolio, mancha degradada, coscojar, brezal rastrero incluido en matorral mixto de erináceas, garriga densa, aulagar, enebral, jabinar menor, enebral, sabinar negro, lasto-timo-aliagar, matorral mixto calcícola con participación apreciable de espinosas, matorral mixto, pastizalés leñosos mixtos de especies hidrófilas en bosque caducifolio y xerófilas, sabino-enebral mixto, tojar extramediterráneo y tojar.

– Matorral con nivel evolutivo medio o bajo: brezal xerófilo mixto, garriga degradada, helechar mixto bajo la Timberline, lasto-mato-erizal, matorral mixto calcícola, matorral mixto con predominio de romero y helechar de altura.

– Herbazal: pastizal leñoso mixto de especies hidrófilas en dominios de bosque caducifolio, pastizal leñoso mixto de especies xerófilas, pastizal mesófilo denso, prado de diente, helechar mixto bajo la Timberline, lastonar mixto, pastizal estacional denso de especies herbáceas varias, pastizal o herbazal vivaz con encharcamiento temporal y prado de siega.

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 arbolado:
Con predominio de coníferas
Con predominio de frondosas
Mixto
Plantaciones forestales (chopo y eucalipto)
Forestal desarbolado:
Matorral
Herbazal
Desiertos y semidesiertos de vegetación
Cultivos agrícolas:
Cultivos herbáceos
Viñedo
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	38.874,48	12,80
Forestal arbolado frondosas	98.607,32	32,46
Forestal arbolado mixto	3.216,85	1,06
Plantaciones forestales (eucalipto y chopo)	354,47	0,12
TOTAL FORESTAL ARBOLADO	*141.053,12*	*46,44*
Matorral	35.865,49	11,81
Herbazal	6.520,88	2,15
Desiertos y semidesiertos de vegetación	5.689,92	1,87
TOTAL FORESTAL DESARBOLADO	*48.076,29*	*15,83*
Cultivos herbáceos	68.579,68	22,58
Viñedo	11.577,68	3,81
Praderas y pastizales	15.237,75	5,02
Otros cultivos	4.441,75	1,46
TOTAL CULTIVOS	*99.836,86*	*32,87*
Láminas de agua superficiales y humedales	3.116,77	1,03
Superficies artificiales	11.642,60	3,83
TOTAL OTRAS SUPERFICIES	*14.759,37*	*4,86*
TOTAL	*303.725,64*	*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 Araba/Álava, se han definido 33 estratos y 140 parcelas de campo, habiéndose levantado y procesado 139 al coincidir 1 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 abril 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 Inventario Forestal Nacional de Araba/Álava.

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 · ha $^{-1}$ · 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	176.513,48	58,12	386.815,23	17,56	2,19
2	> 5 y ≤ 10	59.511,73	19,59	417.348,23	18,96	7,01
3	> 10 y ≤ 25	36.274,31	11,94	553.297,90	25,13	15,25
4	> 25 y ≤ 50	11.295,71	3,72	386.150,78	17,53	34,19
5	> 50 y ≤ 100	4.165,22	1,37	281.745,46	12,79	67,64
6	> 100 y ≤ 200	1.069,09	0,35	139.046,72	6,31	130,06
7	> 200	136,73	0,05	37.826,38	1,72	276,65
SUPERFICIE EROSIONABLE		288.966,27	95,14	2.202.230,70	100,00	7,62
8	Láminas de agua superficiales y humedales	3.116,77	1,03			
9	Superficies artificiales	11.642,60	3,83			
TOTAL		303.725,64	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 t·ha^{-1}·año^{-1}) incluye las superficies de desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos (5.689,92 ha)

Gráfico 3.4.1. Superficie según niveles erosivos (t·ha^{-1}·año^{-1})

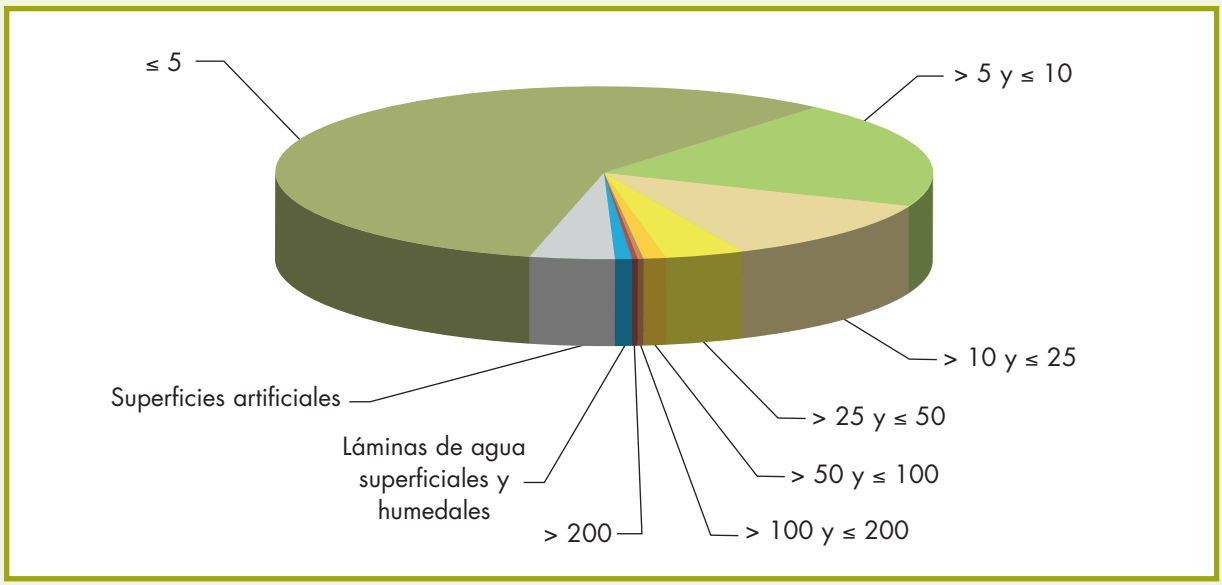


Tabla 3.4.2. Pérdidas de suelo y superficie según pendiente y vegetación

Pendiente (%)	Vegetación	Superficie geográfica		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
		ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
≤ 5	Forestal arbolado	7.020,54	2,31	2.964,00	0,13	0,42
	Forestal desarbolado	3.977,63	1,31	1.795,58	0,08	0,45
	Cultivos	30.380,22	10,00	69.081,95	3,14	2,27
> 5 y ≤ 10	Forestal arbolado	13.008,49	4,27	12.391,39	0,56	0,95
	Forestal desarbolado	6.881,29	2,27	6.852,60	0,31	1,00
	Cultivos	28.690,97	9,45	218.811,76	9,94	7,63
> 10 y ≤ 20	Forestal arbolado	36.874,65	12,14	76.243,62	3,46	2,07
	Forestal desarbolado	14.587,43	4,80	31.896,17	1,45	2,19
	Cultivos	29.509,99	9,72	585.938,42	26,61	19,86
> 20 y ≤ 30	Forestal arbolado	34.641,84	11,41	130.956,03	5,95	3,78
	Forestal desarbolado	10.241,75	3,37	42.008,21	1,91	4,10
	Cultivos	8.417,94	2,77	366.430,86	16,63	43,53
> 30 y ≤ 50	Forestal arbolado	36.632,21	12,07	228.961,34	10,40	6,25
	Forestal desarbolado	8.537,85	2,81	58.401,61	2,65	6,84
	Cultivos	2.684,18	0,88	197.365,17	8,96	73,53
> 50	Forestal arbolado	12.875,39	4,24	115.564,80	5,25	8,98
	Forestal desarbolado	3.850,34	1,27	37.839,41	1,72	9,83
	Cultivos	153,56	0,05	18.727,78	0,85	121,96
SUPERFICIE EROSIONABLE		288.966,27	95,14	2.202.230,70	100,00	7,62
Láminas de agua superficiales y humedales		3.116,77	1,03			
Superficies artificiales		11.642,60	3,83			
TOTAL		303.725,64	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 ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
	ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
Agurain/Salvatierra	3.526,53	1,16	17.674,19	0,80	5,01
Alegría-Dulantzi	1.864,66	0,61	9.160,46	0,42	4,91
Amurrio	9.173,35	3,02	112.182,83	5,10	12,23
Añana	2.157,57	0,71	22.898,87	1,04	10,61
Aramaio	7.199,17	2,37	86.195,51	3,91	11,97
Armiñón	1.172,99	0,39	9.789,62	0,44	8,35
Arraia-Maeztu	11.979,93	3,94	54.533,76	2,48	4,55
Arratzua-Ubarrundia	4.599,12	1,51	19.669,48	0,89	4,28
Artziniega	2.671,98	0,88	69.559,32	3,16	26,03
Asparrena	6.388,15	2,10	42.237,24	1,92	6,61
Ayala/Aiara	13.781,48	4,53	210.365,47	9,56	15,26
Baños de Ebro/Mañueta	900,40	0,30	14.637,03	0,66	16,26
Barrundia	9.297,70	3,06	45.242,72	2,05	4,87
Berantevilla	3.458,85	1,14	24.486,24	1,11	7,08
Bernedo	12.877,33	4,24	48.486,70	2,20	3,77
Campezo/Kanpezu	8.428,95	2,78	45.222,78	2,05	5,37
Comunidad de la Sierra Brava de Badaya	1.990,44	0,66	2.237,20	0,10	1,12
Elburgo/Burgelu	2.632,13	0,87	9.699,28	0,44	3,68
Elciego	1.539,46	0,51	15.558,72	0,71	10,11
Elvillar/Bilar	1.725,92	0,57	40.316,84	1,83	23,36
Erriberabeitia	2.258,28	0,74	17.997,11	0,82	7,97
Erriberagoitia/Ribera Alta	11.769,70	3,88	84.709,95	3,85	7,20
Harana/Valle de Arana	3.875,80	1,28	23.884,86	1,08	6,16
Iruña Oka/Iruña de Oca	4.870,65	1,60	24.536,10	1,11	5,04
Iruraiz-Gauna	4.572,35	1,51	21.819,11	0,99	4,77
Kripan	1.219,27	0,40	13.887,24	0,63	11,39
Kuartango	8.267,07	2,72	49.796,35	2,26	6,02
Labastida/Bastida	3.608,72	1,19	45.864,58	2,08	12,71
Lagrán	4.509,68	1,48	7.957,40	0,36	1,76
Laguardia	7.793,51	2,57	93.444,46	4,24	11,99
Lanciego/Lantziego	2.375,37	0,78	43.737,66	1,99	18,41
Lantarón	6.490,55	2,14	61.055,25	2,77	9,41
Lapuebla de Labarca	533,04	0,18	8.018,36	0,36	15,04
Laudio/Llodio	3.372,47	1,11	60.516,07	2,75	17,94
Legutio	3.542,60	1,17	23.838,31	1,08	6,73
Leza	963,32	0,32	11.308,08	0,51	11,74

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	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
Moreda de Álava/Moreda Araba	847,17	0,28	14.104,56	0,64	16,65
Navaridas	879,00	0,29	11.234,40	0,51	12,78
Okondo	2.941,25	0,97	50.130,07	2,28	17,04
Oyón-Oion	4.341,67	1,43	64.877,42	2,95	14,94
Parzonería de Entzia	4.963,10	1,63	5.901,78	0,27	1,19
Peñacerrada-Urizaharra	6.159,47	2,03	17.554,75	0,80	2,85
Samaniego	1.034,88	0,34	14.246,49	0,65	13,77
San Millán/Donemiliaga	8.345,32	2,75	39.589,34	1,80	4,74
Urkabustaiz	5.975,83	1,97	32.501,70	1,48	5,44
Valdegovía/Gaubea	23.634,91	7,77	166.991,32	7,59	7,07
Villabuena de Álava/Eskuernaga	827,59	0,27	13.513,14	0,61	16,33
Vitoria-Gasteiz	23.009,62	7,57	99.131,42	4,50	4,31
Yécora/lekora	1.850,52	0,61	27.170,24	1,23	14,68
Zalduondo	1.151,53	0,38	5.843,86	0,27	5,07
Zambrana	3.830,52	1,26	18.315,56	0,83	4,78
Zigoitia	9.870,96	3,25	52.701,89	2,39	5,34
Zuia	11.914,44	3,92	75.897,61	3,45	6,37
Villabuena de Álava/Eskuernaga	827,59	0,27	13.513,14	0,61	16,33
Vitoria-Gasteiz	23.009,62	7,57	99.131,42	4,50	4,31
Yécora/lekora	1.850,52	0,61	27.170,24	1,23	14,68
Zalduondo	1.151,53	0,38	5.843,86	0,27	5,07
Zambrana	3.830,52	1,26	18.315,56	0,83	4,78
Zigoitia	9.870,96	3,25	52.701,89	2,39	5,34
Zuia	11.914,44	3,92	75.897,61	3,45	6,37
TOTAL	288.966,27	95,14	2.202.230,70	100,00	7,62

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	
1036	Deva	Origen	Onate	
1050	Nervión	Origen	Izoria	
1051	Izoria			
1052	Nervión	Izoria	Altube	
1053	Altube	Origen	Arnauri	
1055	Altube	Arnauri	Nervión	
1060	Elorrio			
1070	Herrerías	Origen	Izalde	
1071	Izalde			
1073	Cadagua	Herrerías	Nervión	
9039	Nabón			
9040	Jerea	Nabón	Ebro	
9044	Purón			
9045	Ebro	Purón	Omecillo	
9046	Omecillo	Origen	Humedo	
9047	Humedo			
9048	Omecillo	Humedo	Ebro	
9049	Ebro	Omecillo	Grillera	
9054	Bayas	Origen	Padrobaso	
9055	Padrobaso			
9056	Bayas	Padrobaso	Ebro	
9058	Zadorra	Origen	Santa Engracia	
9059	Santa Engracia	Origen	Urquiola	
9060	Urquiola	Origen	Albina	
9061	Albina			
9062	Urquiola	Albina	Santa Engracia	
9063	Santa Engracia	Urquiola	Zadorra	
9064	Zadorra	Santa Engracia	Alegria	
9065	Alegria			
9066	Zadorra	Alegria	Mayor	
9067	Mayor			
9068	Zadorra	Mayor	Zaya	
9069	Zaya			
9070	Zadorra	Zaya	Ayuda	
9071	Ayuda	Origen	Saraso	
9073	Ayuda	Saraso	Rojo	
9074	Rojo			
9075	Ayuda	Rojo	Zadorra	

	Superficie erosionable		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
	ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
	3.155,30	1,04	56.528,89	2,57	17,92
	7.967,65	2,62	85.428,71	3,88	10,72
	3.675,39	1,21	58.052,43	2,64	15,79
	4.159,21	1,37	65.389,71	2,97	15,72
	9.930,57	3,27	74.939,82	3,40	7,55
	146,30	0,05	2.468,02	0,11	16,87
	482,32	0,16	5.567,88	0,25	11,54
	8.181,13	2,69	167.022,67	7,58	20,42
	5.708,56	1,88	87.895,11	3,99	15,40
	368,54	0,12	5.740,49	0,26	15,58
	447,48	0,15	1.593,59	0,07	3,56
	633,87	0,21	3.760,40	0,17	5,93
	2.503,78	0,82	18.039,79	0,82	7,21
	1.832,26	0,60	12.135,98	0,55	6,62
	11.126,82	3,66	77.558,95	3,52	6,97
	3.793,67	1,25	26.168,91	1,19	6,90
	8.684,65	2,86	75.421,34	3,42	8,68
	4.568,85	1,50	45.501,36	2,07	9,96
	473,81	0,16	2.975,02	0,14	6,28
	261,89	0,09	1.791,52	0,08	6,84
	28.843,40	9,50	184.490,75	8,39	6,40
	25.079,18	8,26	124.593,73	5,66	4,97
	3.175,38	1,05	20.949,37	0,95	6,60
	3.838,33	1,26	27.758,72	1,26	7,23
	1.358,38	0,45	6.872,08	0,31	5,06
	2,38	~ 0,00	18,07	~ 0,00	7,59
	3.204,96	1,06	15.961,05	0,72	4,98
	1.413,80	0,47	3.958,13	0,18	2,80
	10.948,75	3,60	41.009,94	1,86	3,75
	252,14	0,08	384,26	0,02	1,52
	6.255,36	2,06	31.271,82	1,42	5,00
	5.698,74	1,88	26.025,21	1,18	4,57
	8.589,51	2,83	42.978,26	1,95	5,00
	15.073,68	4,96	84.200,44	3,82	5,59
	6.251,99	2,06	28.852,03	1,31	4,61
	268,90	0,09	1.389,83	0,06	5,17
	1.134,08	0,37	9.936,66	0,45	8,76
	1.520,95	0,50	10.993,79	0,50	7,23

sigue ▸▸

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

Unidad hidrológica				
Número	Nombre	Desde	Hasta	
9076	Zadorra	Ayuda	Ebro	
9077	Ebro	Zadorra	Inglares	
9078	Inglares			
9079	Ebro	Inglares	Tirón	
9097	Ebro	Tirón	Najerilla	
9125	Ebro	Najerilla	Iregua	
9135	Ebro	Iregua	Leza	
9146	Ega I	Origen	Ega II	
9147	Ega II			
9148	Ega I	Ega II	Urederra	
9149	Urederra			
9220	Araquil	Origen	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 ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)
	ha	%	$t \cdot año^{-1}$	%	
	200,91	0,07	341,00	0,02	1,70
	556,19	0,18	1.192,14	0,05	2,14
	9.025,92	2,97	29.139,17	1,32	3,23
	2.429,85	0,80	24.990,77	1,13	10,28
	4.488,66	1,48	65.820,07	2,99	14,66
	20.230,68	6,66	282.319,32	12,83	13,96
	3.611,03	1,19	60.108,68	2,73	16,65
	9.004,40	2,96	25.475,90	1,16	2,83
	17.828,04	5,87	79.849,69	3,63	4,48
	6.556,72	2,16	35.412,29	1,61	5,40
	6.421,43	2,11	16.807,03	0,76	2,62
	7.600,48	2,50	45.149,91	2,05	5,94
	288.966,27	95,14	2.202.230,70	100,00	7,62

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	1.762,76	0,58	9.437,37	0,43	5,35
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. consorciados o conveniados	6,51	~ 0,00	24,77	~ 0,00	3,80
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	2.242,27	0,74	10.579,35	0,48	4,72
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. consorciados o conveniados	9.959,59	3,28	43.007,30	1,95	4,32
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	135.152,16	44,51	615.478,98	27,95	4,55
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. consorciados o conveniados	537,42	0,18	1.492,04	0,07	2,78
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	12.030,53	3,96	69.795,35	3,17	5,80
Montes de propiedades peculiares no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	278,41	0,09	1.989,30	0,09	7,15
Montes privados de particulares consorciados o conveniados	132,04	0,04	797,42	0,04	6,04
Montes privados de particulares no consorciados ni conveniados	122.473,62	40,32	1.400.844,47	63,60	11,44
Montes privados de empresas no consorciados ni conveniados	4.004,65	1,32	48.206,83	2,19	12,04
Montes de propiedad desconocida	32,28	0,01	71,64	~ 0,00	2,22
Montes privados de sociedades vecinales no consorciados ni conveniados	98,20	0,03	147,99	0,01	1,51
Resto de superficie	255,83	0,08	357,89	0,02	1,40
TOTAL	288.966,27	95,14	2.202.230,70	100,00	7,62

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	28.776,09	9,47	137.482,36	6,24	4,78
Biotopo Protegido	1.474,10	0,49	11.740,37	0,53	7,96
Sin protección	258.716,08	85,18	2.053.007,97	93,23	7,94
TOTAL	288.966,27	95,14	2.202.230,70	100,00	7,62

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:

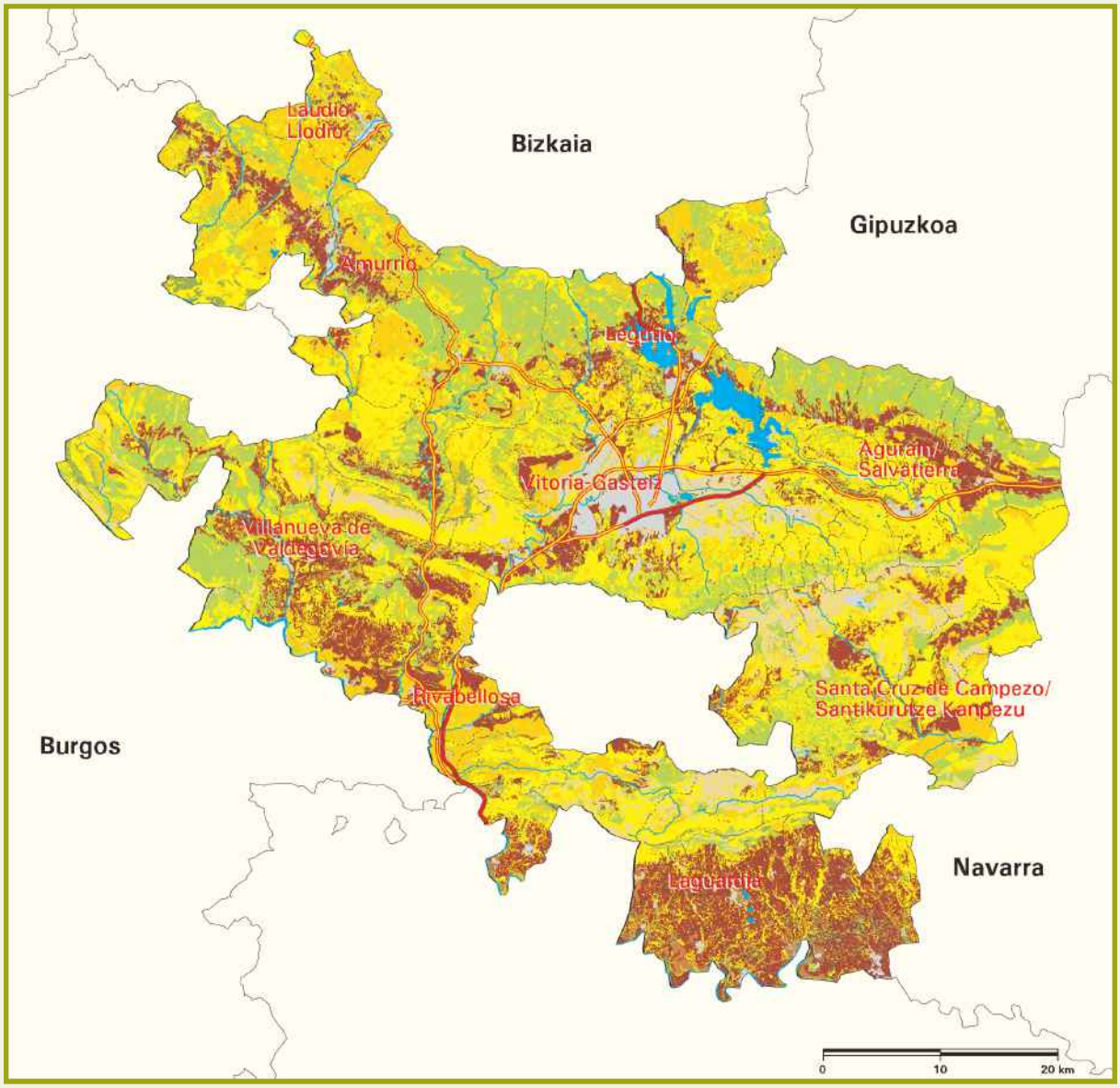
Mapa 3.5.1. Clasificación cualitativa de la erosión según la fragilidad del suelo.

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



Signos convencionales

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

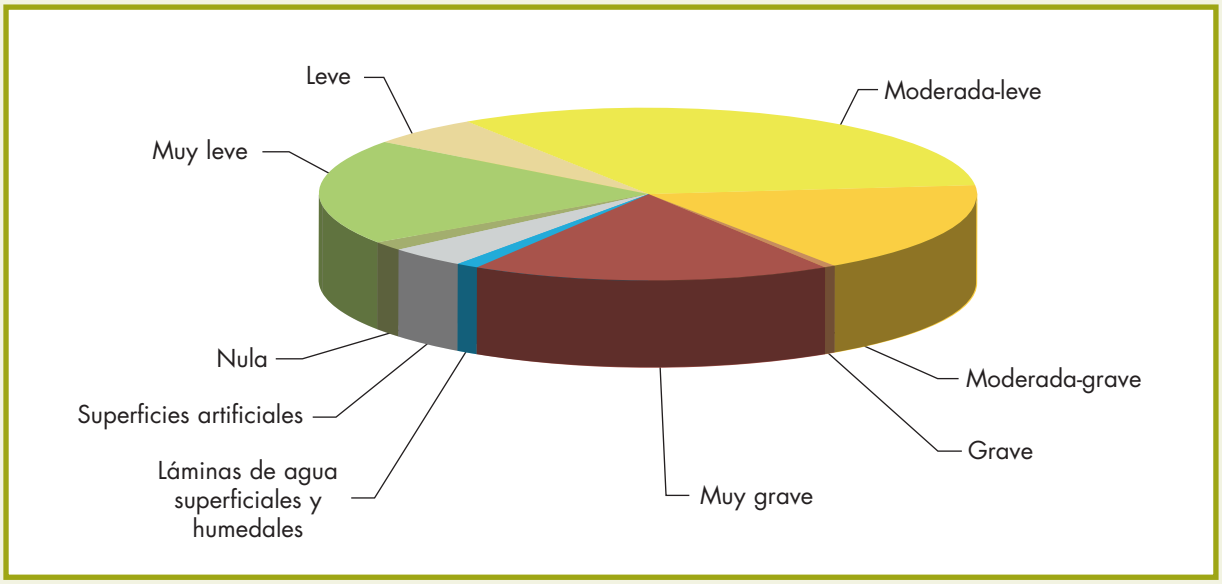
Clasificación cualitativa de la erosión
Nula
Muy leve
Leve
Moderada - leve
Moderada - grave
Grave
Muy grave
Láminas de agua superficiales y humedales
Superficies artificiales

Tabla 3.5.1. Superficies según clasificación cualitativa de la erosión

Clasificación cualitativa de la erosión	Superficie geográfica	
	ha	%
Nula	5.414,01	1,78
Muy leve	59.748,73	19,67
Leve	17.256,15	5,68
Moderada-leve	98.309,97	32,37
Moderada-grave	52.469,75	17,28
Grave	1.798,60	0,59
Muy grave	53.969,06	17,77
SUPERFICIE EROSIONABLE	288.966,27	95,14
Láminas de agua superficiales y humedales	3.116,77	1,03
Superficies artificiales	11.642,60	3,83
TOTAL	303.725,64	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 Araba/Álava 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 una disminución en el porcentaje de superficie con pérdidas de suelo por encima de 12 $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, que pasa del 42,46% al 17,43%.

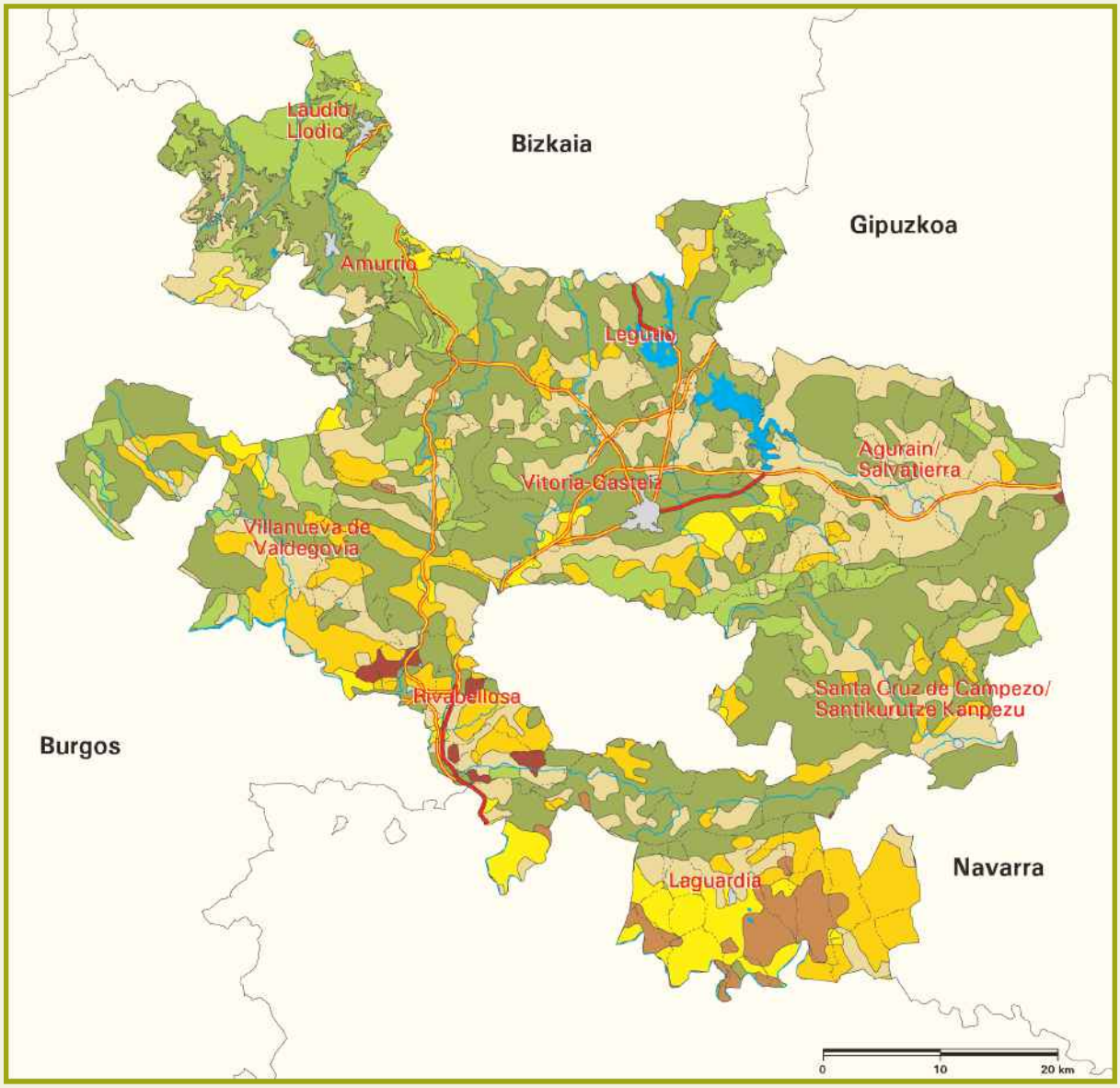
Esta disminución de la erosión, podría explicarse en cierta medida por el aumento de la superficie forestal en los últimos años, que se ha incrementado en casi un 5%, pasando de 180.281,31 ha en el Segundo Inventario Forestal Nacional (IFN2, 1996) a 189.132,25 ha en el IFN3 (2005), siendo notable el aumento de la superficie de monte arbolado, que ha aumentado más de un 12% desde el IFN2 (123.978,65 ha) al IFN3 (139.386,33 ha). Dicho incremento de la superficie forestal se explica en parte como consecuencia de actuaciones realizadas en materia de restauración, protección y gestión sostenible de los recursos forestales, incluyendo las medidas de prevención y control de incendios forestales, sin olvidar las acciones de fomento de la forestación de tierras agrarias.

Un análisis de los datos proporcionados por las tablas de la distribución de la superficie por grandes grupos de usos y aprovechamientos del suelo en la provincia de Araba/Álava en el período de 1997-2016, obtenidos del Anuario de Estadística elaborado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), muestra que la superficie de tierras de cultivo en este período ha disminuido alrededor de 6.500 ha (que representan una reducción de un 8%), pasando de unas 80.700 ha en el año 1997 a 75.150 ha en el año 2016.

Para explicar esta descenso es necesario realizar un estudio de la tabla de distribución de las tierras de cultivo por grandes grupos de cultivo, referida al mismo periodo (1997-2016) y obtenida igualmente del Anuario de Estadística del MAPA, del que se concluye que la caída de la superficie ocupada por tierras de cultivo se debe a la disminución que se produce tanto en la superficie de los cultivos herbáceos como en la de barbechos y otras tierras no ocupadas, que merman, respectivamente, en más de 7.100 ha (alrededor de un 11%) y en unas 1.700 ha (en torno a un 39%).

Por el contrario, en este período tiene lugar un aumento de la superficie de tierras ocupadas por cultivos leñosos de aproximadamente un 20%, pasando de unas 11.500 ha en el año 1997 a unas 13.800 ha en el año 2016.

Mapa 3.6.1 Mapa de estados erosivos



Signos convencionales

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

Pérdidas de suelo (t · ha $^{-1}$ · 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 la cuenca del Ebro (1987) y del Norte (1988).

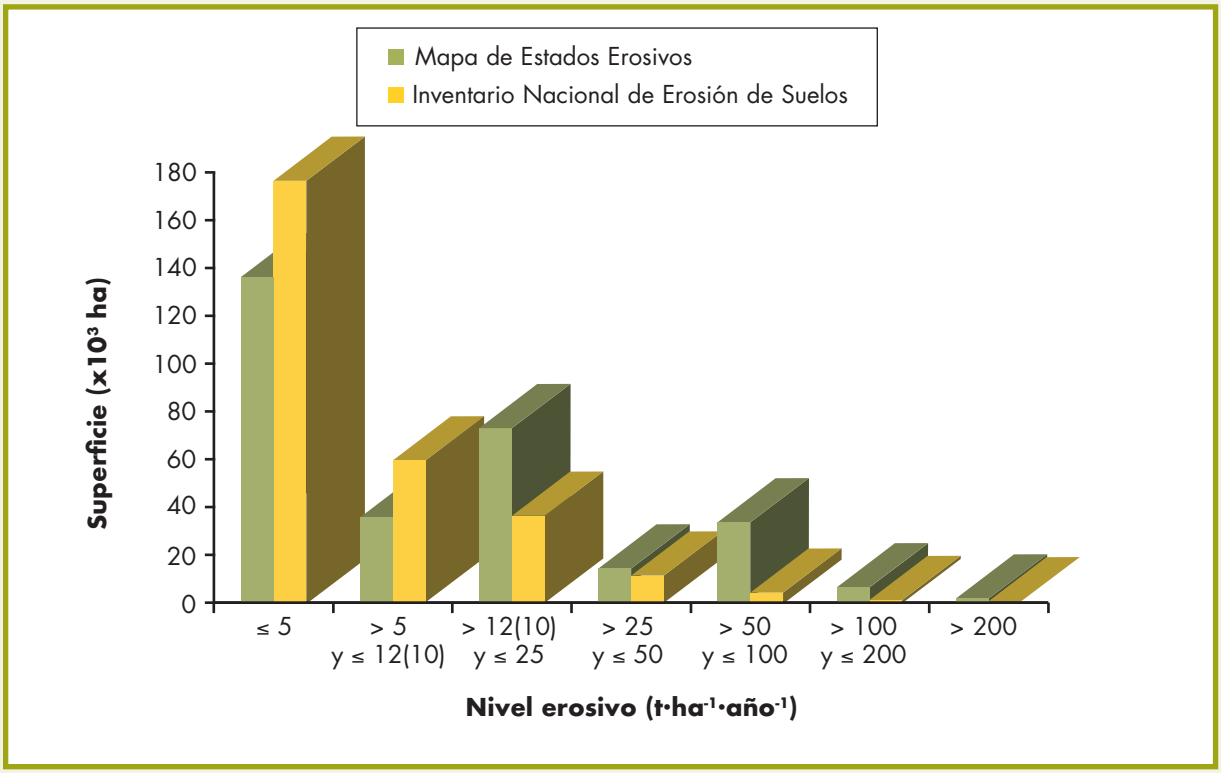
Tabla 3.6.1.a Comparación de resultados
Mapa de Estados Erosivos. Resumen Nacional Escala 1:1.000.000

Nivel erosivo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)		Superficie geográfica	
		ha	%
1	≤ 5	136.180,46	44,83
2	> 5 y ≤ 12	35.615,00	11,73
3	> 12 y ≤ 25	72.984,19	24,03
4	> 25 y ≤ 50	14.321,32	4,72
5	> 50 y ≤ 100	33.572,69	11,05
6	> 100 y ≤ 200	6.369,71	2,10
7	> 200	1.701,87	0,56
8	Agua	2.337,63	0,77
9	Núcleos urbanos	642,77	0,21
TOTAL		303.725,64	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	176.513,48	58,12
2	> 5 y ≤ 10	59.511,73	19,59
3	> 10 y ≤ 25	36.274,31	11,94
4	> 25 y ≤ 50	11.295,71	3,72
5	> 50 y ≤ 100	4.165,22	1,37
6	> 100 y ≤ 200	1.069,09	0,35
7	> 200	136,73	0,05
8	Láminas de agua superficiales y humedales	3.116,77	1,03
9	Superficies artificiales	11.642,60	3,83
TOTAL		303.725,64	100,00

Gráfico 3.6.1. Comparación de resultados



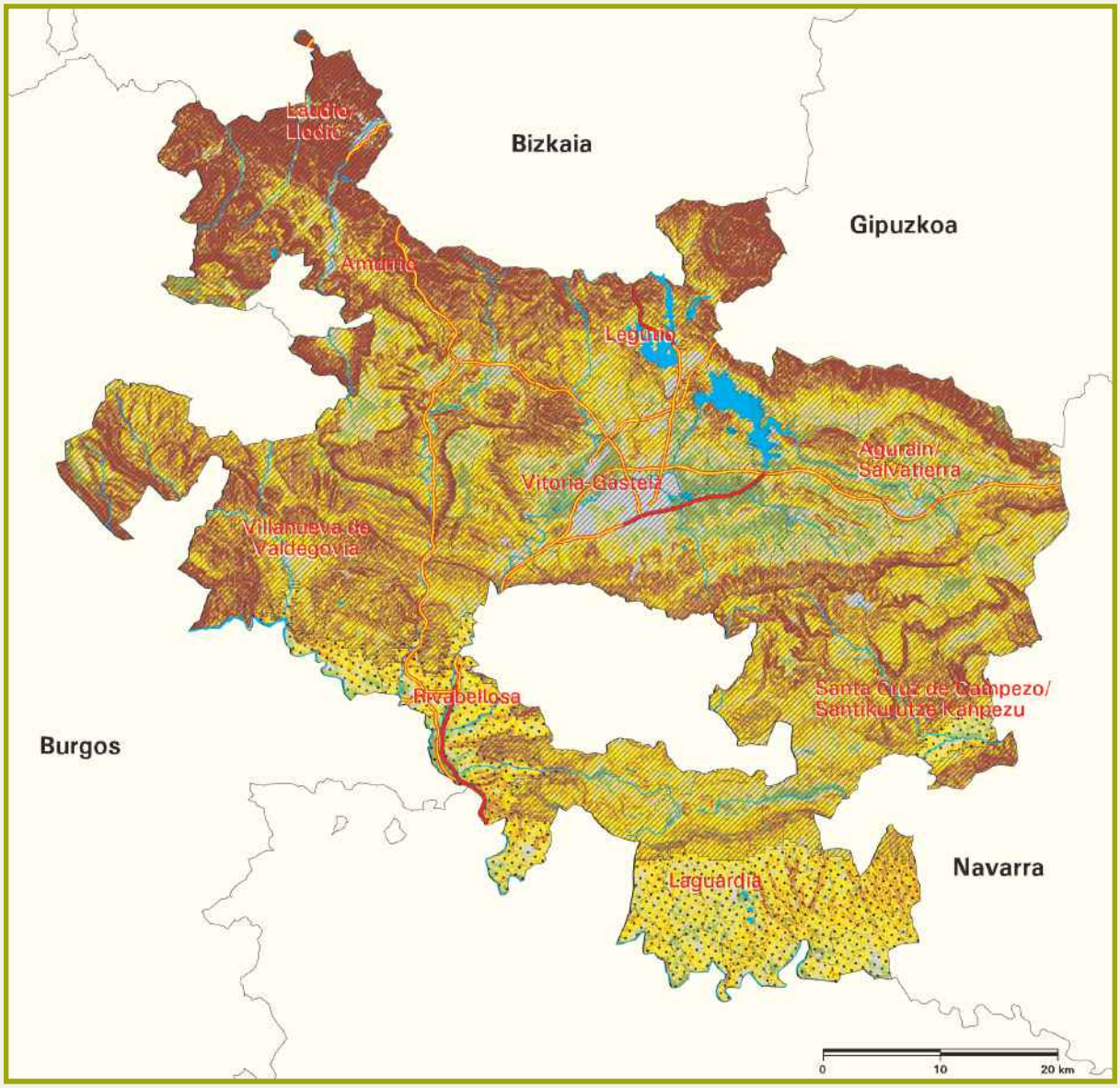
3.7. Erosión potencial (laminar y en regueros)

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 · ha $^{-1}$ · 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

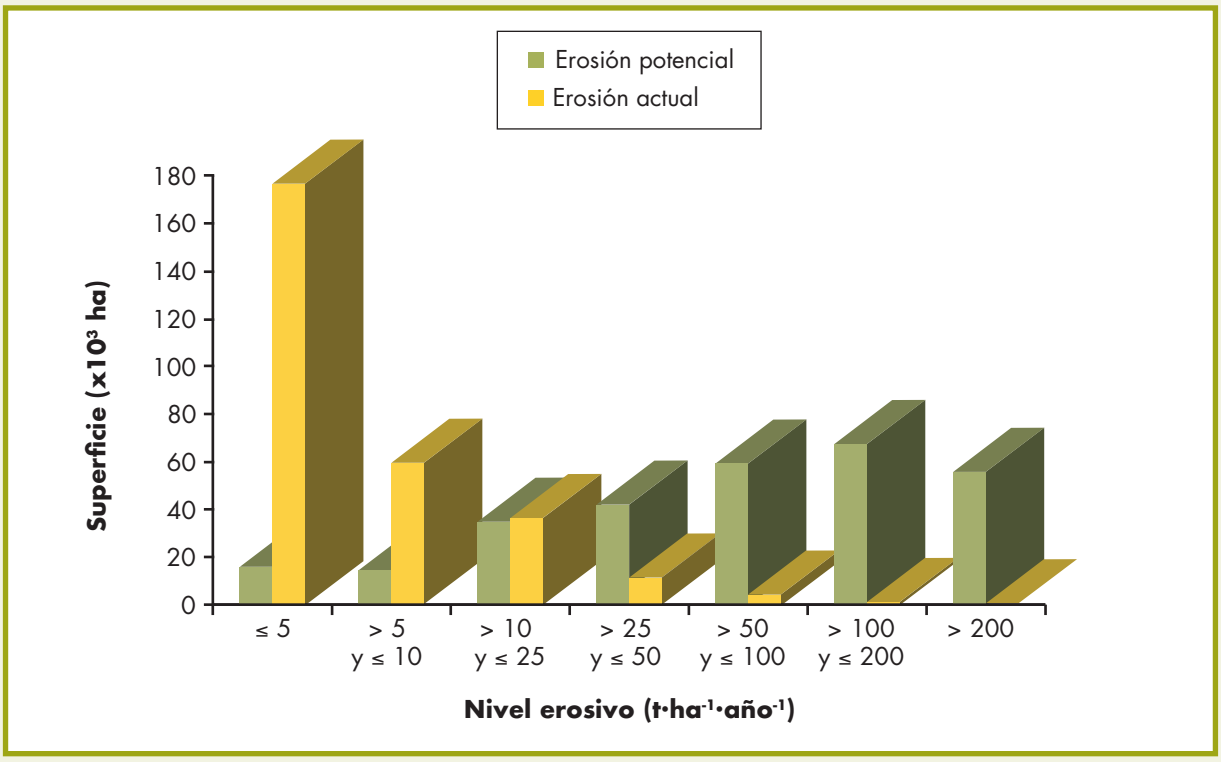
Capacidad climática de recuperación de la vegetación
Baja
Media
Alta

Tabla 3.7.1. Erosión potencial (laminar y en regueros)

Nivel erosivo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	Capacidad climática de recuperación de la vegetación						Superficie geográfica	
	Baja		Media		Alta			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
≤ 5	0,00	0,00	2.803,96	0,92	13.095,19	4,31	15.899,15	5,23
> 5 y ≤ 10	0,00	0,00	3.647,87	1,20	10.693,61	3,52	14.341,48	4,72
> 10 y ≤ 25	0,00	0,00	8.744,82	2,88	25.974,76	8,55	34.719,58	11,43
> 25 y ≤ 50	0,00	0,00	9.547,02	3,14	32.336,84	10,65	41.883,86	13,79
> 50 y ≤ 100	0,00	0,00	8.765,96	2,89	50.382,73	16,59	59.148,69	19,48
> 100 y ≤ 200	0,00	0,00	4.547,46	1,50	62.744,52	20,65	67.291,98	22,15
> 200	0,00	0,00	805,45	0,27	54.876,08	18,07	55.681,53	18,34
SUPERFICIE EROSIONABLE	0,00	0,00	38.862,54	12,80	250.103,73	82,34	288.966,27	95,14
Láminas de agua superficiales y humedales	0,00	0,00	323,44	0,11	2.793,33	0,92	3.116,77	1,03
Superficies artificiales	0,00	0,00	1.677,26	0,55	9.965,34	3,28	11.642,60	3,83
TOTAL	0,00	0,00	40.863,24	13,46	262.862,40	86,54	303.725,64	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.

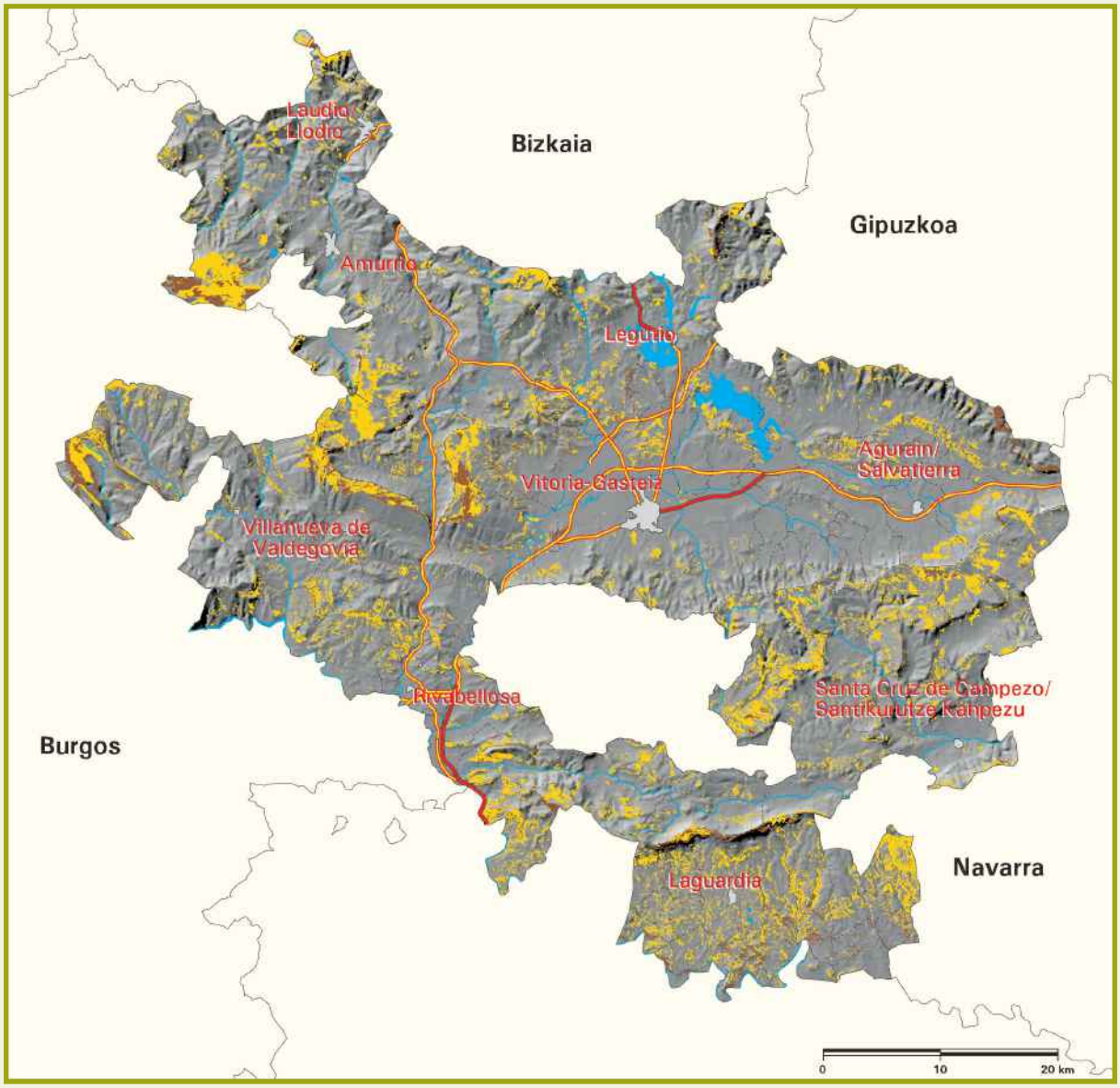
En la tabla 3.8.1 aparecen los estratos que se han considerado como representativos de suelos esqueléticos y degradados por la erosión, incluyendo la descripción de los mismos, los valores medios de los parámetros utilizados en la clasificación, su tasa de erosión actual media, la cualificación de esta 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 31.051,95 ha, que supone un 10,75% de la superficie erosionable de la provincia y un 10,22% de su superficie geográfica.

Por otra parte, los estratos considerados como "desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos" (estrato 25) suman 5.689,92 ha, es decir, un 1,97% de la superficie erosionable de la provincia y un 1,87% de su superficie geográfica.

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



Signos convencionales

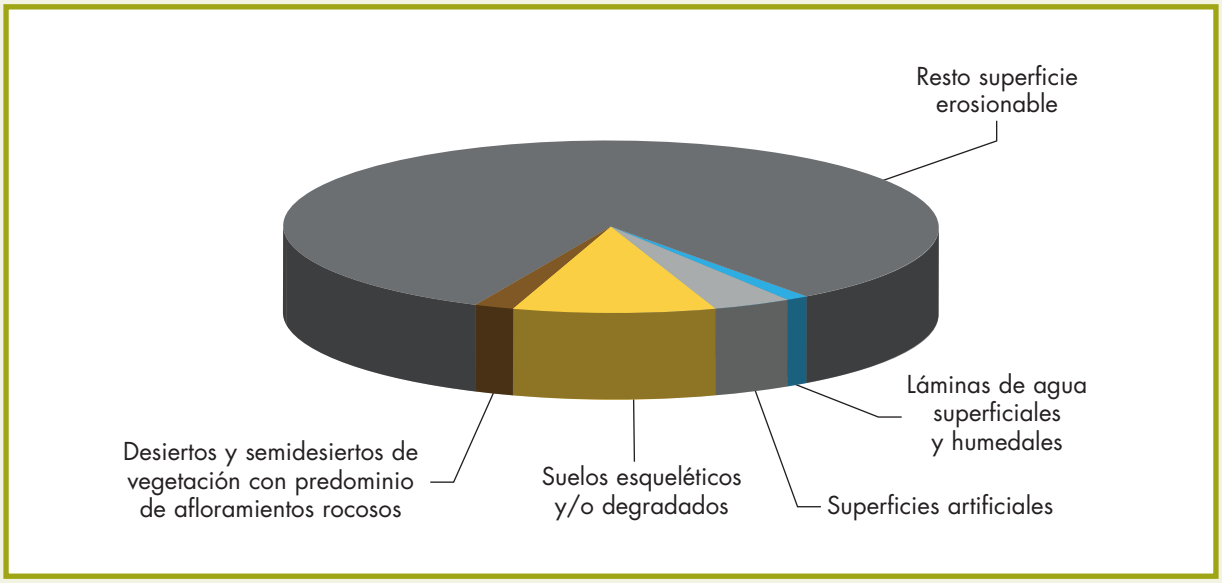
- Autopista / Autovía
- Carretera nacional
- Río
- Ferrocarril
- Límite municipal
- Láminas de agua superficiales
- Superficies artificiales

- 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)
22	- Herbazales - Varias litologías - Varios climas - Varias pendientes - Varias orientaciones - Varias altitudes	5,83	7,50	33,33	34,22	3,25	5,51	Moderada-grave	6.520,88
28	- Matorral con nivel evolutivo alto o muy alto - Varias litologías - Varios climas - Varias pendientes - Varias orientaciones - Varias altitudes	4,18	14,09	45,45	31,33	3,95	4,44	Moderada-leve	24.531,07
TOTAL									31.051,95

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



4. Erosión en cárcavas y barrancos en Araba/Álava

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 645,75 ha, que suponen el 0,22% de la superficie erosionable y el 0,21% de la geográfica de Araba/Álava. 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.

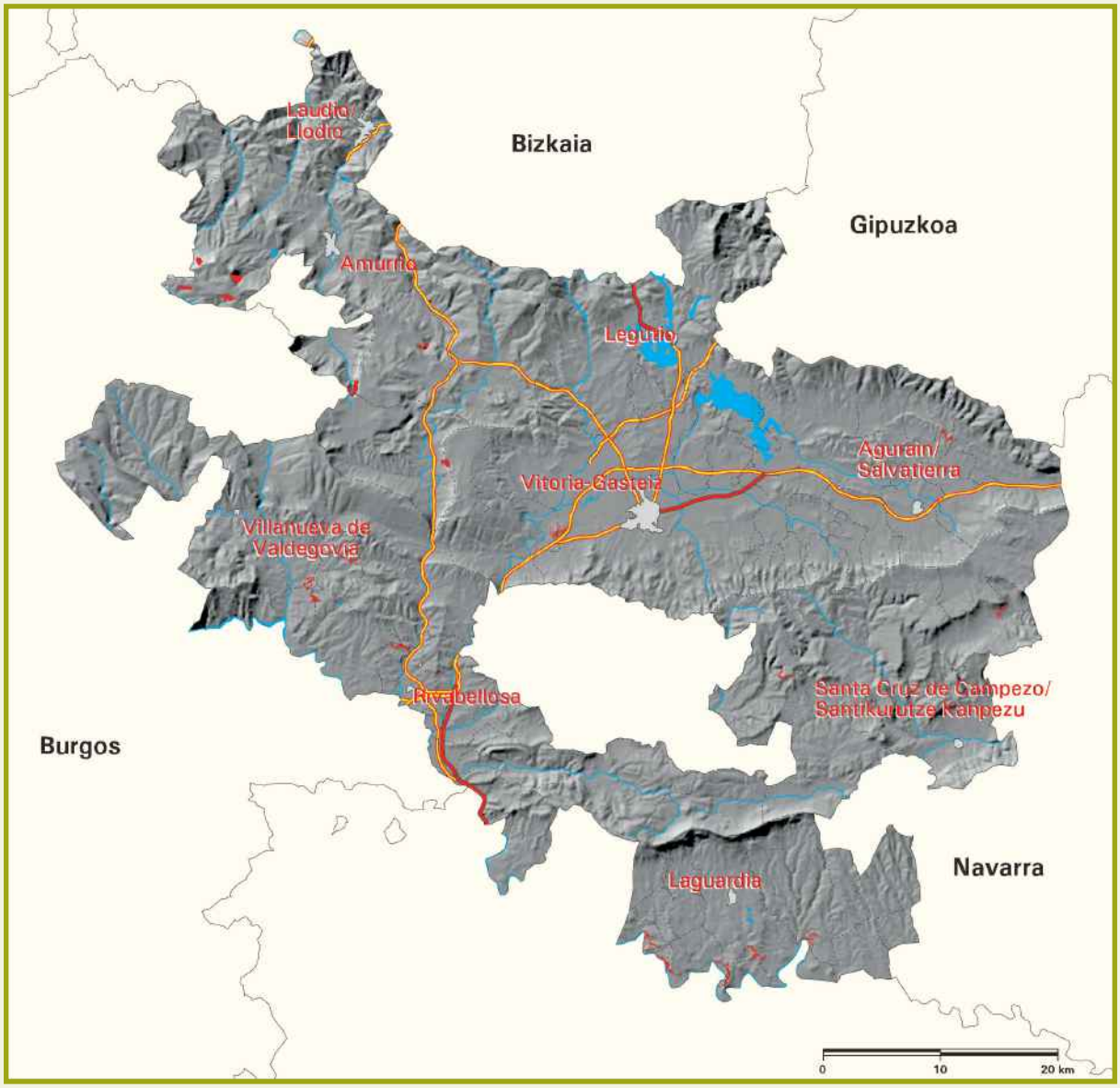
Tabla 4.5. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según régimen de propiedad.

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 Inventario Forestal Nacional de Araba/Álava.

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
- Láminas de agua superficiales
- Superficies artificiales

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

Nivel erosivo		Superficie erosionable (ha)	Superficie de erosión en cárcavas y barrancos	
Código	Pérdidas de suelo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)		ha	%*
1	≤ 5	176.513,48	384,18	59,49
2	> 5 y ≤ 10	59.511,73	116,94	18,11
3	> 10 y ≤ 25	36.274,31	115,19	17,84
4	> 25 y ≤ 50	11.295,71	22,06	3,42
5	> 50 y ≤ 100	4.165,22	4,63	0,72
6	> 100 y ≤ 200	1.069,09	1,69	0,26
7	> 200	136,73	1,06	0,16
TOTAL		288.966,27	645,75	0,22

** 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

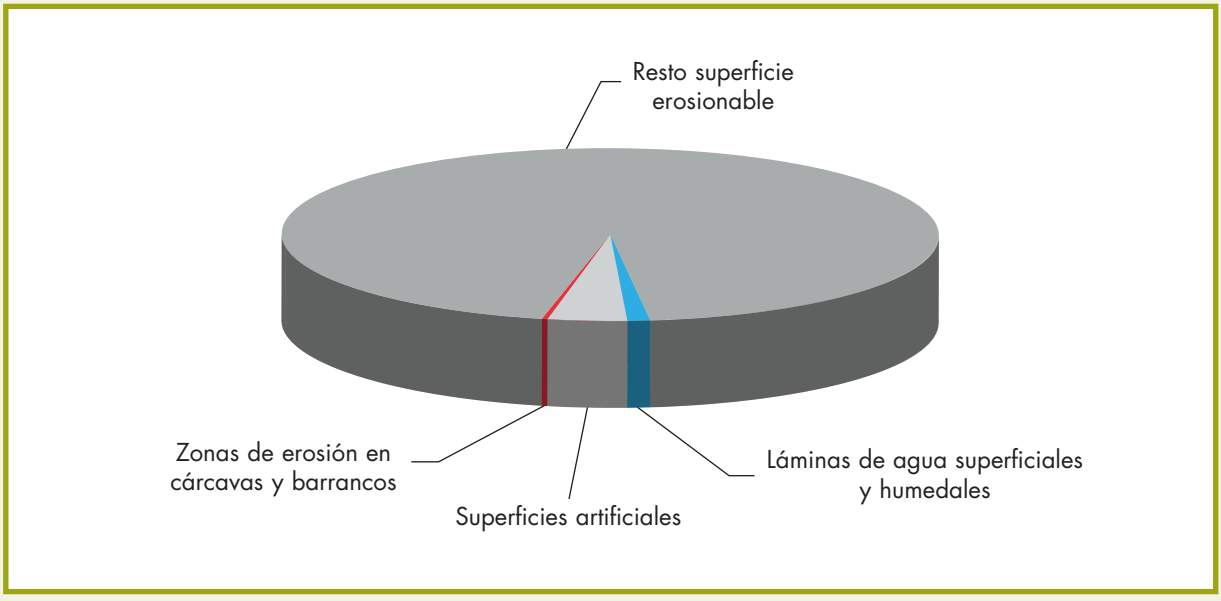


Tabla 4.2. Superficies de zonas de erosión en cárcavas y barrancos según vegetación

Vegetación	Superficie erosionable (ha)	Superficie de erosión en cárcavas y barrancos	
		ha	%*
Forestal arbolado	141.053,12	84,88	0,06
Forestal desarbolado	48.076,29	542,12	1,13
Cultivos	99.836,86	18,75	0,02
TOTAL	288.966,27	645,75	0,22

**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	%**
Amurrio	9.173,35	62,63	0,68
Añana	2.157,57	30,56	1,42
Ayala/Aiara	13.781,48	136,43	0,99
Baños de Ebro/Mañueta	900,40	48,44	5,38
Bernedo	12.877,33	25,19	0,20
Comunidad de la Sierra Brava de Badaya	1.990,44	0,19	0,01
Elciego	1.539,46	20,81	1,35
Erriberagoitia/Ribera Alta	11.769,70	43,88	0,37
Harana/Valle de Arana	3.875,80	25	0,65
Iruña Oka/Iruña de Oca	4.870,65	14,56	0,30
Kuartango	8.267,07	30,44	0,37
Laguardia	7.793,51	66,55	0,85
Lanciego/Lantziego	2.375,37	24,75	1,04
Lantarón	6.490,55	14,81	0,23
Lapuebla de Labarca	533,04	3,75	0,70
San Millán/Donemiliaga	8.345,32	25,19	0,30
Urkabustaiz	5.975,83	25,44	0,43
Valdegovía/Gaubea	23.634,91	26,00	0,11
Vitoria-Gasteiz	23.009,62	21,13	0,09

** 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	%**
1050	7.967,65	62,88	0,79
1051	3.675,39	48,06	1,31
1053	9.930,57	25,38	0,26
1070	8.181,13	49,94	0,61
9039	447,48	38,44	8,59
9048	8.684,65	83,74	0,96
9056	28.843,40	61,94	0,21
9058	25.079,18	3,88	0,02
9068	5.698,74	6,94	0,12
9070	15.073,68	28,75	0,19
9071	6.251,99	25,19	0,40
9097	4.488,66	23,56	0,52
9125	20.230,68	140,74	0,70
9149	6.421,43	25,00	0,39
9220	7.600,48	21,31	0,28

** 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	135.152,16	331,12	0,24
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. consorciados o conveniados	537,42	2,88	0,54
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	12.030,53	257,69	2,14
Montes privados de particulares no consorciados ni conveniados	122.473,62	53,5	0,04
Montes privados de empresas no consorciados ni conveniados	4.004,65	0,56	0,01

** 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	28.776,09	47,00	0,16
Sin protección	258.716,08	598,75	0,23

** 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 Araba/Álava

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.

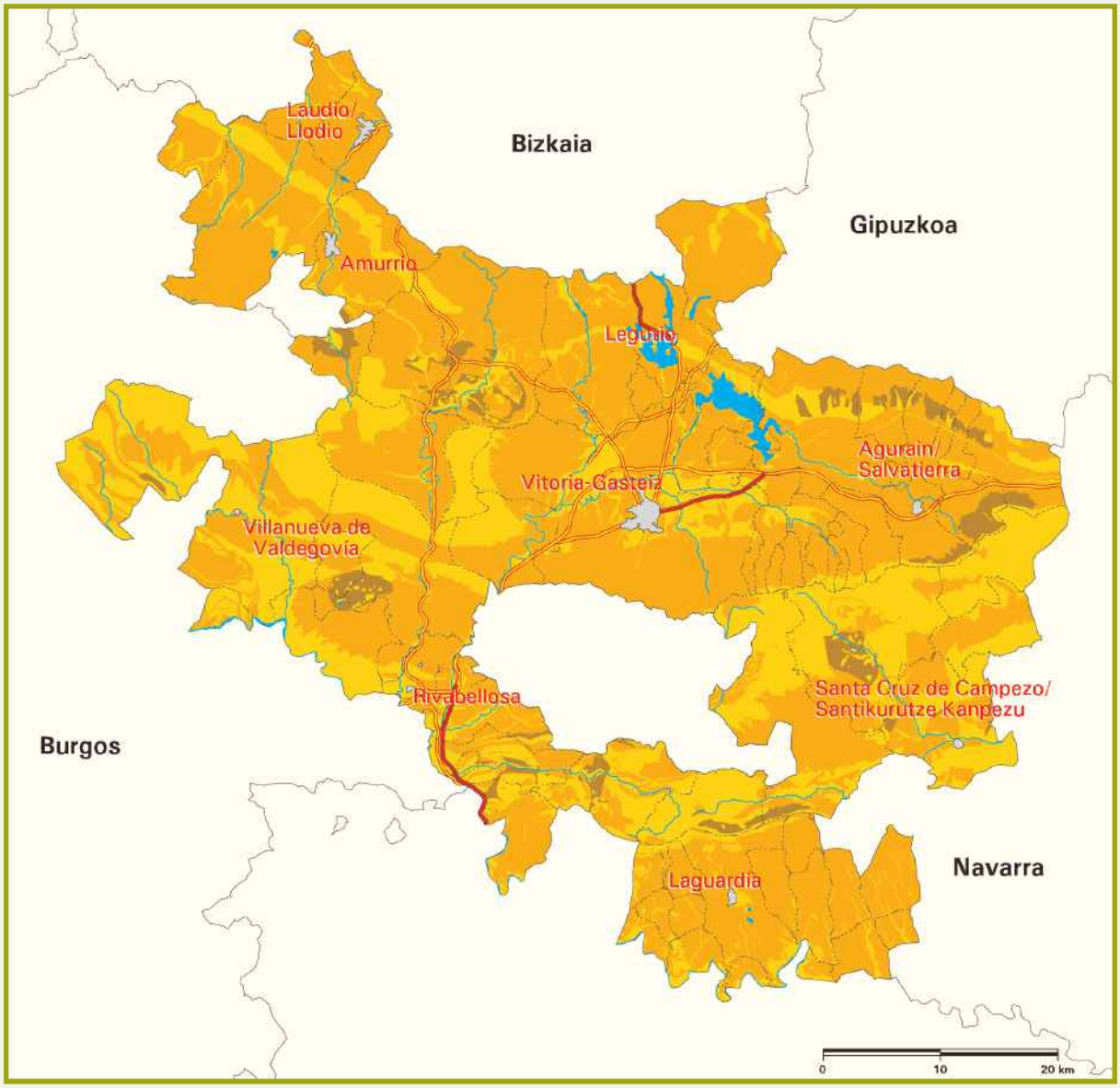
Tabla 5.9. Superficies según régimen de propiedad y potencialidad de movimientos en masa.

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 Araba/Álava.

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
- Láminas de agua superficiales
- Superficies artificiales

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	32,53	0,01
Muy poco favorable	0,00	0,00
Poco favorable	103.394,35	34,04
Medianamente favorable	191.134,48	62,93
Favorable	9.164,28	3,02
Muy favorable	0,00	0,00
TOTAL	303.725,64	100,00

Mapa 5.2. Factor pendiente

Signos convencionales

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

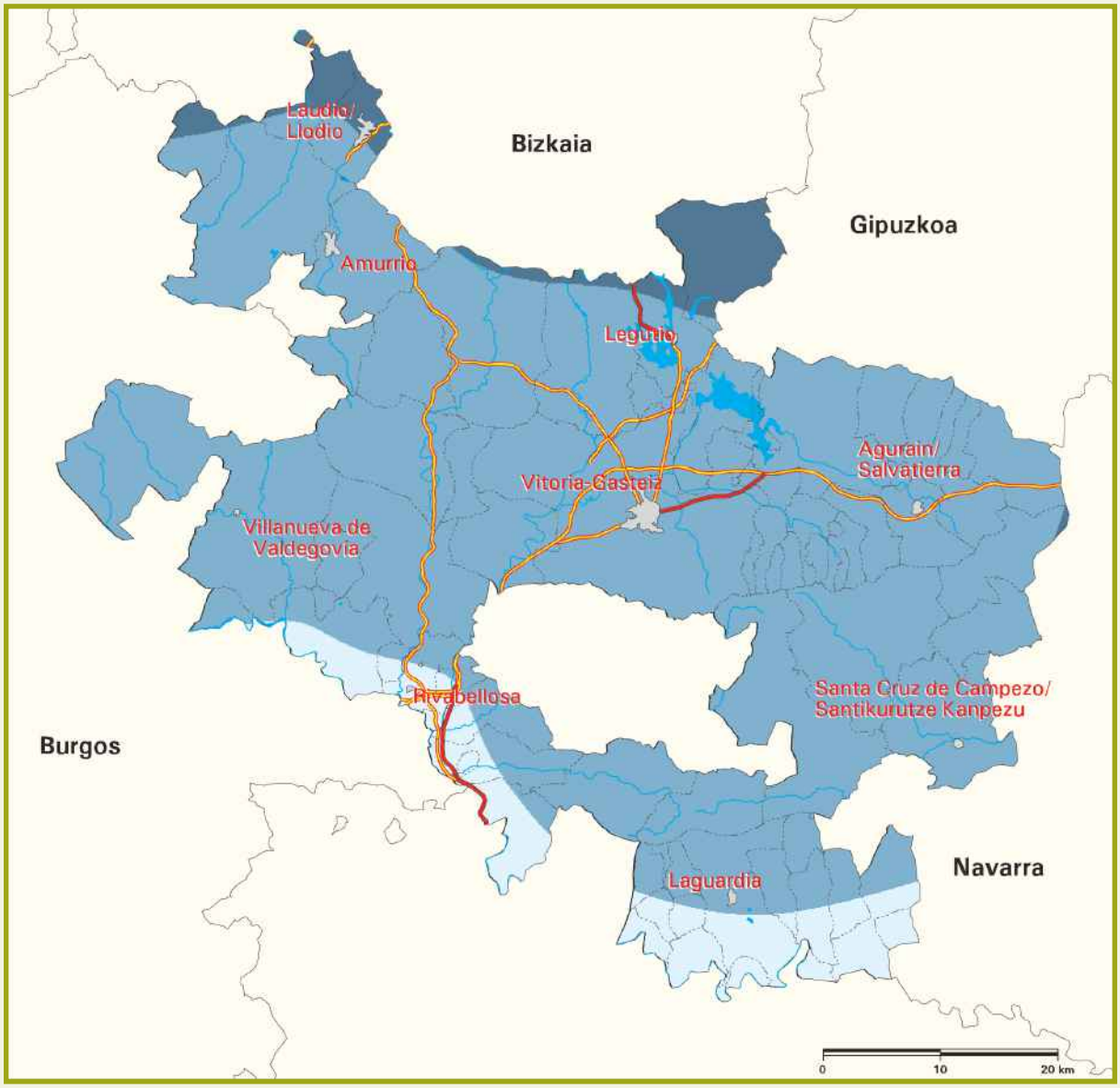
Pendiente
Baja (≤ 15%)
Media (> 15 y ≤ 30%)
Alta (> 30 y ≤ 100%)
Muy alta o escarpes (> 100%)

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 (≤ 15%)	146.980,47	48,39
Media (> 15 y ≤ 30%)	91.647,35	30,17
Alta (> 30 y ≤ 100%)	64.557,52	21,26
Muy alta o escarpes (> 100%)	540,30	0,18
TOTAL	303.725,64	100,00

Mapa 5.3. Factor pluviometría



Signos convencionales

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

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	24.832,80	8,18
P ≤ 600 y T10 > 100 ó 600 < P ≤ 1200 y T10 ≤ 100	264.794,61	87,18
P > 1200 ó 600 < P ≤ 1200 y T10 > 100	14.098,23	4,64
TOTAL	303.725,64	100,00

Mapa 5.4. Movimientos identificados

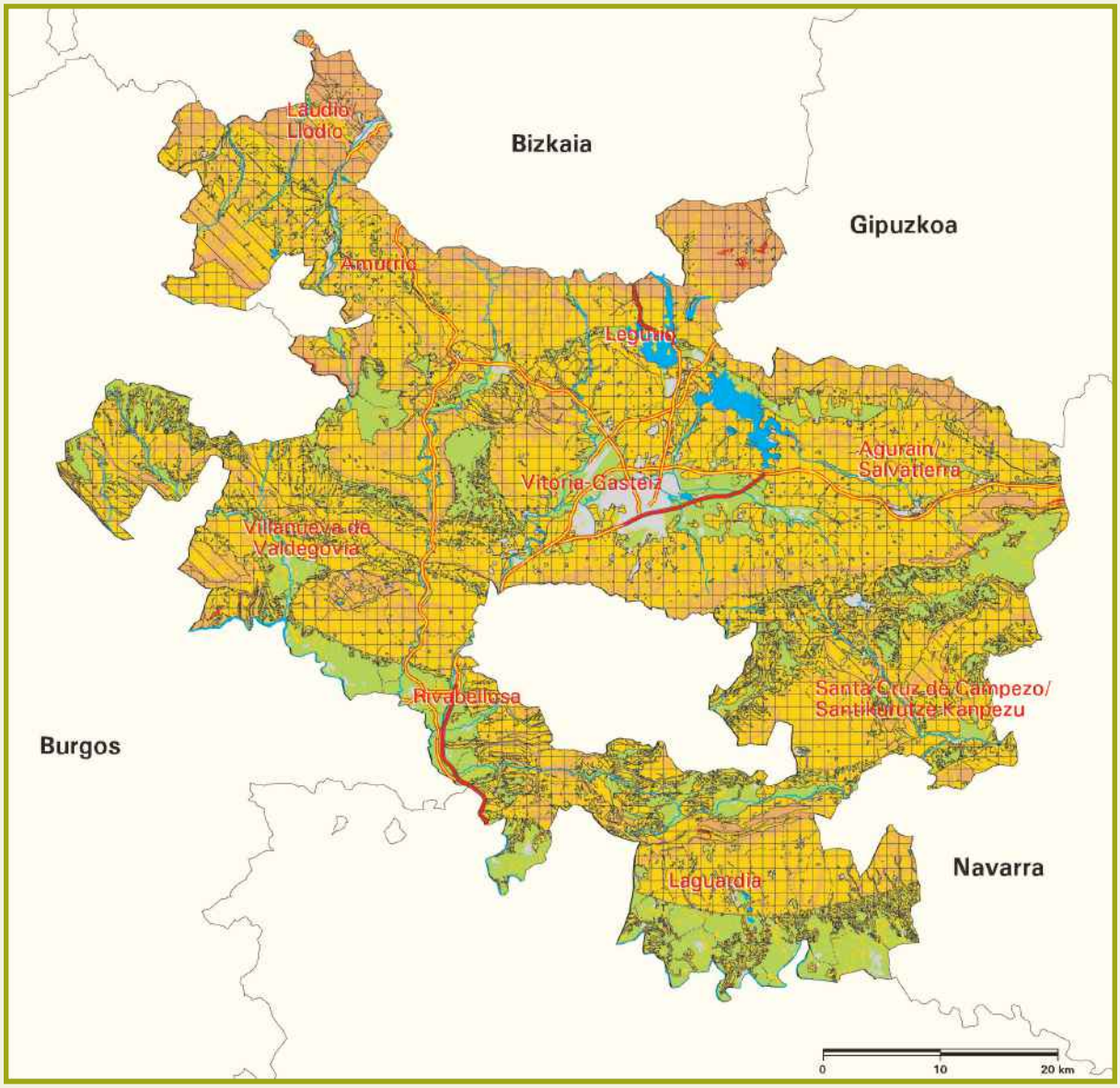
Signos convencionales

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

▲ Movimientos activos identificados (Total: 25)

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

Mapa 5.5. Potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa



Signos convencionales

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

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	
Deslizamientos	0,00	0,00	0,00	0,00	
Derrumbes en general y deslizamientos	0,00	0,00	0,00	0,00	
Complejos o mixtos	0,00	0,00	0,00	0,00	
Movimientos en masa poco probables	22,02	~ 0,00	55.543,80	18,29	
SUPERFICIE EROSIONABLE	22,02	~ 0,00	55.543,80	18,29	
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	%
	9.239,90	3,04	2.790,70	0,92	8,13	~ 0,00	12.038,73	3,96
	19,27	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	19,27	0,01
	163.740,67	53,91	38.402,11	12,65	384,61	0,13	202.527,39	66,69
	11.449,45	3,77	7.359,54	2,42	6,07	~ 0,00	18.815,06	6,19
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55.565,82	18,29
	184.449,29	60,73	48.552,35	15,99	398,81	0,13	288.966,27	95,14
							3.116,77	1,03
							11.642,60	3,83
							303.725,64	100,00

Gráfico 5.5.1. Superficies según potencialidad de movimientos en masa

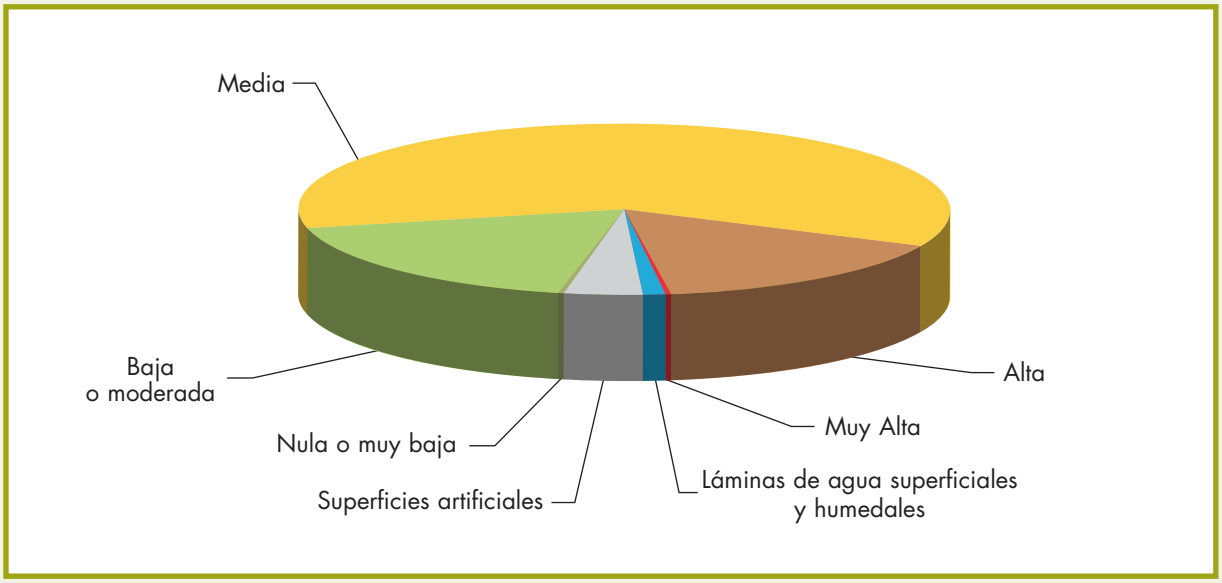


Gráfico 5.5.2. Superficies según tipología predominante de movimientos en masa

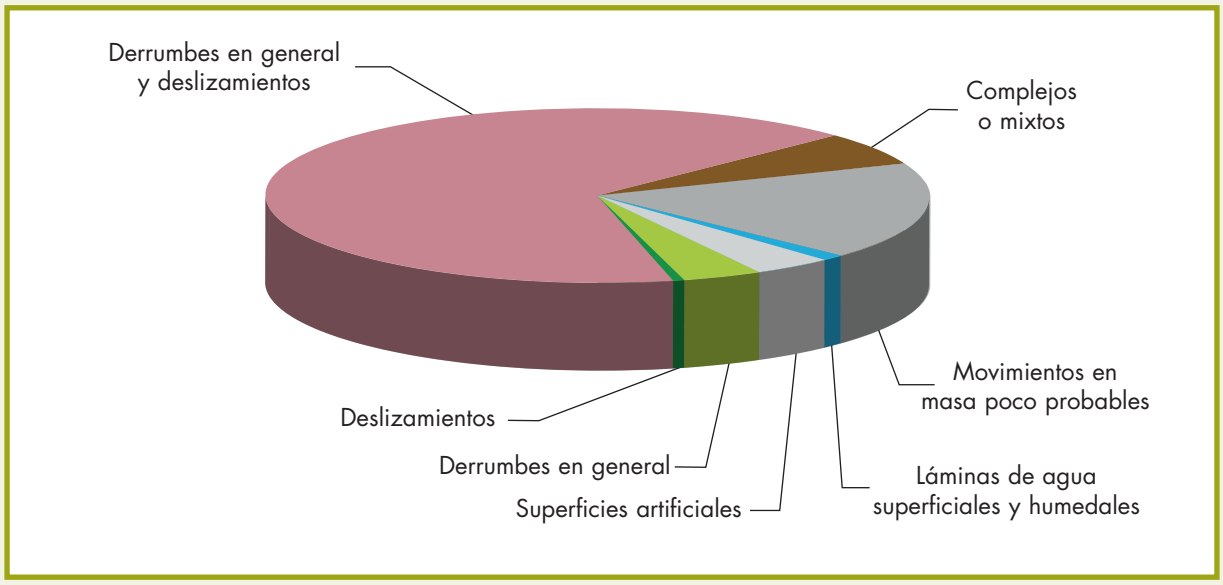


Tabla 5.6. Superficies según vegetación y potencialidad de movimientos en masa

Vegetación	Potencialidad				
	Nula o muy baja		Baja o moderada		
	ha	%	ha	%	
Forestal arbolado	11,32	~ 0,00	17.643,89	5,81	
Forestal desarbolado	7,07	~ 0,00	9.885,60	3,25	
Cultivos	3,63	~ 0,00	28.014,31	9,23	
SUPERFICIE EROSIONABLE	22,02	~ 0,00	55.543,80	18,29	
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	%
	86.578,61	28,51	36.595,25	12,05	224,05	0,07	141.053,12	46,44
	29.528,81	9,72	8.540,60	2,82	114,21	0,04	48.076,29	15,83
	68.341,87	22,50	3.416,50	1,12	60,55	0,02	99.836,86	32,87
	184.449,29	60,73	48.552,35	15,99	398,81	0,13	288.966,27	95,14
							3.116,77	1,03
							11.642,60	3,83
							303.725,64	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	%
Agurain/Salvatierra	0,00	0,00	12,26	0,35
Alegría-Dulantzi	0,00	0,00	275,28	14,76
Amurrio	0,00	0,00	542,99	5,92
Añana	0,00	0,00	210,98	9,78
Aramaio	0,00	0,00	0,06	~ 0,00
Armiñón	0,00	0,00	669,91	57,11
Arraia-Maeztu	0,00	0,00	2.871,95	23,97
Arratzua-Ubarrundia	0,00	0,00	998,72	21,72
Artziniega	0,00	0,00	85,38	3,20
Asparrena	0,00	0,00	264,40	4,14
Ayala/Aiara	0,00	0,00	468,81	3,40
Baños de Ebro/Mañueta	0,00	0,00	509,96	56,64
Barrundia	0,00	0,00	1.170,98	12,59
Berantevilla	0,06	~ 0,00	1.233,60	35,67
Bernedo	16,65	0,13	2.303,88	17,89
Campezo/Kanpezu	0,00	0,00	1.389,22	16,48
Comunidad de la Sierra Brava de Badaya	0,00	0,00	1.712,03	86,01
Elburgo/Burgelu	0,00	0,00	487,76	18,53
Elciego	0,00	0,00	1.230,09	79,90
Elvillar/Bilar	0,00	0,00	119,66	6,93
Erriberabeitia	0,00	0,00	1.190,44	52,71
Erriberagoitia/Ribera Alta	0,31	~ 0,00	1.544,47	13,12
Harana/Valle de Arana	0,00	0,00	335,95	8,67
Iruña Oka/Iruña de Oca	0,00	0,00	858,80	17,63
Iruraiz-Gauna	0,00	0,00	55,48	1,21
Kripan	0,00	0,00	0,06	~ 0,00
Kuartango	0,00	0,00	1.553,85	18,80
Labastida/Bastida	0,00	0,00	1.679,45	46,54
Lagrán	1,38	0,03	1.732,61	38,42
Laguardia	0,00	0,00	2.694,93	34,58
Lanciego/Lantziego	0,00	0,00	787,50	33,15
Lantarón	0,00	0,00	2.362,11	36,39
Lapuebla de Labarca	0,00	0,00	339,45	63,68
Laudio/Llodio	0,00	0,00	30,52	0,90
Legutio	0,00	0,00	454,98	12,84
Leza	0,00	0,00	24,33	2,53
Moreda de Álava/Moreda Araba	0,00	0,00	492,01	58,08

Potencialidad							Superficie erosionable (ha)
	Media		Alta		Muy alta		
	ha	%	ha	%	ha	%	
	3.158,43	89,56	349,21	9,90	6,63	0,19	3.526,53
	1.390,66	74,58	198,72	10,66	0,00	0,00	1.864,66
	6.008,61	65,50	2.568,02	27,99	53,73	0,59	9.173,35
	1.582,12	73,33	364,47	16,89	0,00	0,00	2.157,57
	1.439,13	19,99	5.627,62	78,17	132,36	1,84	7.199,17
	454,98	38,79	48,10	4,10	0,00	0,00	1.172,99
	8.350,13	69,71	757,60	6,32	0,25	~ 0,00	11.979,93
	3.256,69	70,81	343,71	7,47	0,00	0,00	4.599,12
	1.452,27	54,35	1.134,33	42,45	0,00	0,00	2.671,98
	4.383,25	68,62	1.681,64	26,32	58,86	0,92	6.388,15
	9.494,04	68,90	3.813,88	27,67	4,75	0,03	13.781,48
	390,44	43,36	0,00	0,00	0,00	0,00	900,40
	6.765,34	72,77	1.361,38	14,64	0,00	0,00	9.297,70
	1.985,63	57,40	239,56	6,93	0,00	0,00	3.458,85
	9.614,08	74,66	927,27	7,20	15,45	0,12	12.877,33
	5.982,39	70,98	1.045,39	12,40	11,95	0,14	8.428,95
	276,72	13,91	1,69	0,08	0,00	0,00	1.990,44
	1.977,43	75,13	166,94	6,34	0,00	0,00	2.632,13
	309,37	20,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1.539,46
	1.493,98	86,57	111,34	6,45	0,94	0,05	1.725,92
	932,73	41,31	135,11	5,98	0,00	0,00	2.258,28
	8.713,79	74,04	1.511,13	12,84	0,00	0,00	11.769,70
	3.167,87	81,73	371,98	9,60	0,00	0,00	3.875,80
	3.692,66	75,82	319,19	6,55	0,00	0,00	4.870,65
	4.077,71	89,19	439,16	9,60	0,00	0,00	4.572,35
	1.022,30	83,85	196,91	16,15	0,00	0,00	1.219,27
	5.094,70	61,62	1.618,52	19,58	0,00	0,00	8.267,07
	1.662,00	46,05	267,27	7,41	0,00	0,00	3.608,72
	2.344,85	51,99	423,71	9,40	7,13	0,16	4.509,68
	4.388,09	56,30	657,64	8,44	52,85	0,68	7.793,51
	1.363,13	57,39	224,24	9,44	0,50	0,02	2.375,37
	3.505,01	54,00	583,21	8,99	40,22	0,62	6.490,55
	188,34	35,34	0,00	0,00	5,25	0,98	533,04
	908,15	26,94	2.433,67	72,16	0,13	~ 0,00	3.372,47
	2.264,41	63,92	823,21	23,24	0,00	0,00	3.542,60
	879,38	91,28	59,61	6,19	0,00	0,00	963,32
	355,16	41,92	0,00	0,00	0,00	0,00	847,17

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	%	
Navaridas	0,00	0,00	533,79	60,73	
Okondo	0,00	0,00	28,21	0,96	
Oyón-Oion	0,00	0,00	1.657,18	38,17	
Parzonería de Entzia	0,00	0,00	3.476,49	70,05	
Peñacerrada-Urizaharra	1,75	0,03	1.284,01	20,85	
Samaniego	0,00	0,00	245,63	23,74	
San Millán/Donemiliaga	0,00	0,00	367,60	4,40	
Urkabustaiz	0,00	0,00	1.152,72	19,29	
Valdegovía/Gaubea	0,00	0,00	5.100,59	21,58	
Villabuena de Álava/Eskuernaga	0,00	0,00	483,38	58,41	
Vitoria-Gasteiz	1,81	0,01	5.141,43	22,34	
Yécora/Iekora	0,00	0,00	398,13	21,51	
Zalduondo	0,00	0,00	158,94	13,80	
Zambrana	0,06	~ 0,00	1.158,47	30,24	
Zigoitia	0,00	0,00	850,42	8,62	
Zuia	0,00	0,00	811,95	6,81	
TOTAL	22,02	0,01	55.543,80	19,22	

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	%	
	342,08	38,91	3,13	0,36	0,00	0,00	879,00
	489,39	16,64	2.416,21	82,15	7,44	0,25	2.941,25
	2.163,83	49,84	520,66	11,99	0,00	0,00	4.341,67
	1.477,10	29,76	9,51	0,19	0,00	0,00	4.963,10
	4.153,96	67,43	719,75	11,69	0,00	0,00	6.159,47
	698,30	67,47	90,95	8,79	0,00	0,00	1.034,88
	6.225,34	74,60	1.752,32	21,00	0,06	~ 0,00	8.345,32
	4.111,61	68,80	711,50	11,91	0,00	0,00	5.975,83
	15.668,12	66,29	2.866,20	12,13	0,00	0,00	23.634,91
	340,96	41,20	3,25	0,39	0,00	0,00	827,59
	15.248,01	66,27	2.618,37	11,38	0,00	0,00	23.009,62
	1.353,62	73,15	98,77	5,34	0,00	0,00	1.850,52
	712,37	61,87	280,22	24,33	0,00	0,00	1.151,53
	2.047,56	53,46	624,43	16,30	0,00	0,00	3.830,52
	7.404,27	75,01	1.615,96	16,37	0,31	~ 0,00	9.870,96
	7.686,80	64,52	3.415,69	28,67	0,00	0,00	11.914,44
	184.449,29	63,83	48.552,35	16,80	398,81	0,14	288.966,27

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	%
1036	0,00	0,00	0,00	0,00
1050	0,00	0,00	1.477,29	18,54
1051	0,00	0,00	122,91	3,34
1052	0,00	0,00	102,58	2,47
1053	0,00	0,00	392,37	3,95
1055	0,00	0,00	0,00	0,00
1060	0,00	0,00	0,00	0,00
1070	0,00	0,00	209,79	2,56
1071	0,00	0,00	176,20	3,09
1073	0,00	0,00	0,00	0,00
9039	0,00	0,00	104,21	23,29
9040	0,00	0,00	154,87	24,43
9044	0,00	0,00	441,16	17,62
9045	0,00	0,00	184,83	10,09
9046	0,00	0,00	2.290,24	20,58
9047	0,00	0,00	359,03	9,46
9048	0,00	0,00	2.071,57	23,85
9049	0,00	0,00	2.176,16	47,63
9054	0,00	0,00	0,00	0,00
9055	0,00	0,00	0,00	0,00
9056	0,00	0,00	5.629,05	19,52
9058	0,00	0,00	2.027,35	8,08
9059	0,00	0,00	359,41	11,32
9060	0,00	0,00	62,11	1,62
9061	0,00	0,00	65,30	4,81
9062	0,00	0,00	0,88	36,97
9063	0,00	0,00	349,34	10,90
9064	0,00	0,00	165,00	11,67
9065	0,00	0,00	2.499,72	22,83
9066	0,00	0,00	43,10	17,09
9067	0,13	~ 0,00	1.053,20	16,84
9068	0,63	0,01	1.499,24	26,31
9069	0,00	0,00	1.253,99	14,60
9070	0,31	~ 0,00	3.072,67	20,38
9071	13,70	0,22	1.562,98	25,00
9073	1,06	0,39	22,08	8,21
9074	0,06	0,01	69,99	6,17
9075	0,00	0,00	643,13	42,28

Potencialidad							Superficie erosionable (ha)
	Media		Alta		Muy alta		
	ha	%	ha	%	ha	%	
	254,76	8,07	2.768,31	87,74	132,23	4,19	3.155,30
	4.691,76	58,89	1.744,87	21,90	53,73	0,67	7.967,65
	2.666,85	72,56	885,63	24,10	0,00	0,00	3.675,39
	1.511,75	36,35	2.544,75	61,18	0,13	~ 0,00	4.159,21
	7.285,86	73,37	2.252,34	22,68	0,00	0,00	9.930,57
	21,45	14,66	124,85	85,34	0,00	0,00	146,30
	24,02	4,98	458,17	94,99	0,13	0,03	482,32
	5.159,69	63,07	2.806,90	34,31	4,75	0,06	8.181,13
	2.509,85	43,97	3.019,51	52,89	3,00	0,05	5.708,56
	11,38	3,09	352,72	95,71	4,44	1,20	368,54
	255,39	57,07	87,88	19,64	0,00	0,00	447,48
	380,61	60,05	98,39	15,52	0,00	0,00	633,87
	1.643,85	65,65	418,77	16,73	0,00	0,00	2.503,78
	1.232,23	67,24	374,98	20,47	40,22	2,20	1.832,26
	7.286,73	65,49	1.549,85	13,93	0,00	0,00	11.126,82
	3.091,81	81,50	342,83	9,04	0,00	0,00	3.793,67
	5.674,28	65,34	938,80	10,81	0,00	0,00	8.684,65
	2.027,53	44,38	365,16	7,99	0,00	0,00	4.568,85
	129,35	27,30	344,46	72,70	0,00	0,00	473,81
	68,18	26,03	193,71	73,97	0,00	0,00	261,89
	18.215,89	63,15	4.998,46	17,33	0,00	0,00	28.843,40
	19.181,29	76,48	3.863,85	15,41	6,69	0,03	25.079,18
	1.974,68	62,19	841,16	26,49	0,13	~ 0,00	3.175,38
	1.439,32	37,50	2.336,90	60,88	0,00	0,00	3.838,33
	703,87	51,81	589,21	43,38	0,00	0,00	1.358,38
	1,50	63,03	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38
	2.745,97	85,68	109,65	3,42	0,00	0,00	3.204,96
	1.246,61	88,18	2,19	0,15	0,00	0,00	1.413,80
	7.699,44	70,32	749,59	6,85	0,00	0,00	10.948,75
	209,04	82,91	0,00	0,00	0,00	0,00	252,14
	4.095,66	65,47	1.106,37	17,69	0,00	0,00	6.255,36
	3.638,87	63,85	560,00	9,83	0,00	0,00	5.698,74
	6.309,84	73,46	1.025,49	11,94	0,19	~ 0,00	8.589,51
	10.576,02	70,17	1.424,68	9,45	0,00	0,00	15.073,68
	4.399,09	70,36	276,22	4,42	0,00	0,00	6.251,99
	215,67	80,21	30,09	11,19	0,00	0,00	268,90
	857,43	75,60	206,60	18,22	0,00	0,00	1.134,08
	815,58	53,63	62,24	4,09	0,00	0,00	1.520,95

sigue ▸▸

Tabla 5.8. Superficies según unidades hidrológicas y potencialidad de movimientos en masa *(cont.)*

Unidad hidrológica	Potencialidad				
	Nula o muy baja		Baja o moderada		
	ha	%	ha	%	
9076	0,00	0,00	183,02	91,10	
9077	0,00	0,00	521,85	93,83	
9078	0,06	~ 0,00	2.038,86	22,59	
9079	0,00	0,00	849,23	34,95	
9097	0,00	0,00	2.156,14	48,04	
9125	0,00	0,00	7.368,05	36,42	
9135	0,00	0,00	1.004,54	27,82	
9146	3,94	0,04	2.430,16	26,99	
9147	2,13	0,01	3.312,17	18,58	
9148	0,00	0,00	1.057,96	16,14	
9149	0,00	0,00	3.401,30	52,97	
9220	0,00	0,00	578,77	7,61	
TOTAL	22,02	0,01	55.543,80	19,22	

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	%	
	17,89	8,90	0,00	0,00	0,00	0,00	200,91
	34,34	6,17	0,00	0,00	0,00	0,00	556,19
	5.730,70	63,49	1.256,30	13,92	0,00	0,00	9.025,92
	1.399,92	57,61	180,70	7,44	0,00	0,00	2.429,85
	2.103,03	46,85	229,49	5,11	0,00	0,00	4.488,66
	11.488,68	56,79	1.307,34	6,46	66,61	0,33	20.230,68
	2.097,46	58,08	509,03	14,10	0,00	0,00	3.611,03
	5.605,61	62,25	964,13	10,71	0,56	0,01	9.004,40
	12.969,09	72,74	1.529,39	8,58	15,26	0,09	17.828,04
	4.925,81	75,12	561,07	8,56	11,88	0,18	6.556,72
	2.785,26	43,37	234,87	3,66	0,00	0,00	6.421,43
	5.038,40	66,30	1.924,45	25,32	58,86	0,77	7.600,48
	184.449,29	63,83	48.552,35	16,80	398,81	0,14	288.966,27

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	43,78	2,48	
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. consorciados o conveniados	0,00	0,00	0,00	0,00	
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	362,29	16,16	
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. consorciados o conveniados	0,00	0,00	633,25	6,36	
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	0,07	0,00	20.468,05	15,14	
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. consorciados o conveniados	0,00	0,00	195,90	36,45	
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	2.739,22	22,77	
Montes de propiedades peculiares no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	48,41	17,39	
Montes privados de particulares consorciados o conveniados	0,00	0,00	36,34	27,52	
Montes privados de particulares no consorciados ni conveniados	0,06	~ 0,00	29.487,41	24,08	
Montes privados de empresas no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	1.441,95	36,01	
Montes de propiedad desconocida	21,89	67,81	10,01	31,01	
Montes privados de sociedades vecinales no consorciados ni conveniados	0,00	0,00	3,13	3,19	
Resto de superficie	0,00	0,00	74,06	28,95	
TOTAL	22,02	0,01	55.543,80	19,22	

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	%	
	782,87	44,42	936,11	53,10	0,00	0,00	1.762,76
	5,57	85,56	0,94	14,44	0,00	0,00	6,51
	1.601,89	71,44	263,77	11,76	14,32	0,64	2.242,27
	6.395,15	64,21	2.930,81	29,43	0,38	~ 0,00	9.959,59
	85.865,85	63,54	28.611,16	21,17	207,03	0,15	135.152,16
	257,02	47,83	84,50	15,72	0,00	0,00	537,42
	8.147,78	67,72	1.125,64	9,36	17,89	0,15	12.030,53
	173,52	62,32	56,48	20,29	0,00	0,00	278,41
	34,97	26,49	60,73	45,99	0,00	0,00	132,04
	78.892,18	64,41	13.935,72	11,38	158,25	0,13	122.473,62
	2.025,65	50,58	536,11	13,39	0,94	0,02	4.004,65
	0,38	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	32,28
	90,07	91,72	5,00	5,09	0,00	0,00	98,20
	176,39	68,95	5,38	2,10	0,00	0,00	255,83
	184.449,29	63,83	48.552,35	16,80	398,81	0,14	288.966,27

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	1,94	0,01	2.024,66	7,04	
Biotopo Protegido	0,00	0,00	74,37	5,05	
Sin protección	20,08	0,01	53.444,77	20,66	
TOTAL	22,02	0,01	55.543,80	19,22	

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	%	
	19.234,45	66,83	7.512,73	26,11	2,31	0,01	28.776,09
	583,15	39,55	816,58	55,40	0,00	0,00	1.474,10
	164.631,69	63,63	40.223,04	15,55	396,50	0,15	258.716,08
	184.449,29	63,83	48.552,35	16,80	398,81	0,14	288.966,27

6. Erosión en cauces en Araba/Álava

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.

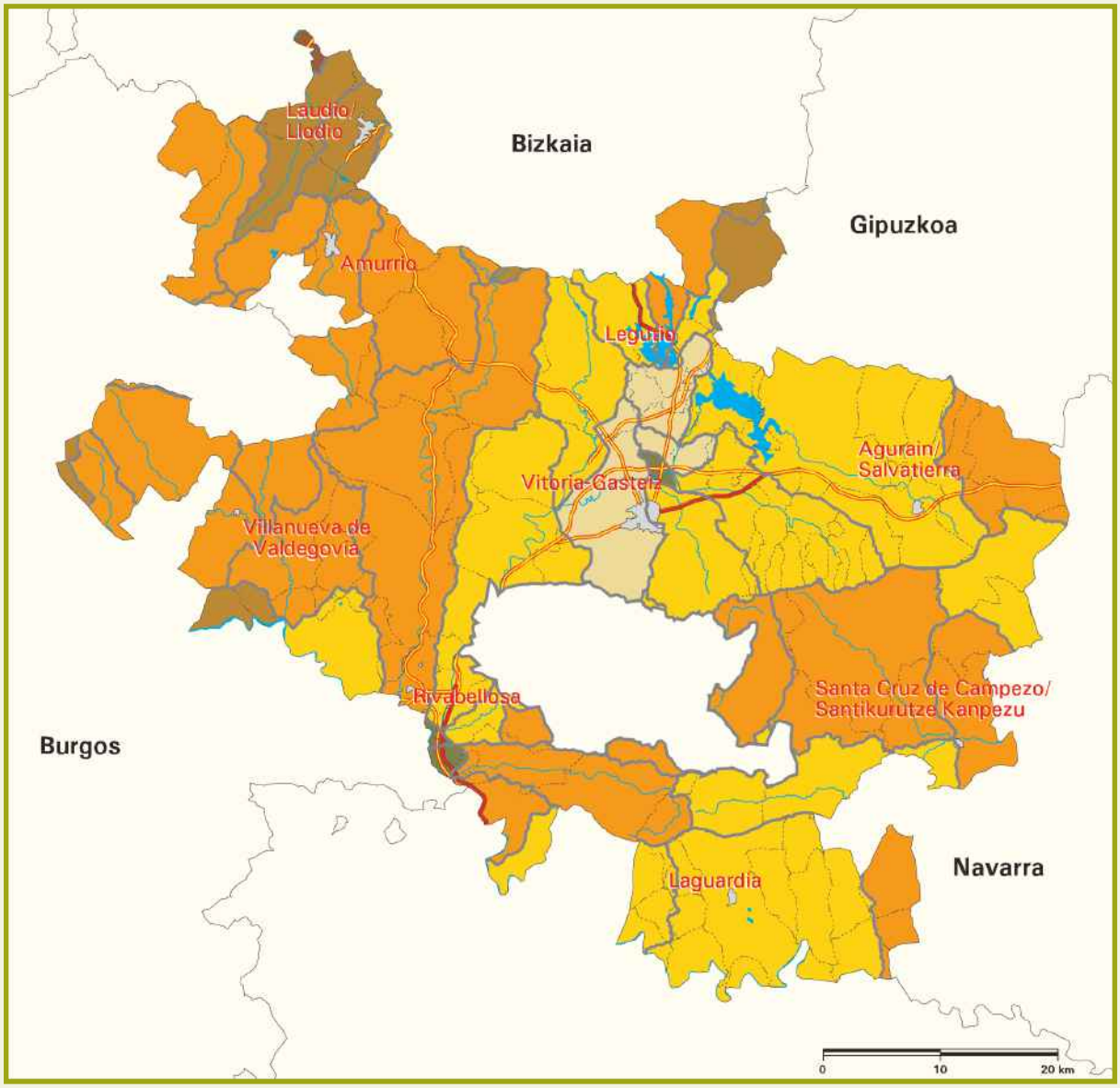
La erosión en cauces se estima mediante la valoración de un indicador sintético por unidad hidrológica (riesgo de erosión en cauces) que tiene en cuenta los diferentes elementos que intervienen en el fenómeno.

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



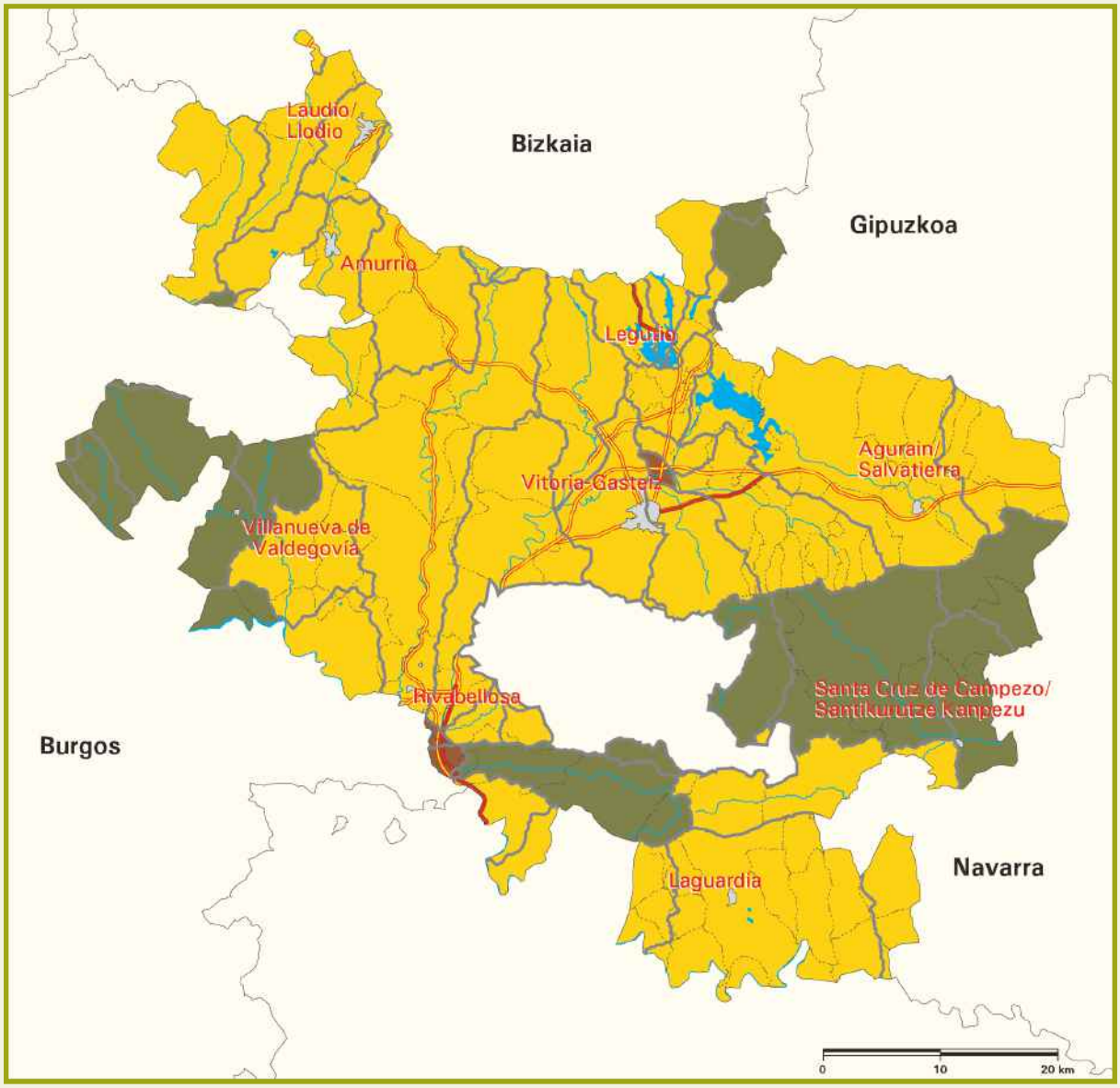
Signos convencionales

- 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

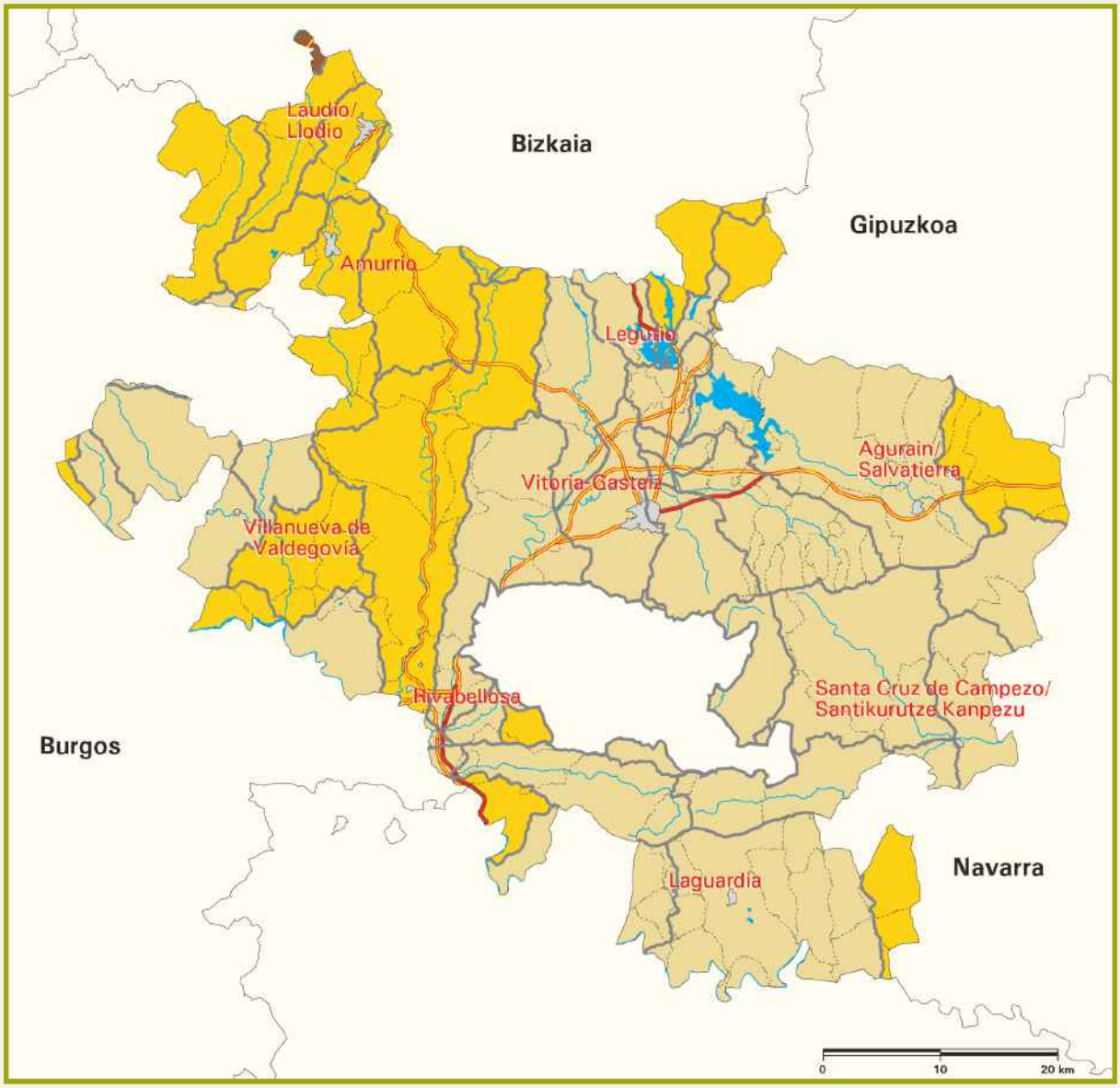
- Autopista / Autovía
- Carretera nacional
- Río
- Ferrocarril
- Límite municipal
- Límite unidad hidrológica
- Láminas de agua superficial
- Superficies artificiales

Erosionabilidad

- Baja
- Media
- Alta

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

Mapa 6.3. Factor geomorfología por unidades hidrológicas



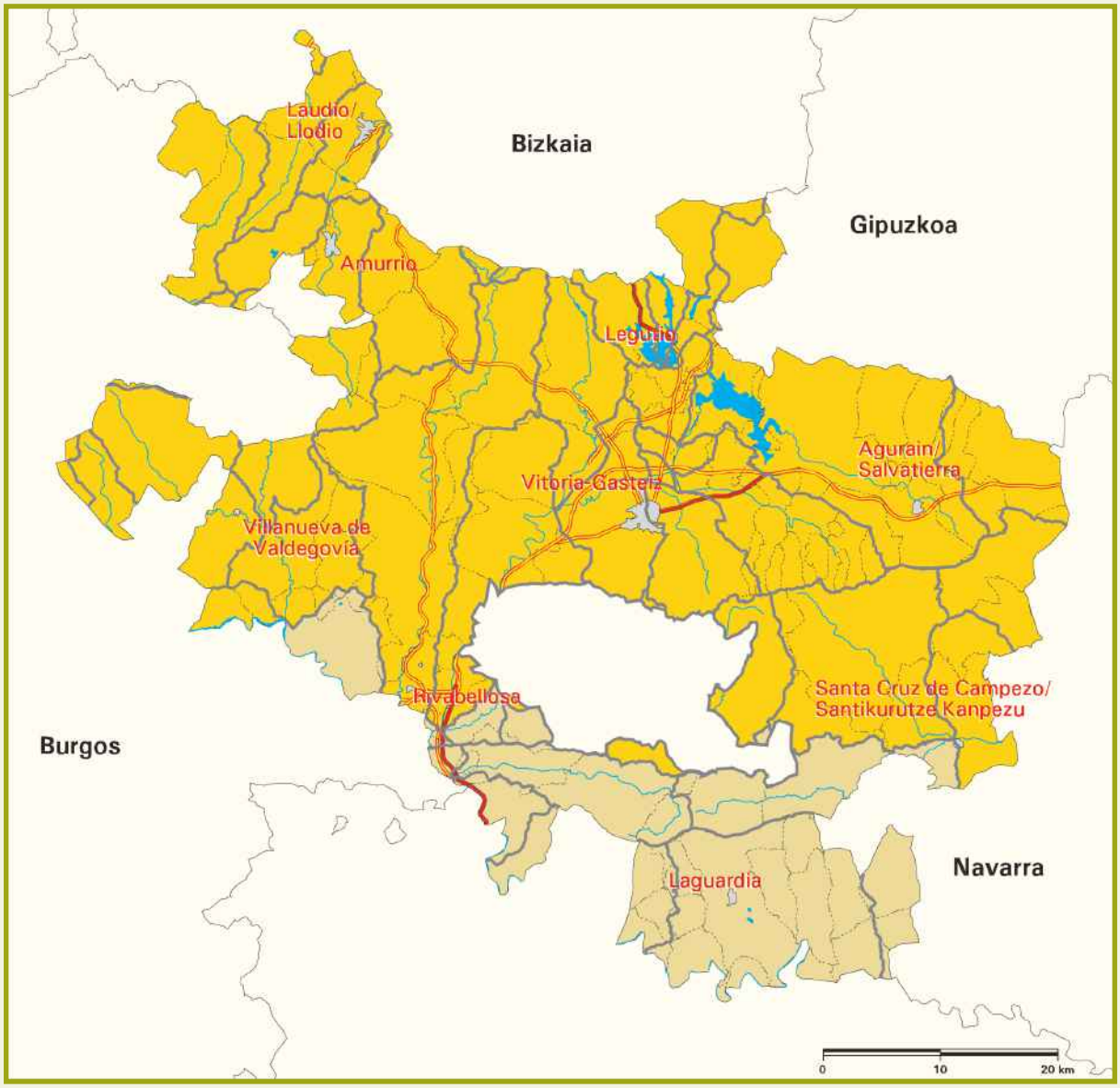
Signos convencionales

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

Riesgo geomorfológico de erosión en cauces
Bajo
Medio
Alto
Muy alto

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

Mapa 6.4. Factor intensidad de precipitación por unidades hidrológicas



Signos convencionales

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

Precipitación máxima en 24 horas con periodo de retorno de 100 años (mm)
≤ 50
> 50 y ≤ 100
> 100 y ≤ 150
> 150 y ≤ 200
> 200

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

Mapa 6.5. Factor erosión laminar por unidades hidrológicas

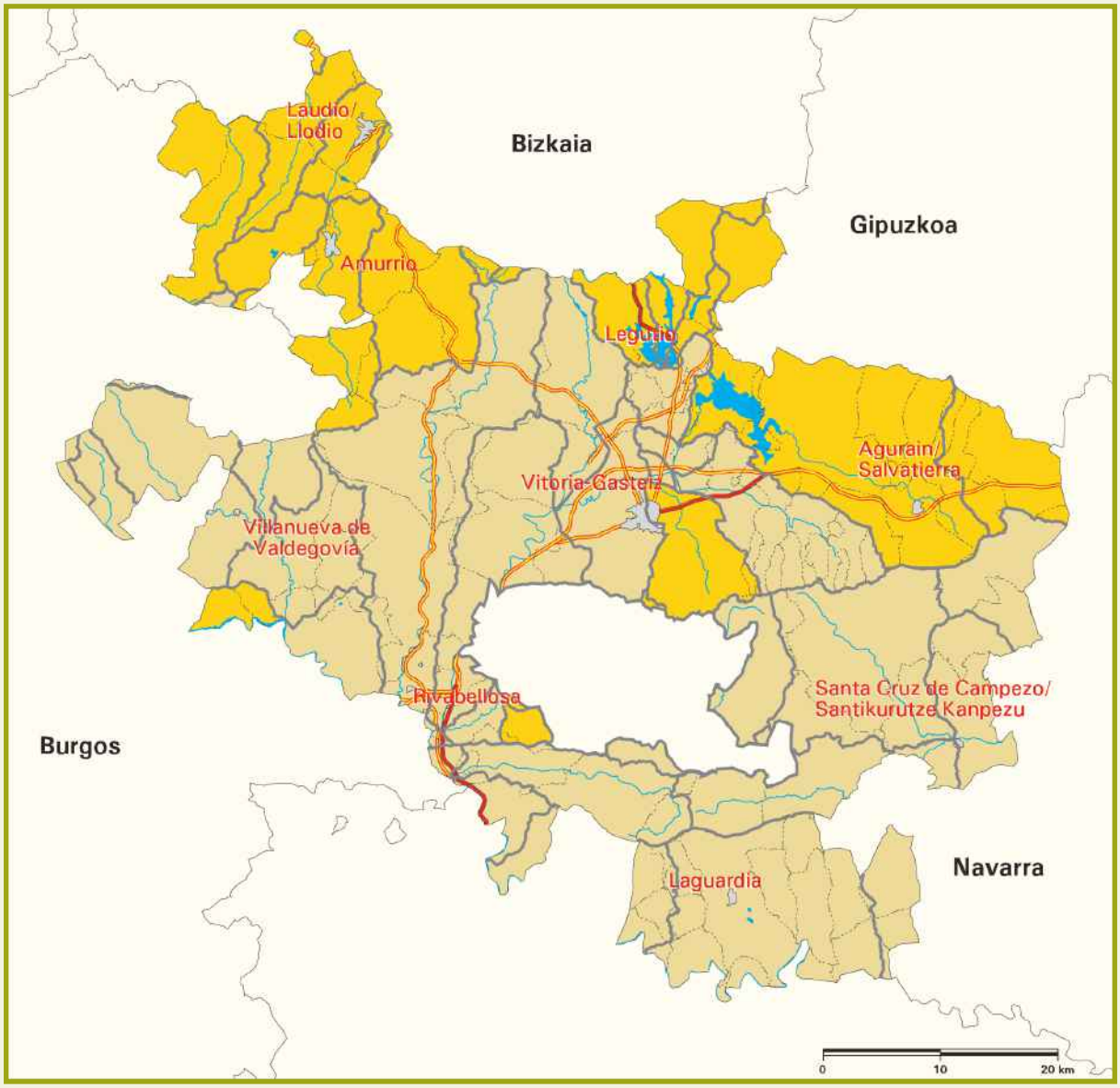
Signos convencionales

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

Pérdidas de suelo (t · ha $^{-1}$ · 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



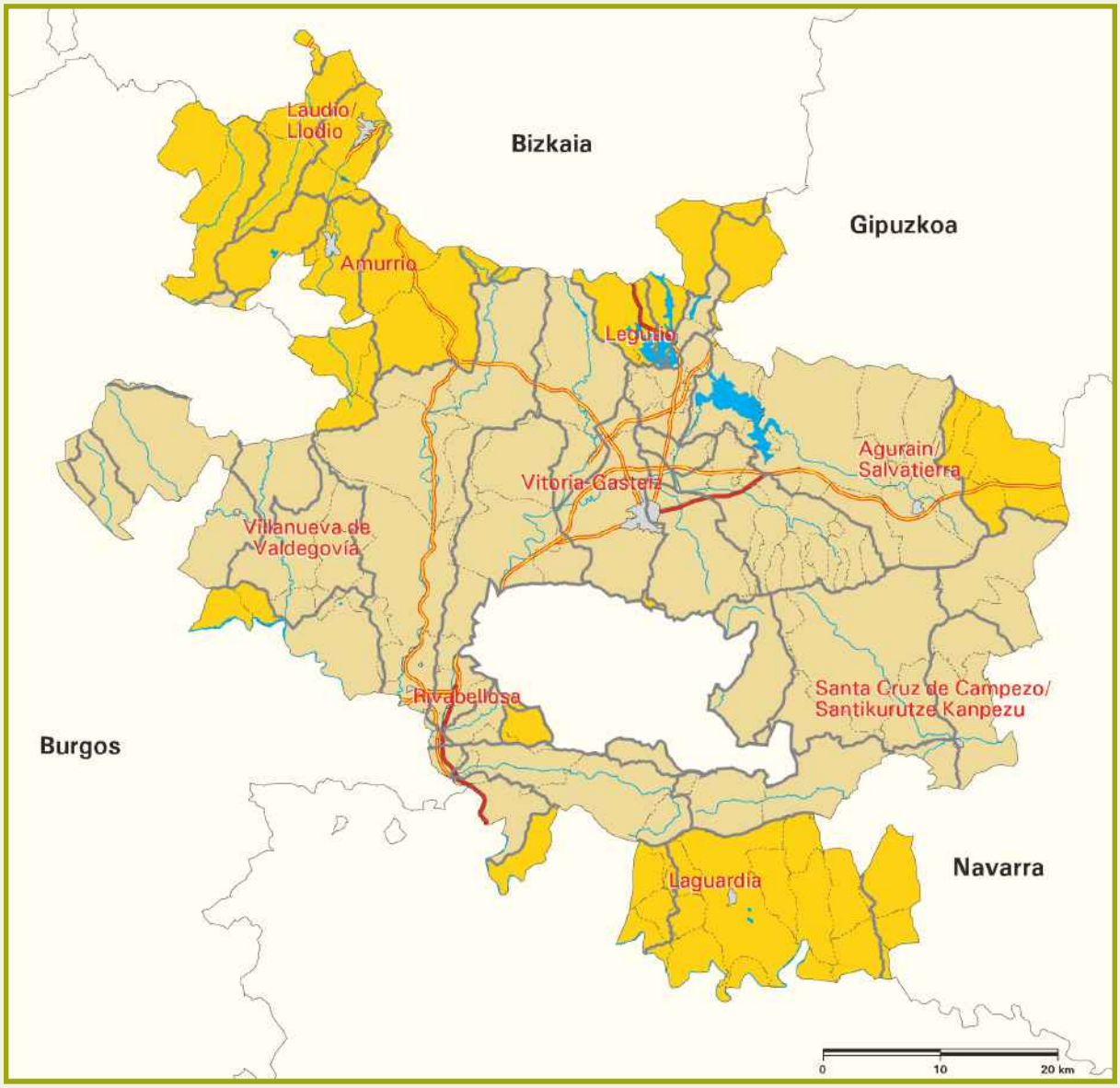
Signos convencionales

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

Potencialidad de movimientos en masa
Baja o moderada
Media
Alta
Muy alta

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

Mapa 6.7. Factor erosión en laderas por unidades hidrológicas



Signos convencionales

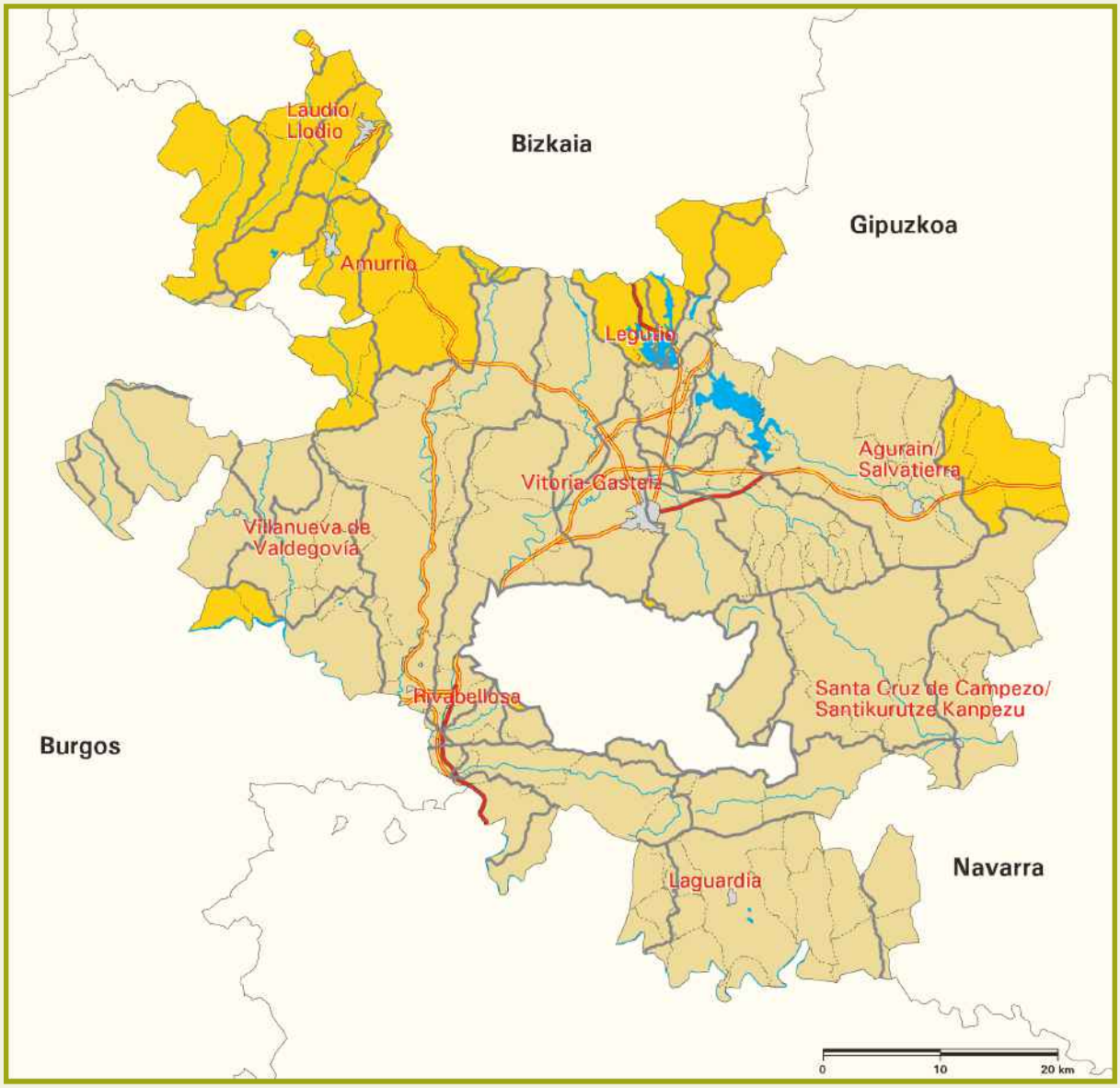
- Autopista / Autovía
- Carretera nacional
- Río
- Ferrocarril
- Límite municipal
- Límite unidad hidrológica
- Láminas de agua superficial
- Superficies artificiales

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



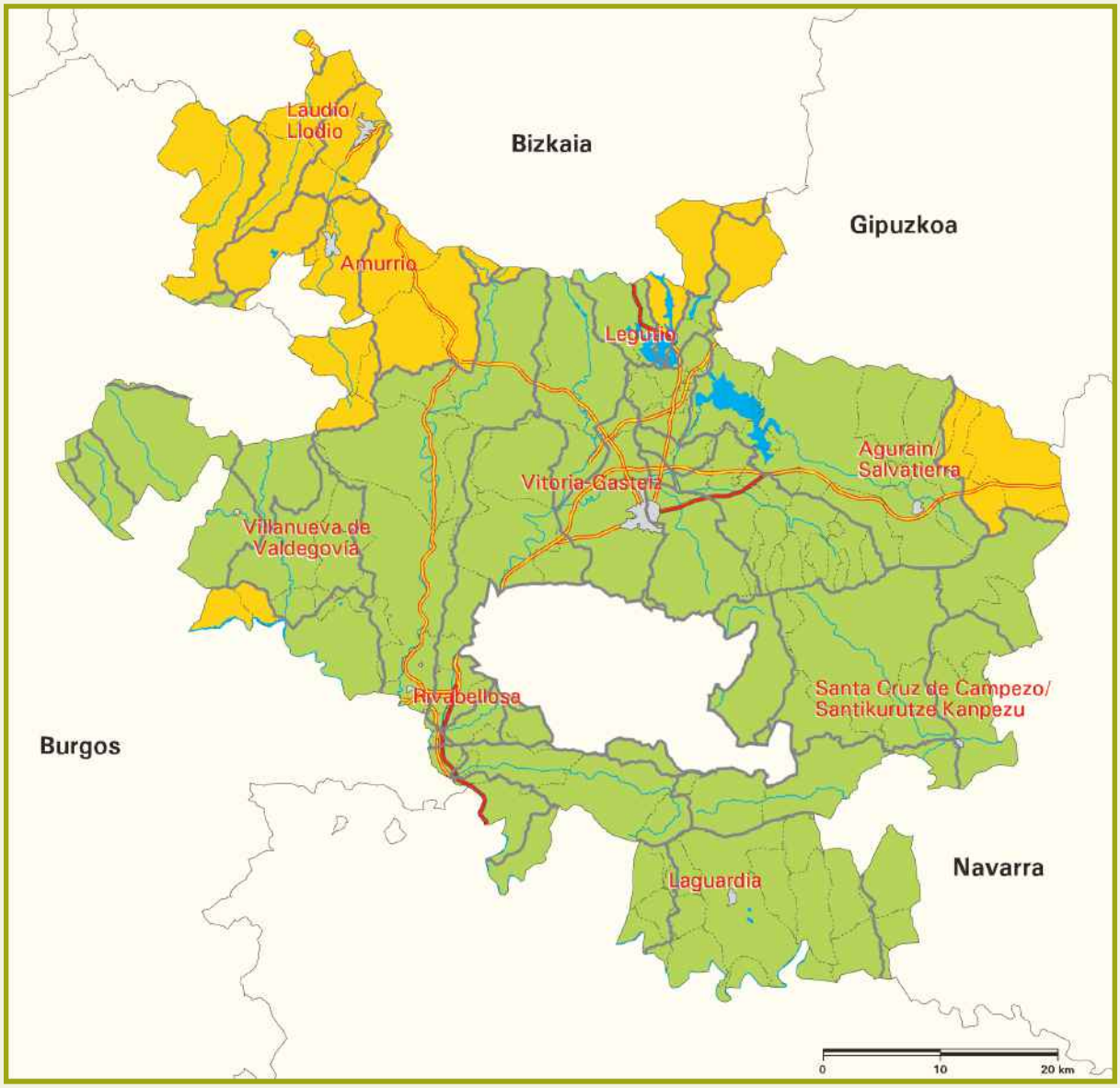
Signos convencionales

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

Riesgo de erosión en cauces por erosión en laderas y pluviometría
Muy bajo
Bajo
Medio
Alto
Muy alto

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

Mapa 6.9. Riesgo de erosión en cauces por unidades hidrológicas



Signos convencionales

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

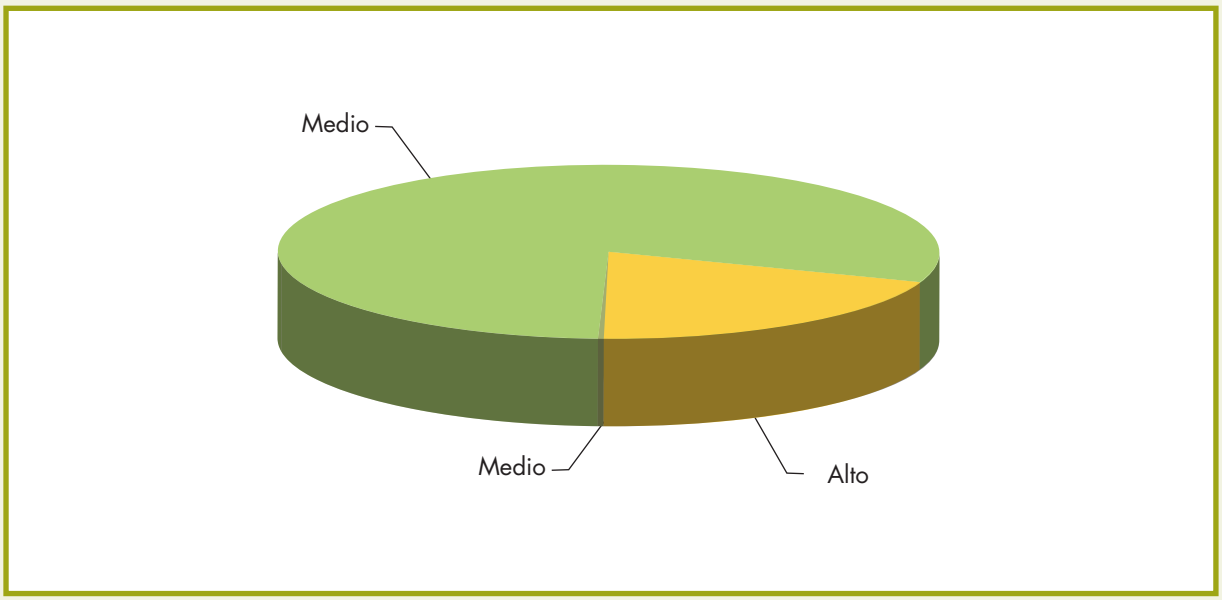
Riesgo de erosión de cauces
Bajo
Medio
Alto
Muy alto

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	12,26	~ 0,00
Medio	243.726,92	80,25
Alto	59.986,46	19,75
Muy alto	0,00	0,00
TOTAL	303.725,64	100,00

Gráfico 6.1. Riesgo de erosión en cauces



7. Erosión eólica en Araba/Álava

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

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

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

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

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

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

Signos convencionales

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

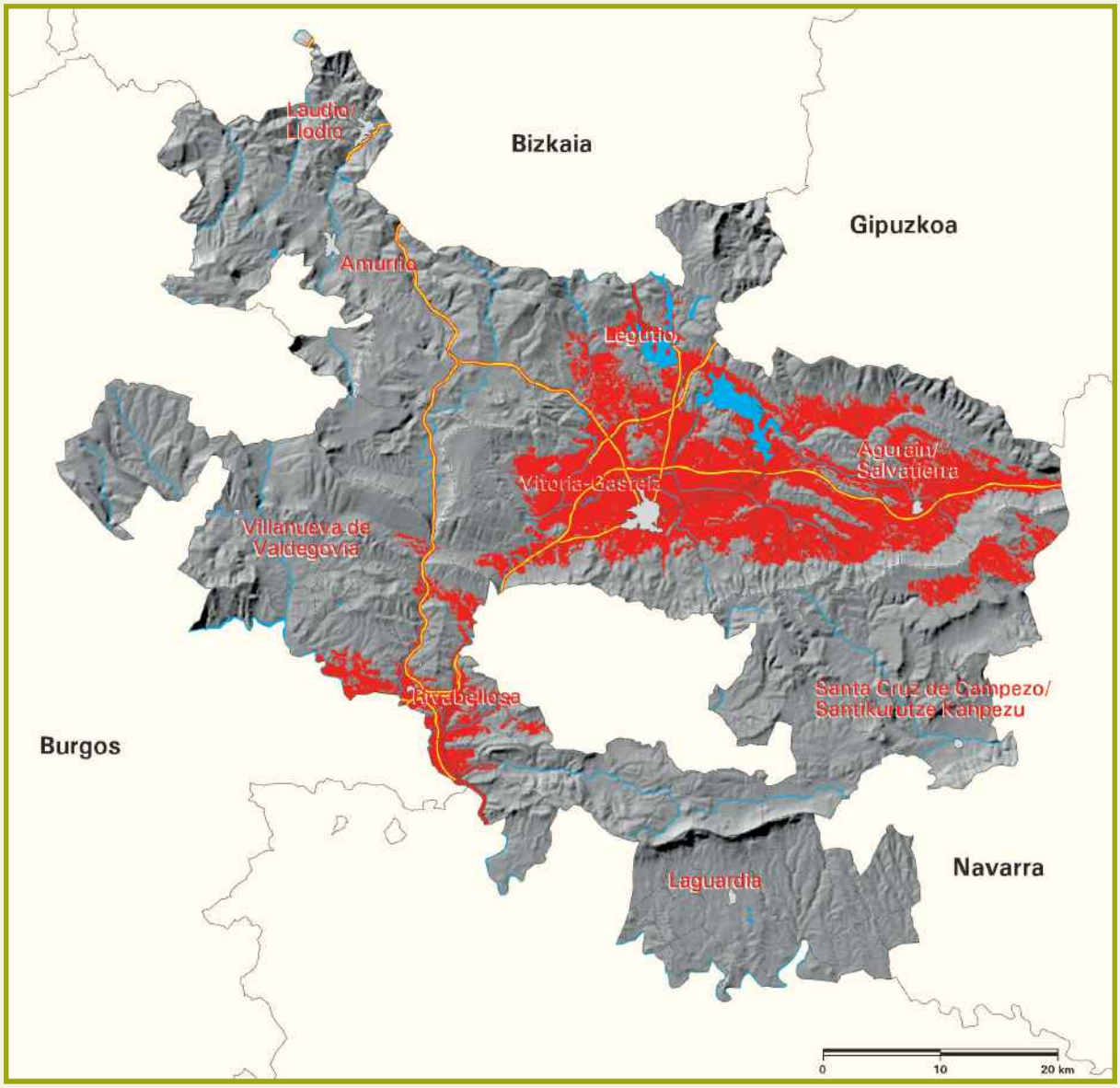
Número de días al año con velocidad superior a 5 m · s $^{-1}$
≤ 19
> 19 y ≤ 28
> 28 y ≤ 37
> 37 y ≤ 46
> 46 y ≤ 55
> 55

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
Elaboración propia.

Tabla 7.1. Superficies según índice de viento

Intensidad del viento		Superficie geográfica	
Índice	N° días al año con velocidad > 5 $m \cdot s^{-1}$	ha	%
1	≤ 19	0,00	0,00
2	> 19 y ≤ 28	264.477,68	87,08
3	> 28 y ≤ 37	39.247,96	12,92
4	> 37 y ≤ 46	0,00	0,00
5	> 46 y ≤ 55	0,00	0,00
6	> 55	0,00	0,00
TOTAL		303.725,64	100,00

Mapa 7.2. Áreas de deflación



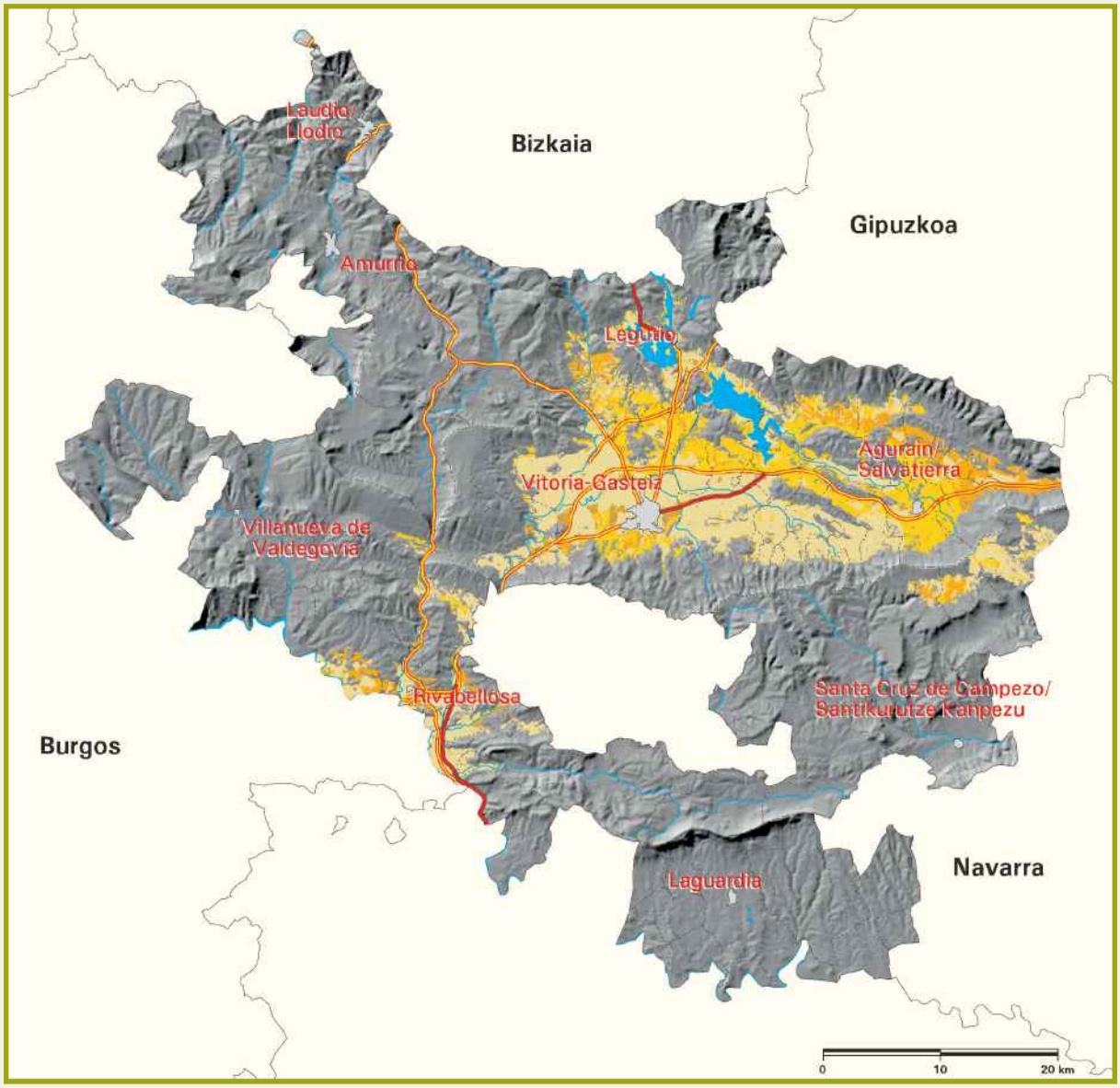
Signos convencionales

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

	Superficie (ha)	(%)
Áreas de deflación	51.247,50	16,89

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
- Láminas de agua superficiales
- Superficies artificiales

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
Bajo
Medio
Alto
Muy alto
Láminas de agua superficiales y humedales
Superficies artificiales

Tabla 7.4. Superficies según riesgo de erosión eólica

Riesgo de erosión eólica	Superficie geográfica	
	ha	%
Muy bajo	270.320,97	89,00
Bajo	17.519,54	5,77
Medio	1.125,76	0,37
Alto	0,00	0,00
Muy alto	0,00	0,00
SUPERFICIE EROSIONABLE	288.966,27	95,14
Láminas de agua superficiales y humedales	3.116,77	1,03
Superficies artificiales	11.642,60	3,83
TOTAL	303.725,64	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

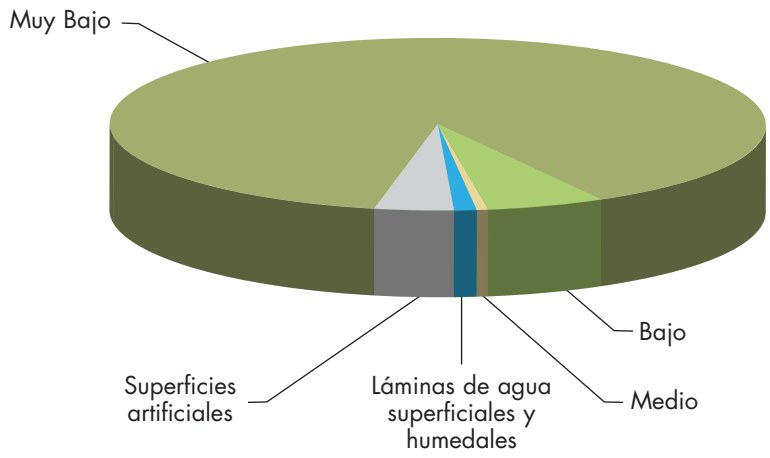


Tabla 7.5. Superficies según vegetación y riesgo de erosión eólica

Vegetación	Riesgo de erosión eólica										Superficie geográfica	
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Forestal arbolado	137.909,40	45,40	3.143,72	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	141.053,12	46,44
Forestal desarbolado	47.350,22	15,59	726,07	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48.076,29	15,83
Cultivos	85.061,35	28,01	13.649,75	4,49	1.125,76	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	99.836,86	32,87
SUPERFICIE EROSIONABLE	270.320,97	89,00	17.519,54	5,77	1.125,76	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	288.966,27	95,14
Láminas de agua superficiales y humedales											3.116,77	1,03
Superficies artificiales											11.642,60	3,83
TOTAL											303.725,64	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	%	
Agurain/ Salvatierra	1.700,53	48,22	1.780,96	50,50	45,04	1,28	0,00	0,00	0,00	0,00	3.526,53
Alegría-Dulantzi	1.811,62	97,16	43,72	2,34	9,32	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1.864,66
Amurrio	9.173,35	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.173,35
Añana	2.157,57	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.157,57
Aramaio	7.199,17	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.199,17
Armiñón	1.013,30	86,39	112,03	9,55	47,66	4,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1.172,99
Arraia-Maeztu	11.820,05	98,67	145,49	1,21	14,39	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	11.979,93
Arratzua-Ubarrundia	3.376,47	73,41	1.196,19	26,01	26,46	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	4.599,12
Artziniega	2.671,98	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.671,98
Asparrena	5.186,26	81,19	1.175,49	18,40	26,40	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	6.388,15
Ayala/Aiara	13.781,48	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13.781,48
Baños de Ebro/ Mañueta	900,40	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	900,40
Barrundia	6.978,56	75,06	2.296,56	24,70	22,58	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	9.297,70
Berantevilla	3.273,33	94,63	176,58	5,11	8,94	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	3.458,85
Bernedo	12.877,33	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12.877,33
Campezo/ Kanpezu	8.428,95	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8.428,95
Comunidad de la Sierra Brava de Badaya	1.990,44	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.990,44
Elburgo/Burgelu	2.184,02	82,97	436,91	16,60	11,20	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	2.632,13
Elciego	1.539,46	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.539,46
Elvillar/Bilar	1.725,92	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.725,92
Erriberabeitia	1.897,56	84,02	268,40	11,89	92,32	4,09	0,00	0,00	0,00	0,00	2.258,28
Erriberagoitia/ Ribera Alta	11.399,35	96,85	362,22	3,08	8,13	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	11.769,70
Harana/Valle de Arana	3.875,80	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.875,80
Iruña Oka/Iruña de Oca	4.700,77	96,51	106,46	2,19	63,42	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	4.870,65
Iruraiz-Gauna	4.048,00	88,53	517,09	11,31	7,26	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	4.572,35
Kripan	1.219,27	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.219,27
Kuartango	8.267,07	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8.267,07
Labastida/Bastida	3.608,72	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.608,72
Lagrán	4.509,68	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.509,68
Laguardia	7.793,51	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.793,51
Lanciego/ Lantziego	2.375,37	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.375,37

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	%	
Lantarón	6.047,95	93,18	398,75	6,14	43,85	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	6.490,55
Lapuebla de Labarca	533,04	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	533,04
Laudio/Llodio	3.372,47	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.372,47
Legutio	3.225,53	91,05	270,03	7,62	47,04	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	3.542,60
Leza	963,32	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	963,32
Moreda de Álava/Moreda Araba	847,17	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	847,17
Navaridas	879,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	879,00
Okondo	2.941,25	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.941,25
Oyón-Oion	4.341,67	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.341,67
Parzonería de Entzia	4.363,87	87,93	553,44	11,15	45,79	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	4.963,10
Peñacerrada-Urizaharra	6.159,47	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.159,47
Samaniego	1.034,88	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.034,88
San Millán/ Donemiliaga	6.047,08	72,46	2.251,52	26,98	46,72	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	8.345,32
Urkabustaiz	5.975,83	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.975,83
Valdegovía/ Gaubea	23.634,91	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23.634,91
Villabuena de Álava/ Eskuernaga	827,59	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	827,59
Vitoria-Gasteiz	18.791,76	81,67	3.704,78	16,10	513,08	2,23	0,00	0,00	0,00	0,00	23.009,62
Yécora/Iekora	1.850,52	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.850,52
Zalduondo	855,55	74,29	295,67	25,68	0,31	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1.151,53
Zambrana	3.809,19	99,44	11,45	0,30	9,88	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	3.830,52
Zigoitia	8.419,19	85,30	1.415,80	14,34	35,97	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	9.870,96
Zuia	11.914,44	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11.914,44
TOTAL	270.320,97	93,55	17.519,54	6,06	1.125,76	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	288.966,27

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.

** Estos datos se corresponden con la parte del municipio de Trucios-Turtzioz que actualmente pertenece a Guriezo*

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	%	
1036	3.155,30	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.155,30
1050	7.967,65	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.967,65
1051	3.675,39	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.675,39
1052	4.159,21	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.159,21
1053	9.930,57	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.930,57
1055	146,30	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,30
1060	482,32	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	482,32
1070	8.181,13	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8.181,13
1071	5.708,56	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.708,56
1073	368,54	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	368,54
9039	447,48	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	447,48
9040	633,87	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	633,87
9044	2.503,78	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.503,78
9045	1.832,26	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.832,26
9046	11.126,82	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11.126,82
9047	3.793,67	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.793,67
9048	8.684,65	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8.684,65
9049	4.117,87	90,13	407,13	8,91	43,85	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	4.568,85
9054	473,81	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	473,81
9055	261,89	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	261,89
9056	28.245,82	97,93	501,70	1,74	95,88	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	28.843,40
9058	17.391,56	69,35	7.585,10	30,24	102,52	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	25.079,18
9059	2.990,98	94,20	175,39	5,52	9,01	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	3.175,38
9060	3.750,76	97,72	79,81	2,08	7,76	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	3.838,33
9061	1.329,10	97,84	25,90	1,91	3,38	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1.358,38
9062	0,69	28,99	1,31	55,04	0,38	15,97	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38
9063	2.019,77	63,02	1.145,78	35,75	39,41	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	3.204,96
9064	667,46	47,21	740,77	52,40	5,57	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	1.413,80
9065	9.927,76	90,67	957,57	8,75	63,42	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	10.948,75
9066	79,88	31,68	170,45	67,60	1,81	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	252,14
9067	5.905,65	94,41	252,01	4,03	97,70	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	6.255,36
9068	3.731,00	65,47	1.607,78	28,21	359,96	6,32	0,00	0,00	0,00	0,00	5.698,74
9069	7.465,57	86,91	1.088,98	12,68	34,96	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	8.589,51
9070	14.409,41	95,60	535,61	3,55	128,66	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	15.073,68
9071	6.251,99	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.251,99
9073	243,51	90,56	25,39	9,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	268,90
9074	1.115,69	98,38	18,20	1,60	0,19	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1.134,08
9075	1.407,36	92,53	110,27	7,25	3,32	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	1.520,95

sigue ▸▸

Tabla 7.7. Superficies según unidades hidrológicas y riesgo de erosión eólica *(cont.)*

Unidad hidrológica	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
9076	192,90	96,01	2,69	1,34	5,32	2,65	0,00	0,00	0,00	0,00	200,91
9077	545,37	98,05	2,44	0,44	8,38	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	556,19
9078	9.018,23	99,92	5,75	0,06	1,94	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	9.025,92
9079	2.428,41	99,94	0,75	0,03	0,69	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	2.429,85
9097	4.488,66	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.488,66
9125	20.230,68	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20.230,68
9135	3.611,03	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.611,03
9146	9.004,40	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.004,40
9147	17.661,41	99,07	149,87	0,84	16,76	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	17.828,04
9148	6.556,72	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.556,72
9149	5.829,59	90,78	548,43	8,54	43,41	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	6.421,43
9220	6.168,54	81,16	1.380,46	18,16	51,48	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	7.600,48
TOTAL	270.320,97	93,55	17.519,54	6,06	1.125,76	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	288.966,27

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	1.759,57	99,82	3,19	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.762,76
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. consorciados o conveniados	6,38	98,00	0,13	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,51
Montes públicos del Estado y de las comunidades autónomas no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	1.994,39	88,95	235,06	10,48	12,82	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	2.242,27
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. consorciados o conveniados	9.893,22	99,33	66,24	0,67	0,13	~ 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.959,59
Montes públicos de entidades locales catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	131.848,76	97,55	3.223,53	2,39	79,87	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	135.152,16
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. consorciados o conveniados	503,64	93,71	30,40	5,66	3,38	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	537,42

sigue ▸▸

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

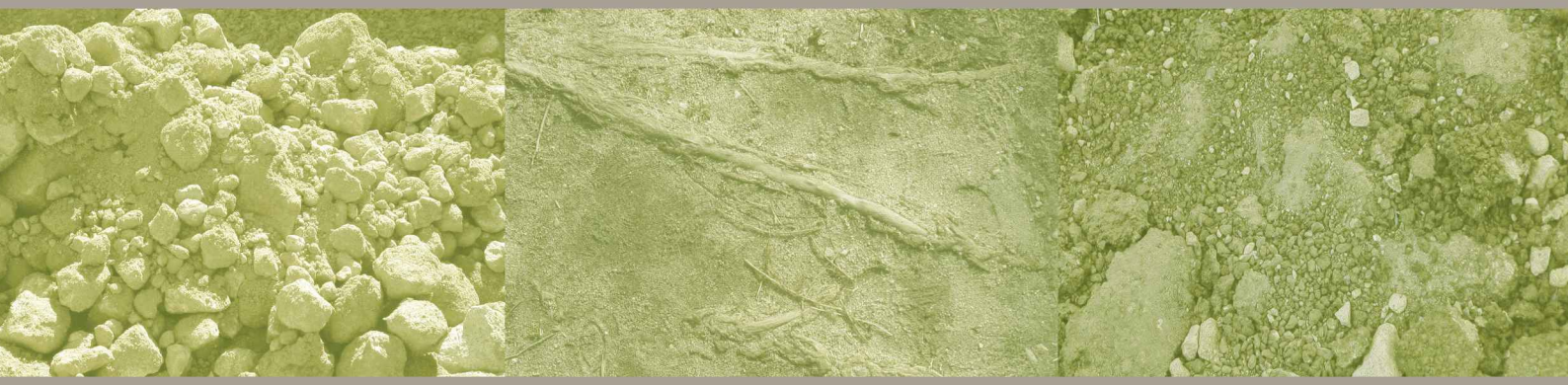
Régimen de propiedad	Riesgo de erosión eólica										Superficie erosionable (ha)
	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
Montes públicos de entidades locales no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	11.071,65	92,03	911,72	7,58	47,16	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	12.030,53
Montes de propiedades peculiares no catalogados de U.P. no consorciados ni conveniados	214,98	77,21	62,80	22,56	0,63	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	278,41
Montes privados de particulares consorciados o conveniados	121,85	92,29	9,88	7,48	0,31	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	132,04
Montes privados de particulares no consorciados ni conveniados	108.930,02	88,94	12.605,42	10,29	938,18	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	122.473,62
Montes privados de empresas no consorciados ni conveniados	3.686,21	92,05	277,97	6,94	40,47	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	4.004,65
Montes de propiedad desconocida	32,28	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,28
Montes privados de sociedades vecinales no consorciados ni conveniados	96,26	98,02	1,94	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,20
Resto de superficie	161,76	63,23	91,26	35,67	2,81	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	255,83
TOTAL	270.320,97	93,55	17.519,54	6,06	1.125,76	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	288.966,27

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	28.685,83	99,69	89,51	0,31	0,75	~ 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28.776,09
Biotopo Protegido	1.474,10	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.474,10
Sin protección	240.161,04	92,83	17.430,03	6,74	1.125,01	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	258.716,08
TOTAL	270.320,97	93,55	17.519,54	6,06	1.125,76	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	288.966,27

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). Araba/Álava.

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

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y POLÍTICA FORESTAL. Publicado en página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3). Araba/Álava.

DISSMEYER, G.E.; FOSTER, G.R. 1981. A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land.

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

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

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

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

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

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. 1978. Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. Vitoria.

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 (2ª ed.). Ministerio de Medio Ambiente. Tragsa. Tragsatec.

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

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

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

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

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

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