

# Integración de múltiples datos y modelos para orientar la zonificación del suelo no urbanizable en Asturias (España)

Marquínez Jorge<sup>1</sup>, Colina Arturo, Álvarez Miguel Ángel, Fernandez-Iglesias Elena, García Manteca Pilar; Fernandez Menéndez Susana, García de la Fuente Laura, Fernández Prieto José Antonio, Menéndez Duarte Rosana, Recondo Carmen y Valderrábano Jesús.

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) / Universidad de Oviedo  
Mieres/Asturias/España  
marquinez@uniovi.es

## RESUMEN

Durante más de 30 años desde el INDUROT se han abordado numerosos trabajos, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para caracterizar los valores ambientales, la calidad de los suelos y los riesgos naturales en el territorio de Asturias, una región de 10.600 km<sup>2</sup> en el norte de España. En este trabajo se describen los procedimientos para la integración de diversos datos temáticos con el objetivo de generar información territorial útil para la zonificación de los usos del suelo en los instrumentos de planificación territorial y urbanística. A la información básica, elaborada por el propio INDUROT a escala 1:25.000, se ha sumado información procedente de imágenes de satélite, diferentes modelos digitales del terreno y otros datos socio-económicos y naturales de fuentes diversas. A partir de estos datos se realizó la zonificación del Suelo No Urbanizable, considerando el valor natural de los ecosistemas, la calidad del hábitat para alguna especie protegida utilizada como indicador, los usos actuales del suelo y la potencialidad edáfica. Se ha tenido en cuenta también la cartografía de los riesgos naturales (inundaciones, inestabilidad de laderas, aludes de nieve, erosión del suelo, etc.) y los derivados de los incendios forestales. La cartografía resultante se gestiona a través de un SIG y constituye una herramienta de gran utilidad para la Ordenación del Territorio y la gestión del medio natural, la explotación de los recursos y la reducción de los riesgos.

Palabras clave: **SIG, planes urbanísticos, usos del suelo, calidad del hábitat, riesgos naturales.**

## ABSTRACT

*For more than 30 years, INDUROT has developed numerous studies using Geographic Information Systems (GIS), to characterize the environmental values, soil quality and natural hazards in the territory of Asturias, a region of 10,600 km<sup>2</sup> in the north of Spain. This paper describes the procedures for the integration of several thematic data with the objective of generating useful territorial information for the zoning of land uses in territorial planning and urban planning instruments. To the basic information, elaborated by INDUROT at 1: 25.000 scale, information has been added from satellite images, different digital terrain models and other socio-economic and natural data from diverse sources. Based on these data, the zoning of the Non-Constructible Soil was made, considering the natural value of the ecosystems, the habitat quality for some protected species used as an indicator, current land uses and soil potential. Mapping of natural hazards (flooding,*

*slope instability, snow avalanches, soil erosion, etc.) and forest fire derivation have also been taken into account. The resulting cartography is managed through a GIS and is a very useful tool for Land Management and the management of the natural environment, exploitation of resources and reduction of risks.*

*Keywords: GIS, urban planning, land uses, habitat quality, natural hazards.*

## I. INTRODUCCIÓN

La ordenación del territorio es una disciplina científico-técnica que persigue el desarrollo regional equilibrado y la organización física del territorio desde una perspectiva multidisciplinar e integrada. Entre sus objetivos se encuentran la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la utilización racional del territorio (CEMAT, 1983)

Pese a ello, hasta hace poco tiempo la práctica y la legislación urbanística han considerado el suelo como un mero recurso económico que posibilita la creación de una nueva ciudad mediante su transformación para acoger las edificaciones en las que se desarrollen actividades productivas o servicios a la sociedad.

Este concepto, que se podría aplicar prácticamente sin reservas al suelo urbanizado, presenta numerosas carencias para los espacios en los que el paisaje predominante no está dominado por la edificación y el resto de elementos de urbanización, aunque puedan aparecer de forma extensiva, es decir, aquellas zonas en las que las transformaciones provocadas por la actividad humana no han borrado sus valores o características originales.

El principal reto de la ordenación del territorio y del urbanismo contemporáneos es seguir contribuyendo al progreso de la sociedad considerando el suelo, además de un recurso económico, como uno de los más valiosos elementos naturales de los que disponemos, y para cuya regulación es preciso tener en cuenta toda una serie de factores diversos entre los que se encuentran los ecosistemas y paisajes rurales (Tojo y Naredo, 2010).

En la normativa urbanística española esta parte mayoritaria del territorio se encuentra en situación de "suelo rural" y está caracterizado por la presencia de valores ecológicos, agrícolas, ganaderos, forestales o paisajísticos o por la amenaza de riesgos naturales o tecnológicos (España, 2015). Como se puede ver, a pesar de la denominación, el concepto de suelo rural resulta mucho más complejo que el mero soporte a las actividades productivas primarias, abarcando también factores ambientales y ecológicos. En consecuencia, conforme a la legislación española, los instrumentos de ordenación territorial y urbanística deben establecer mecanismos de protección adecuados para preservar el suelo rural de su transformación mediante la urbanización (España, 2015).

Habitualmente, la regulación urbanística se ha apoyado en normas reguladoras de los usos y actividades elaboradas bajo modelos genéricos que, si bien consiguen un marco legislativo uniforme, pueden no responder adecuadamente a las particularidades de los territorios, llegando incluso a limitar su desarrollo. Quizás sea en el suelo rural donde se hacen más evidentes las deficiencias de la legislación, ya que a partir de ese modelo genérico se debe hacer frente a realidades espaciales muy diferentes. Pero, además, es en esta clase urbanística de suelo donde la normativa básica nacional ha sido menos específica al ser ésta la parte del territorio sometida a menores presiones económicas derivadas del proceso de urbanización o de la posibilidad de emprenderlo.

En España, las Comunidades Autónomas, en desarrollo de sus competencias, han intentado mitigar estas carencias desarrollando normativas de carácter subsidiario y complementario que permitieran una ordenación de lo que no es urbano ni urbanizable, con unos criterios adaptados al propio territorio y sus particularidades. El reto ha sido mucho mayor para aquellos territorios como los de la fachada cantábrica, en los que la actividad agrícola no es predominante y la complejidad de las características físicas y socioeconómicas del "medio rural" hace inviable un tratamiento simplificado como el que propone la legislación estatal.

En el caso del Principado de Asturias esta preocupación se ha reflejado en las primeras normativas regionales en materia de ordenación del territorio y urbanismo, como las Normas Urbanísticas Regionales en el Medio Rural de Asturias, redactadas en 1984, o la Ley 6/90, de 20 de diciembre, Sobre Edificación y Usos en el Medio Rural. En ambos casos se realizó un tratamiento normativo particularizado para Asturias del suelo rural, denominado suelo no urbanizable (SNU), desarrollando el marco general establecido por la legislación nacional.

La vigente legislación asturiana en la materia (Asturias, 2008) ha mantenido la misma línea estableciendo diversas categorías para la ordenación del suelo rústico o SNU:

- a) Suelo no urbanizable de especial protección, integrado por aquellos espacios cuyos excepcionales valores de cualquier género les hagan merecedores de un alto grado de protección.
- b) Suelo no urbanizable de interés, compuesto por aquellos terrenos que deban quedar preservados del desarrollo urbanístico y sometidos a un régimen específico de protección en consideración a sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales, por la existencia de riesgos naturales debidamente acreditados, singularidades agrícolas, forestales o ganaderas, o para la preservación del peculiar sistema de poblamiento del territorio asturiano, así como en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.
- c) Suelo no urbanizable de costas, respecto al cual deben establecerse las medidas de protección que demanden las peculiaridades de las franjas costeras.
- d) Suelo no urbanizable de infraestructuras, comprensivo de los terrenos que resultan afectados por la localización de las infraestructuras básicas o de transporte.
- e) Núcleo rural, como categoría de suelo no urbanizable objeto de ocupación residencial.

Sin embargo, todo este esfuerzo normativo y regulador resulta baldío sin un análisis del territorio riguroso, realizado sobre fuentes de datos espaciales fiables y elaborados con criterios homogéneos para el marco territorial de referencia. A la hora de abordar la redacción de un plan de ordenación territorial o una normativa urbanística de ámbito municipal, los equipos de planificación realizan un notable esfuerzo por aproximarse al conocimiento de la realidad del territorio sobre el que están trabajando contrastándola con su conocimiento o ex-

perencia adquirida en otros espacios. Por tanto, no cabe duda de la utilidad que supone la disponibilidad de documentos de análisis territorial que aporten resultados basados en un análisis conjunto del ámbito regional y puedan ser tomados como referencia para la elaboración y desarrollo de los instrumentos de planificación.

El avance en el conocimiento científico-técnico del territorio, la disponibilidad creciente de fuentes de información temática georreferenciada y las posibilidades de procesamiento de esta información mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han hecho posible que se puedan abordar trabajos como el que aquí exponemos, permitiendo un diagnóstico coherente y más preciso de la realidad territorial.

El objeto de este trabajo es analizar la vocación del suelo rural desde una aproximación holística basada únicamente en características intrínsecas del territorio, proponiendo una zonificación y clasificación urbanística a una escala intermedia (1:15.000 a 1:25.000) que facilite la posterior toma de decisiones de gestión.

La finalidad última es obtener un instrumento útil para la ordenación del territorio que:

- Sirva de guía para los trabajos de zonificación que realicen los diferentes equipos redactores de planeamiento, facilitando así su labor e incrementando la calidad del resultado.
- Garantice cierta uniformidad entre los diferentes planeamientos generales, aun cuando la redacción se aborde por parte de equipos diferentes.
- Permita disponer de una referencia para contrastar los criterios de zonificación del planeamiento, referencia utilizable por el órgano competente de las administraciones que formulan los planeamientos.

## II. ENCUADRE TERRITORIAL

La Comunidad Autónoma del Principado de Asturias se sitúa en el tercio noroccidental de la Península Ibérica, limitando al norte con el Mar Cantábrico, el este con Cantabria, al sur con la provincia de León y al oeste con la de Lugo (Figura 1). Tiene una superficie de 10.600 km<sup>2</sup> y una población ligeramente superior al millón de habitantes, aunque con una distribución territorial muy desigual ya que aproximadamente el 80 % de la misma se localiza en la zona central, mientras que las denominadas “alas” presentan una importante despoblación.

Se trata de un territorio con una gran diversidad de formas del relieve, como resultado de la historia geológica y geomorfológica, lo que ha determinado la aparición de una importante variedad de paisajes y ecosistemas.

El clima es predominantemente oceánico, con abundantes precipitaciones, repartidas a lo largo del año, y suaves temperaturas.

A grandes rasgos, podemos subdividir la región en 5 grandes unidades geomorfológicas: rasa costera, sierras y valles prelitorales, cuenca central, sierras del interior occidental y cordillera cantábrica y montañas de la divisoria.

Los riesgos asociados a la dinámica externa y la hidrología representan los más importantes en la región, mostrando además una distribución territorial cartografiable.

Administrativamente se trata de una comunidad autónoma uniprovincial organizada en 78 municipios o concejos, cada uno de los cuales tiene competencias en materia de urbanismo en sus respectivos territorios mientras las de ordenación

del territorio y recursos naturales le corresponden a la administración autonómica.

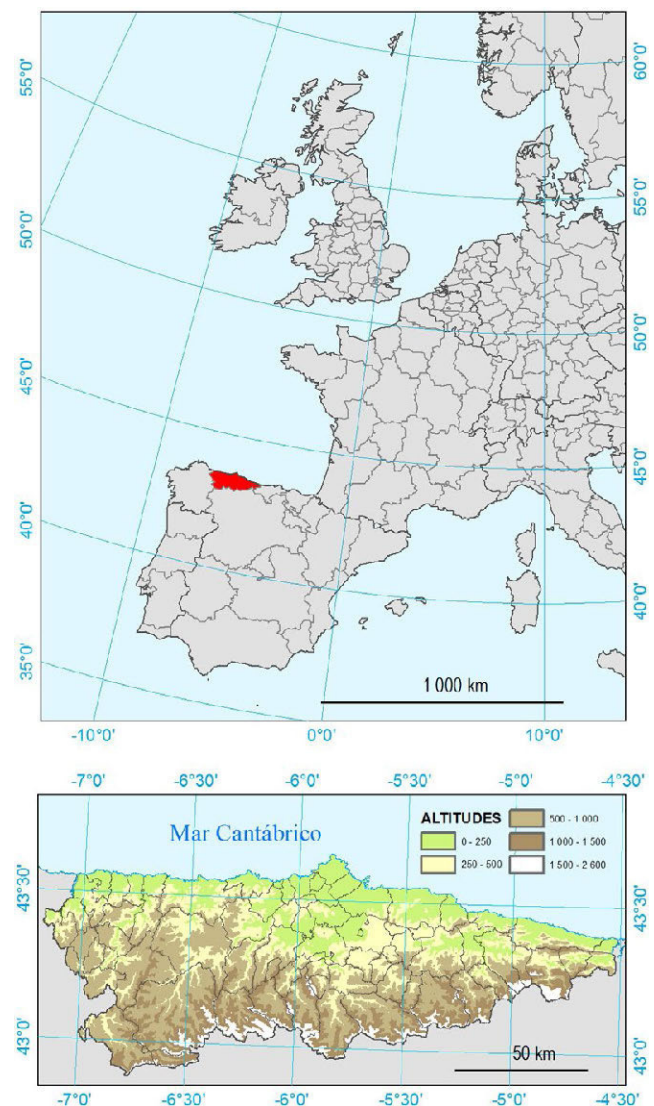


Figura 1. Encuadre territorial.

## III. METODOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN URBANÍSTICA DEL SUELO RURAL

### A. SELECCIÓN DE VARIABLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO.

La primera tarea a abordar debe consistir en definir las variables de partida para construir el modelo de zonificación. Considerando el necesario carácter aplicado de la metodología y la obligación de asegurar la transferencia de los resultados, inicialmente se establece que las variables a incorporar al modelo deben cumplir al menos cuatro requisitos generales:

- Tener una alta capacidad descriptiva de las características intrínsecas del suelo;
- Ser relevantes para el apoyo de la toma de decisiones de gestión;
- Proceder de fuentes o inventarios cartográficos existentes o poder ser calculadas por métodos automáticos;
- Presentar facilidad para la cuantificación y valoración de forma comprensible para la toma de decisiones por no expertos.

A partir de los resultados obtenidos en ensayos piloto realizados previamente en ámbitos municipales se ha concluido que para definir la vocación del suelo rural y establecer recomendaciones sobre la forma más adecuada de gestión, es necesario disponer de información de al menos cuatro variables:

- Pendiente del terreno.
- Cobertura vegetal dominante.
- Potencialidad edáfica.
- Valor natural.

Evidentemente, el modelo podría incorporar otro tipo de variables que, sin describir características intrínsecas del suelo, en la práctica condicionan su gestión y los usos que en él se van a poder desarrollar. La mayor parte de estas variables responden a condicionantes normativos (protección de espacios naturales, y patrimonio cultural, reservas urbanísticas de suelo, etc.) y limitaciones derivadas de las servidumbres impuestas por los usos preexistentes (infraestructuras viarias, energéticas, perímetros de protección, etc.). Sin embargo, la incorporación de estas variables como criterios de valoración alteraría notablemente la coherencia de los resultados respecto a la finalidad perseguida. Por lo tanto, desde una perspectiva científica se considera que estos condicionantes de gestión deben ser incorporados en una fase posterior una vez obtenida la vocación del suelo mediante criterios objetivos.

#### B. FUENTES DE INFORMACIÓN BASE.

La información de partida fundamental es la contenida en la Cartografía Temática Ambiental del Principado de Asturias (CTAPA) de escala 1:25.000, realizada por el INDUROT durante un intenso periodo de trabajo de 13 años. De la diversidad de capas que componen la CTAPA, para este trabajo se ha utilizado la siguiente información:

- Litología: geología del sustrato y recubrimientos cuaternarios;
- Ríos: red hidrográfica;
- Oso: calidad de hábitat para el oso pardo;
- Roca: áreas de roquedos;
- Vegetación: unidades vegetales.
- Modelo digital de elevaciones.

Asimismo, se incorpora al análisis información sobre taxones y hábitats vulnerables o amenazados y riesgos naturales. La información sobre especies y hábitats procede de los catálogos de la Directiva europea 92/43/CEE, más conocida como Directiva Hábitats, del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de Asturias (PORN) y de los catálogos regionales de especies amenazadas de fauna vertebrada y flora del Principado de Asturias.

#### C. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIALIDAD EDÁFICA.

La variable de potencialidad edáfica se obtiene a partir de la combinación de las capas de pendientes, roquedos y litología de la CTAPA.

La información sobre pendientes se obtiene de un modelo digital de elevaciones de 50 metros de paso de malla, previo contraste de la resolución idónea para los objetivos perseguidos y la escala de análisis. La valoración e integración de la información procedente del modelo digital de pendientes (MDP) se realiza considerando la idoneidad de cada clase de pendiente para el desarrollo de actividades agrarias y forestales: llanas (<12 %), mecanizables (12-35 %) y difícilmente mecanizables (>35 %).

Finalmente, esta capa de pendientes reclasificada se combina con la información litológica y geomorfológica conforme a los criterios establecidos en la Tabla I.

**TABLA I**  
UNIDADES DEL MAPA DE POTENCIALIDAD EDÁFICA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PENDIENTE	SUELO
1	Sustratos de cuarcitas, areniscas y pizarras metamórficas con espesor de suelo menor de 50 cm	< 12 %	11
		12 a 35 %	12
		> 35 %	13
2	Sustratos de cuarcitas, areniscas y pizarras metamórficas con espesor de suelo mayor de 50 cm (Formaciones superficiales silíceas)	< 12 %	21
		12 a 35 %	22
		> 35 %	23
3	Sustratos de pizarras y mixtos con espesor menor de 50 cm	< 12 %	31
		12 a 35 %	32
		> 35 %	33
4	Sustratos de cuarcitas, areniscas y filitas con espesor de suelo mayor de 50 cm (Fm. superficiales mixtas)	< 12 %	41
		12 a 35 %	42
		> 35 %	43
5	Sustratos calcáreos con espesor menor de 50 cm	< 12 %	51
		12 a 35 %	52
		> 35 %	53
6	Sustratos calcáreos con espesor mayor de 50 cm (Fm. superficiales calcáreas) y fm. superficiales mixtas sobre sustrato calcáreo	< 12 %	61
		12 a 35 %	62
		> 35 %	63
7	Llanuras aluviales y terrazas	.....	70
8	Suelos hidromorfos y rellenos de depresión	.....	80
9	Roquedos y canchales	.....	90
10	Depósitos antrópicos	.....	100

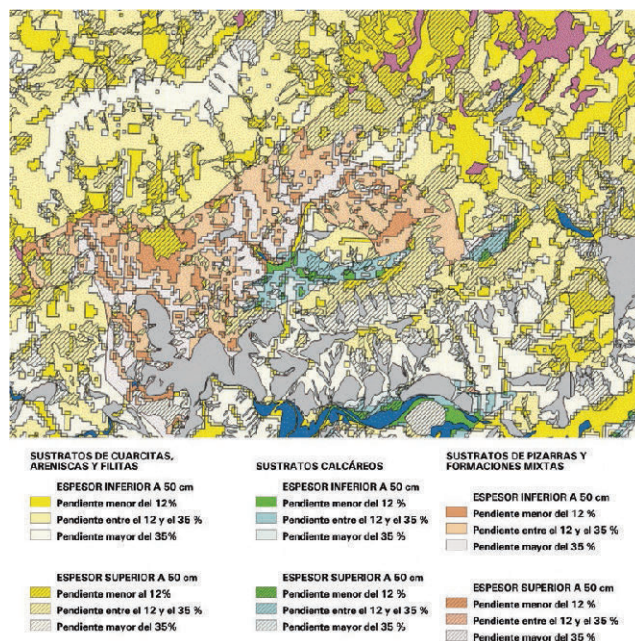


Figura 2. Potencialidad edáfica.

El conocimiento regional de los suelos y los datos obtenidos por combinación entre unidades edáficas y usos actuales permiten dar una propuesta de suelos mejores aplicable en la propuesta de zonificación (Figura 2). De las 22 unidades de suelo establecidas en la tabla 1 se pueden considerar como unidades con potencialidad edáfica más alta todas las de pendiente inferior al 35%. Dentro de estas, los usos agrícolas se concentran especialmente en los sustratos de pendiente inferior al 12% y en las áreas con espesor de material suelto superior a 50 centímetros. La potencialidad edáfica también es alta en las áreas de depósito fluvial.

#### D. ZONIFICACIÓN DEL SUELO DE ESPECIAL PROTECCIÓN.

La información de partida con la que se determinan las áreas a las que por sus características les corresponde una calificación urbanística de suelo no urbanizable de especial protección

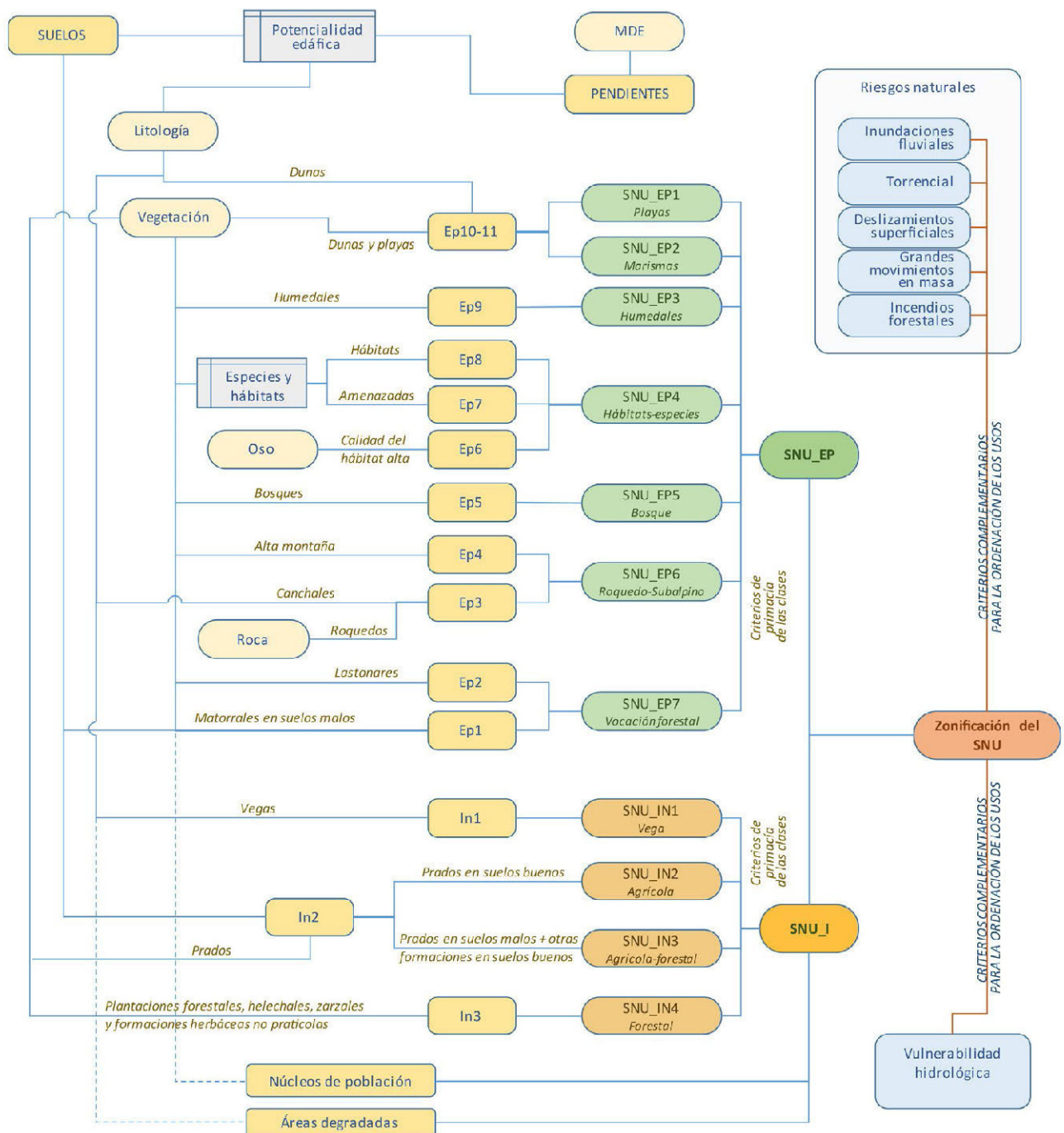


Figura 3. Diagrama general del modelo.

(SNU-EP) procede fundamentalmente de las capas de vegetación, litología, roquedos, suelos y calidad de hábitat para el oso. Asimismo, mediante tablas relacionales se incorpora al modelo la valoración de la cubierta vegetal en relación con su representatividad de los catálogos de protección de hábitats y especies.

Cómo puede verse en la Figura 3, primero se crean capas intermedias (Ep1 a Ep11) como resultado de la aplicación de diferentes criterios de protección cuya combinación da lugar a 7 categorías de suelo con protección:

- SNU-EP1, playas y dunas obtenidas a partir de la selección de elementos en los mapas de vegetación y litológico.

- SNU-EP2, marismas, contenidas en los mapas de vegetación y litológico.
- SNU-EP3, masas de agua (ríos, lagos y lagunas) y zonas encharcadas continentales. Para su elaboración se utiliza el mapa de ríos y el de vegetación.
- SNU-EP4, hábitats prioritarios, ecosistemas amenazados y las áreas de alta calidad para especies en peligro de extinción (oso pardo y listados de plantas). Se incluyen aquí las formaciones representativas de los ecosistemas amenazados señalados en el PORNA y los hábitats prioritarios de la directiva europea, con la excepción de los brezales de

*Erica mackaiana* por su enorme extensión en Asturias y su menor interés ecológico que en otras partes de Europa. Las áreas de alta calidad para el oso pardo cantábrico proceden del mapa de calidad del hábitat para el oso elaborado por el INDUROT, ponderado con la información de la localización de osas con crías suministrada por el Gobierno Regional.

- SNU-EP5, bosques naturales, prebosques, y formaciones arborescentes. En esta categoría se recogen los ecosistemas forestales que deben estar sometidos a un régimen de protección al tratarse de los ecosistemas climáticos. La gestión y la regulación de usos debe favorecer su conservación y expansión.
- SNU-EP6, roquedos, canchales y depósitos de clastos sin matriz procedentes del mapa litológico, de roquedos y vegetación. También se incluyen las áreas de alta montaña así clasificadas en el mapa de vegetación, al considerarse un ecosistema frágil, de gran interés ecológico y escaso interés agrícola y forestal, bien por tratarse de suelos esqueléticos o bien por desarrollarse a alturas muy elevadas con unas condiciones climáticas muy duras.
- SNU-EP7, áreas cuyo uso potencial más adecuado es el desarrollo del bosque autóctono. Se obtiene a partir del mapa de vegetación y del mapa de suelos. Se asignan a esta clase los lastonares y aquellos matorrales (piornales, brezales, tojales y aulagares) que se sitúan sobre suelos pobres o esqueléticos, donde no se aconseja un uso productivo, bien por su pobreza o por su imposible mecanización. Se trata de zonas en las que debe evitarse cualquier laboreo que implique una desestructuración del suelo.

Las capas con la extensión de las diferentes categorías de SNU-EP se fusionan en una única conforme a criterios de primacía de unas capas sobre otras asignando la mayor a la capa EP1 y la menor a la EP7.

#### E. ZONIFICACIÓN DEL SUELO DE INTERÉS.

La información de partida para caracterizar los ámbitos suelo no urbanizable de interés (SNU-I) procede del mapa de suelos, las llanuras aluviales, obtenidas del mapa litológico y las formaciones vegetales de mayor interés agrario o forestal.

Al igual que en el SNU-EP, primero se crean capas intermedias (In1, In2 e In3) como resultado de la aplicación de diferentes criterios de selección atendiendo a la potencialidad productiva (Figura 3) que dan como resultado cuatro categorías de SNU-I:

- SNU-II, vegas de los ríos, extraídas del mapa litológico, son áreas llanas y de suelos profundos, de extraordinaria riqueza y muy poco abundantes en la región. La regulación de usos debería garantizar la conservación de la capacidad productiva y el desarrollo de los usos agrícolas, evitando su transformación mediante la edificación o la construcción de infraestructuras.
- SNU-I2, agrícola, que abarca las actuales zonas de uso agrario desarrollado sobre suelos profundos no incluidos en la categoría de vega. Se obtienen a partir de mapa de vegetación y del mapa edafológico. La regulación de estos suelos debería dirigirse hacia el mantenimiento de los usos agrarios.
- SNU-I3, agrícola-forestal, aquel cuyas características permiten acoger tanto el uso agrícola como el uso forestal de producción. Se incluyen en esta categoría las zonas actualmente ocupadas por prados o pastos con peores condiciones edafológicas, así como el resto de las superficies con

suelos potentes o ricos, que no hayan sido incluidas en alguna de las categorías precedentes.

- SNU-I4, forestal, obtenido a partir de la información edafológica y de vegetación. Incluye las actuales plantaciones arbóreas, excepto las incluidas en el SNU-I3, así como las superficies de matorrales, helechales o formaciones herbáceas no prácticas que hayan sido incluidas en ninguna de las categorías precedentes.

Las capas de las 4 categorías se unen en una única de SNU-I aplicando criterios de primacía de unas clases sobre otras atendiendo a su aptitud productiva desde la más alta de los suelos de vega, SNU-II, hasta la más baja del suelo de vocación forestal, SNU-I4.

#### F. FUSIÓN DE LOS DATOS.

Una vez obtenidas todas las capas intermedias se procede a la fusión de los datos en una única capa que contiene la zonificación básica del suelo no urbanizable (Figura 3). En primer lugar, se actualiza a la capa de SNU-I las delimitaciones de las entidades de población (asentamientos rurales y áreas urbanas e industriales) y de las áreas degradadas (escombreras y otros depósitos de origen antrópico).

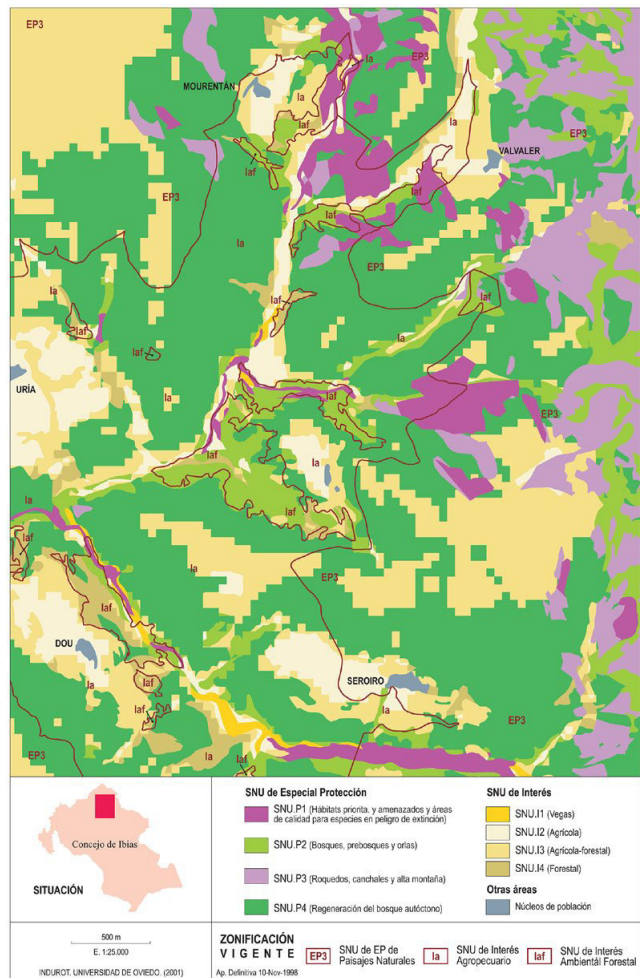


Figura 4. Fragmento de la capa final de zonificación del Suelo No Urbanizable.

Posteriormente, se realiza la fusión con la capa de SNU-EP manteniendo los atributos de origen de forma que sea posible identificar los casos en los que un mismo polígono esté asignado a una categoría de suelo de interés y otra de especial

protección. En estos casos, la asignación final de la categoría de suelo no urbanizable se realiza dando prioridad a los valores ambientales sobre los productivos.

Para la creación de la capa final de zonificación (Figura 4), se eliminan los polígonos con una superficie inferior a 200 m<sup>2</sup> que han aparecido como resultado de la superposición poligonal realizada en la fusión de las capas.

En la representación cartográfica de este mapa final se sobrepone las principales infraestructuras viarias, clasificadas en diferentes categorías, así como las edificaciones procedentes de la cartografía topográfica 1:10 000 del Principado de Asturias.

#### **IV. CRITERIOS COMPLEMENTARIOS PARA LA ORDENACIÓN DE USOS**

La ordenación urbanística del suelo no urbanizable se materializa en una zonificación del territorio y una normativa regulatoria de los usos. La zonificación del territorio conforme a las categorías predeterminadas por la legislación urbanística, por lo general limita significativamente el número y la diversidad de criterios a considerar para la delimitación de los ámbitos territoriales.

Sin embargo, para una adecuada ordenación del suelo no urbanizable, además de la vocación ambiental y productiva, es necesario incorporar otros criterios de ordenación procedentes de ámbitos temáticos muy diversos, que describen la influencia en el territorio de diferentes políticas sectoriales o procesos ambientales y naturales.

Aunque para muchos de estos criterios complementarios se disponga de una identificación geográfica, en la mayor parte de los casos no es necesario que su integración en la regulación urbanística se realice incrementando la complejidad de la zonificación urbanística del suelo no urbanizable.

Sin embargo, la incorporación en los instrumentos de planeamiento de zonificaciones temáticas, que reflejen la distribución territorial de los criterios complementarios, permitirá complementar la regulación de los usos permitidos y autorizables en cada categoría urbanística de suelo estableciendo condicionantes en las tipologías y modalidades.

Es lo que hemos denominado zonificación horizontal y en este estudio se corresponde con la incorporación de criterios relacionados con los condicionantes derivados de la vulnerabilidad hidrológica y los riesgos naturales.

##### **A. VULNERABILIDAD HIDROLÓGICA.**

El riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por actividades agrícolas, ganaderas o industriales, hace necesaria la realización de una cartografía en la que se establezcan las zonas más vulnerables frente a dicho riesgo.

A partir de la información geológica y geomorfológica complementada con otros datos del relieve como es la pendiente, se puede llegar a establecer una zonificación del territorio en la que se muestre la vulnerabilidad que presenta una zona frente a la contaminación hídrica (Figura 5).

Para establecer las áreas susceptibles frente a vertidos se han seguido los criterios del Mapa Hidrogeológico de España y del Mapa de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos, ambos del Instituto Tecnológico Geomineo de España. En estos mapas se establece una división de las formaciones geológicas según su permeabilidad. Así, en la Península Ibérica se establecen cuatro tipos de formaciones

geológicas en función de su permeabilidad que aplicados a Asturias serían:

1. Formaciones consolidadas o compactadas permeables por fisuración-karstificación. En nuestra región se han considerado dentro de este grupo las formaciones calcáreas del paleozoico y del mesozoico. Su grado de vulnerabilidad va a estar en función de su pendiente, diferenciándose zonas de vulnerabilidad alta y media.
2. Formaciones detríticas permeables generalmente no consolidadas. En este segundo tipo irían englobadas las formaciones mesozoicas con arenas y/o intercalaciones calcáreas así como algunas formaciones superficiales como son los depósitos aluviales, los rellenos de depresión, los depósitos litorales y las formaciones clásticas sin matriz o con escasa matriz. Al igual que en el grupo anterior, la vulnerabilidad varía en función de la pendiente, aplicándose para las formaciones geológicas comprendidas en este grupo los mismos rangos de pendiente que para las formaciones permeables por karstificación. Para las formaciones superficiales se han considerado con una vulnerabilidad alta las formaciones con una pendiente inferior al 8 % mientras que el resto de formaciones con pendientes superiores, se considerarán con una vulnerabilidad media.
3. Formaciones de baja permeabilidad o impermeables. El resto de formaciones, tanto geológicas como superficiales, presentes en nuestra región y no incluidas en las clases anteriores, serán consideradas como formaciones de baja permeabilidad o impermeables.
4. Formaciones permeables en terrenos volcánicos. En Asturias no aparecen representadas las formaciones permeables en terrenos volcánicos.

Como complemento a esta cartografía y dado el fuerte relieve de toda la región, se han establecido unos umbrales de pendiente por encima de los cuales se incrementa la escorrentía y como consecuencia disminuye la vulnerabilidad por infiltración.

Entre las clasificaciones que intentan dar más información que la reflejada por el gradiente de pendientes, destaca la propuesta por el Soil Survey Staff (1951), que se ha usado para la clasificación de suelos americanos y que puede tener una aplicación útil en nuestro país. Esta clasificación se basa en el grado de pendiente y en el concepto de pendiente simple o compleja.

De ambas características se pueden deducir consecuencias prácticas, bajo determinadas condiciones del suelo, como son, entre otras, la proporción y cantidad de escorrentía y como consecuencia la capacidad de infiltración de un suelo.

Analizando las características edáficas del suelo el Soil Survey Staff estableció en 1951 una clasificación de los suelos en la que se tenían en cuenta los siguientes rangos de pendiente que serán usados en la realización del mapa de vulnerabilidad hidrológica:

**TABLA II**  
RANGOS DE PENDIENTE QUE SERÁN USADOS EN LA REALIZACIÓN DEL MAPA DE VULNERABILIDAD HIDROLÓGICA.

CLASE	PENDIENTE (%)	DENOMINACIÓN
A+B	0-8%	Pendientes simples y complejas suaves u onduladas
C+D	8-30%	Pendientes simples y complejas fuertes a moderadamente escarpadas
E	30-45%	Pendientes simples y complejas escarpadas

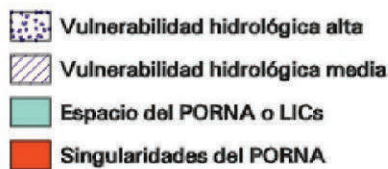
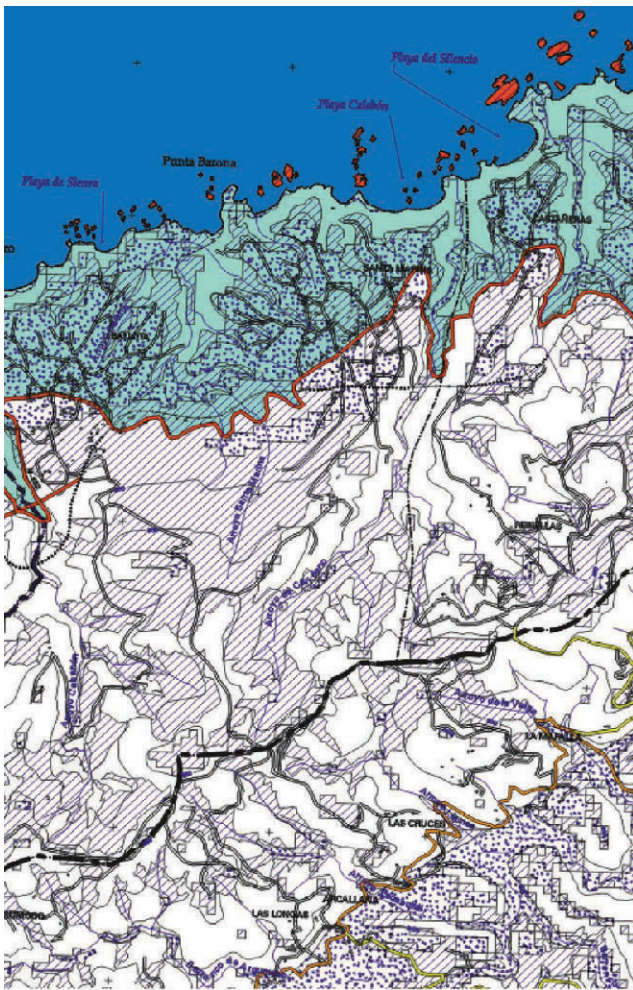


Figura. 5. Representación de la zonificación horizontal por vulnerabilidad hidrológica.

Las clases anteriores sirven para la definición de unidades de suelos y para su clasificación y cartografía y han sido descritas de la siguiente forma:

- Clase A.- La escorrentía superficial es lenta o muy lenta
- Clase B.- La escorrentía superficial es lenta o media
- Clase C.- La escorrentía superficial puede llegar a ser rápida
- Clase D.- La escorrentía superficial es rápida a muy rápida
- Clase E.- La escorrentía superficial es muy rápida

Combinando los criterios litológicos, la presencia de formaciones superficiales y el relieve, se diferencian zonas de vulnerabilidad alta y media frente a la contaminación de aguas subterráneas.

TABLA III  
ZONAS DE VULNERABILIDAD HIDROLÓGICA.

	UNIDADES CONSIDERADAS	JUSTIFICACIÓN
VULNERABILIDAD ALTA	Áreas de sustrato calcáreo con pendiente inferior al 30%	Materiales permeables por fisuración-karstificación / Alta velocidad de circulación de aguas subterráneas
	Áreas de sustrato arenoso (sólo en las formaciones mesozoicas) con pendiente inferior al 8%	Materiales detríticos permeables generalmente no consolidados
	Llanuras aluviales	Materiales detríticos permeables no consolidados / Acuíferos libres y vertido directo a los cauces / Intensa actividad agrícola e industrial
	Rellenos de depresión	Formaciones detríticas permeables generalmente no consolidadas / Zonas preferentes de infiltración
	Depósitos litorales	Materiales detríticos son consolidar Baja pendiente
VULNERABILIDAD MEDIA	Áreas de sustrato calcáreo con pendiente superior al 30% e inferior al 45%	Materiales permeables por fisuración-karstificación / Alta velocidad de circulación de aguas subterráneas
	Áreas de sustrato arenoso (sólo en las formaciones mesozoicas) con pendiente superior al 8% e inferior al 30%	Materiales detríticos permeables generalmente no consolidados
	Zonas de pendiente inferior al 8% (para los sustratos impermeables)	Baja pendiente
	Formaciones superficiales sin matriz	Materiales detríticos permeables no consolidados
	Formaciones superficiales con escasa matriz	
	Terrazas aluviales	
Terrazas terciarias		

## B. RIESGOS NATURALES.

Las medidas para gestionar el riesgo han de basarse en un proceso de toma de decisiones informado, es decir, sobre la base de evaluaciones territoriales del riesgo que permitan, tanto a los gestores como al público en general, valorar los efectos de la exposición a la magnitud del riesgo. Sin embargo, ninguna de las medidas de gestión será realmente eficaz a medio y largo plazo si continuamos incrementando la exposición a los eventos. En consecuencia, una de las claves para una gestión eficaz de los riesgos y para el incremento de la resiliencia del territorio es impulsar una ocupación responsable del espacio que puede verse afectado por procesos naturales potencialmente peligrosos.

En este sentido, tal y como señalaba Olcina Cantos (2004), la capacidad que tiene la ordenación urbanística y territorial en la escala local para orientar y regular los procesos de ocupación del espacio, hace de estos instrumentos de planificación una herramienta eficaz, económica y ambientalmente sostenible para la reducción del riesgo natural.

En el presente estudio se analiza la integración de algunos tipos de riesgos naturales mediante la creación de zonificaciones horizontales y la orientación de las determinaciones normativas que debería contemplar el planeamiento urbanístico. Las capas de información sobre diversos tipos de riesgos considerados son:

- Inundaciones fluviales.
- Inundaciones torrenciales.



- Incendios forestales.
- Inestabilidades: grandes movimientos en masa, deslizamientos superficiales y aludes.



Figura 6. Riesgo de inundación fluvial: extensión de la Zona de Flujo Preferente y de la inundación de 100 años.

#### *Inundaciones fluviales.*

Una de las cuestiones de ámbito territorial que mayor preocupación causa en la sociedad es el riesgo de inundaciones. Se trata del riesgo geológico con mayor capacidad destructiva y mayor trascendencia económica en España (INDUROT, 2003). En el caso de este tipo de inundaciones de origen fluvial la normativa urbanística debe establecer una limitación importante al desarrollo de actividades en la Zona de Flujo Preferente, la de mayor peligrosidad, evitando la implantación de nuevos usos vulnerables (Figura 6). Asimismo, el planeamiento urbanístico deberá establecer criterios constructivos para las edificaciones situadas en zona inundable con el objeto de incrementar tanto la resistencia como la resiliencia de las zonas expuestas. En el primer caso, las medidas tendrán por objeto evitar o minimizar la cantidad de agua que entra en la construcción, mientras que las medidas de resiliencia estarán

dirigidas a minimizar los daños una vez que el agua ha penetrado en los edificios, facilitando la recuperación después de un evento de inundación (DEFRA, 2004). La aplicación de este tipo de medidas no estructurales permitirá reducir la vulnerabilidad de las zonas ocupadas ante los eventos de gran magnitud y severidad de los que les pueden proteger las defensas y canalizaciones.

#### *Inundaciones torrenciales.*

La dinámica torrencial es un proceso habitual en zonas de montaña con una incidencia directa sobre la actividad humana. Se trata de un riesgo de muy difícil anticipación por lo que las medidas de alerta temprana tienen una limitada efectividad. Por otro lado, es un riesgo de marcado carácter local ya que por lo general se trata de sistemas con un tamaño relativamente pequeño.

En este caso la planificación espacial y la regulación urbanística son el instrumento más eficaz para limitar el aumento de la exposición a las inundaciones repentinas, evitando la afectación a equipamientos especialmente vulnerables (sanitarios, asistenciales o educativos) o instalaciones con potencial riesgo de contaminación ambiental (industrias, depuradoras, etc.).

#### *Incendios forestales.*

Los incendios forestales son uno de los riesgos naturales con mayor afección territorial en Asturias (Figura 7). La potencial afección a las zonas habitadas e instalaciones productivas es una de las amenazas más importantes de los incendios forestales. La normativa urbanística puede regular los usos en el interfaz urbano-forestal, en particular en aquellas zonas de alto riesgo, para limitar la exposición de las zonas habitadas y garantizar, en caso de ser necesario, la evacuación en las zonas ya edificadas y en los nuevos desarrollos. Asimismo, el planeamiento urbanístico también podrá contemplar normativa específica para reducir la peligrosidad de los incendios en las zonas más vulnerables regulando, por ejemplo, los usos forestales para limitar la continuidad del combustible y las plantaciones con especies de alta combustibilidad.

#### *Procesos de inestabilidad: movimientos en masa, deslizamientos superficiales y aludes.*

Los pequeños movimientos superficiales, los grandes movimientos de corto alcance y los aludes son riesgos naturales que deben de ser considerados en todas las iniciativas de planeamiento y ordenación del territorio de cualquier región montañosa. Se trata de riesgos relacionados en gran medida con la geología y litología, así como con variables climáticas locales, por lo que su análisis requiere de un enfoque espacial cercano.

Con el término de grandes movimientos en masa se denominan los procesos de inestabilidad que tienen lugar en las laderas de grandes dimensiones y que suponen la erosión y transporte por gravedad de importantes volúmenes de material e inciden en la totalidad o práctica totalidad de la ladera afectada, modificando fuertemente su geometría. Se trata de procesos con una alta peligrosidad ya que, aunque su frecuencia temporal es muy baja, la extensión de territorio que se vería afectada en cada proceso es muy grande.

El riesgo de deslizamientos superficiales (Figura 7) abarca varios procesos de inestabilidad: flujos deslizamientos y movimientos mixtos todos ellos de reducidas dimensiones y que afectan a los niveles menos profundos de las vertientes (INDUROT, 2003). Se trata de un proceso de alta frecuencia en la región asturiana lo que provoca que, aunque cada proceso aislado no involucre la movilización de un gran volumen de

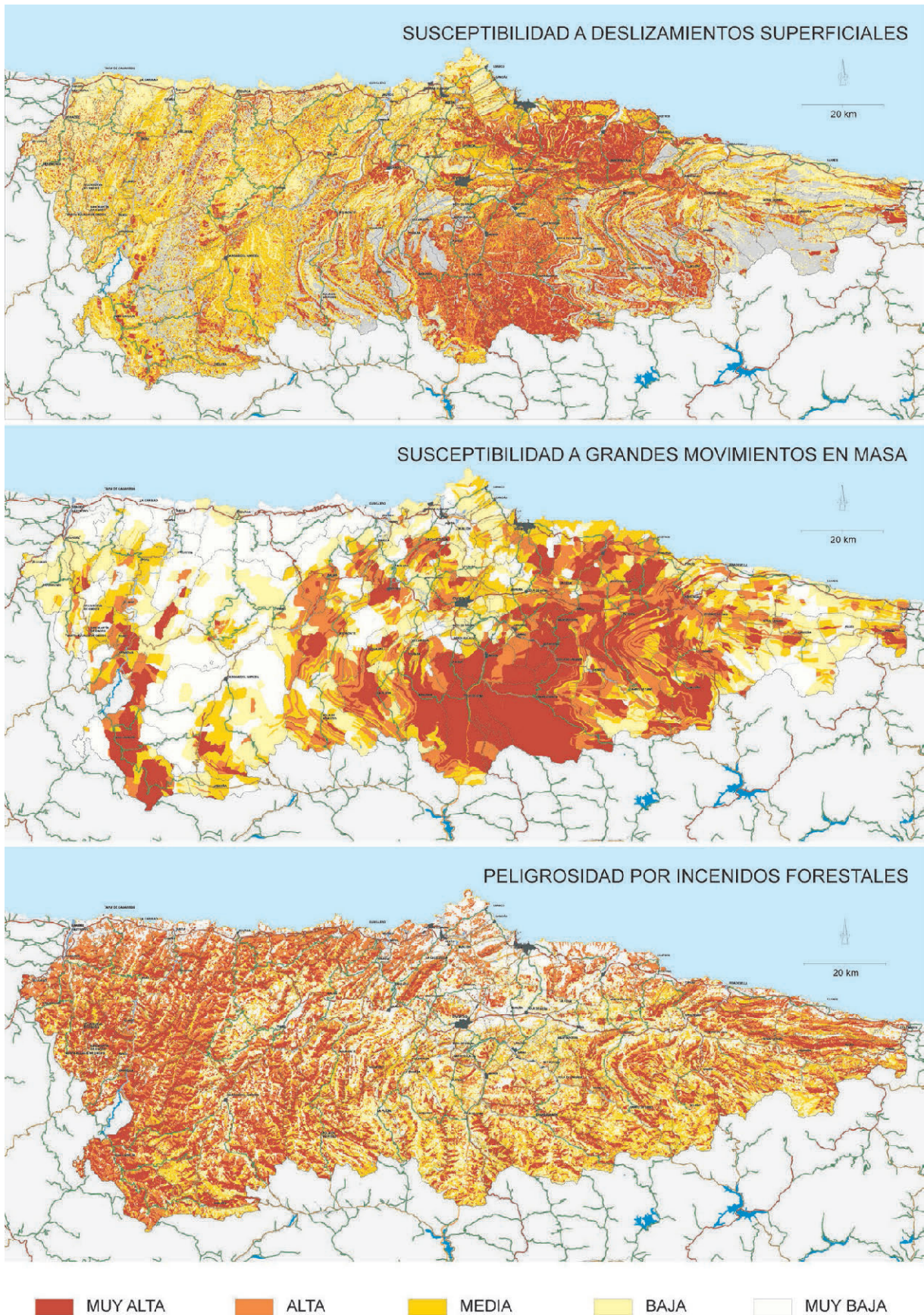


Figura. 7. Clasificación de los riesgos por deslizamientos superficiales, grandes movimientos en masa e incendios forestales.

material, el riesgo y las pérdidas asociadas sean muy elevados (ITGE, 1987; ICOG, 1997). Todos los años estos fenómenos provocan numerosos daños en infraestructuras, con frecuentes cortes de vías de comunicación, deterioro de algunas edificaciones y, en algunos casos, incluso pérdidas de vidas humanas. Los factores desencadenantes de inestabilidades superficiales en las laderas son variados: pérdida de cubierta vegetal, obras e infraestructuras que modifiquen localmente el perfil de la ladera o un periodo de precipitaciones elevadas.

Los aludes constituyen uno de los desastres naturales más frecuentes en las regiones montañosas con climas templados y árticos, en donde las precipitaciones en forma de nieve son importantes. Sin embargo, en Asturias la zona con peligrosidad de avalanchas o aludes es espacialmente mucho más reducida que la de otros riesgos naturales. Existen varias evidencias relacionadas con la dinámica de aludes que permiten la delimitación de zonas activas y potencialmente peligrosas de forma que se puedan adoptar medidas de protección ya que frecuentemente el alud recorre trayectos similares año tras año.

Para este tipo de riesgos la medida más efectiva es limitar el incremento de la exposición de elementos vulnerables. La regulación urbanística, además de limitar la implantación de nuevos usos y actividades en las zonas con mayor peligrosidad, puede establecer condiciones técnicas para que las edificaciones incrementen su resistencia a los deslizamientos o estén protegidas de los ámbitos con una probabilidad de ocurrencia más alta.

Por otro lado, es posible elaborar normativa de carácter preventivo para que la construcción de infraestructuras viarias o de servicio no agraven el problema en las áreas con mayor susceptibilidad a este tipo de riesgos. Finalmente, para las situaciones más extremas se pueden adoptar medidas estructurales de protección para algunos tipos de riesgos como las avalanchas, teniendo en cuenta la magnitud del riesgo y las condiciones ambientales de la zona.

## V. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha abordado la integración en un SIG de la mejor información disponible sobre el territorio de Asturias, relativa al modelo digital del terreno, potencial edáfico, usos actuales del suelo y valor del medio natural, juntamente con los riesgos naturales más significativos y la vulnerabilidad hidrológica. Se ha prestado especial atención a la compatibilidad y validez de los datos, tanto en su escala y precisión como en su fecha de elaboración.

Las habituales herramientas de los SIG, juntamente con la implicación de un equipo interdisciplinar con adecuados conocimientos sobre los temas implicados y sobre la realidad del ámbito territorial estudiado, han permitido realizar una zonificación del Suelo no urbanizable teniendo muy en cuenta las indicaciones de toda la normativa vigente, tanto la relativa a la planificación urbanística como la de los distintos ámbitos sectoriales afectados.

El resultado obtenido resulta de gran calidad y competitividad, se apoya en criterios claros y homogéneos para todo el territorio que resultan fácilmente explicables en cualquier análisis o proceso de información pública y su consulta y difusión se ve enormemente facilitada por la calidad de las salidas gráficas y la flexibilidad para presentar los resultados a través de visores o en cualquier otra plataforma digital. Adicionalmente, esta clasificación es dinámica y permite la

reclasificación a partir de un eventual cambio en los datos de partida o en los criterios utilizados.

La metodología desarrollada permite la integración de información temática diversa para analizar la vocación del suelo rural basada en las características intrínsecas del territorio, proponiendo una zonificación y clasificación urbanística a una escala intermedia (1:15.000 a 1:25.000) que facilite la posterior toma de decisiones de gestión. Adicionalmente, es necesario completar esta zonificación es básica del suelo rural, y el régimen de usos asociado a la misma, mediante la incorporación de criterios complementarios de ordenación de las actividades en los que se considere la incidencia territorial de algunos procesos y dinámicas ambientales como los riesgos naturales.

En definitiva, el sistema de clasificación del SNU facilita a la administración regional en este territorio el ejercicio de sus competencias de valoración y un control de los Planes Generales de Ordenación Urbana a la escala municipal, con criterios objetivos y homogéneos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo recoge una parte de los resultados de la extensa colaboración del INDUROT de la Universidad de Oviedo con la administración del Principado de Asturias, que ha financiado muchos de los trabajos a los que se refiere el artículo.

## **REFERENCIAS**

- Asturias (1993). Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de Asturias. Consejería de Medio Ambiente y Urbanismo. Principado de Asturias.
- Asturias (1998). Normas Urbanísticas Regionales en el Medio Rural de Asturias. Consejería de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Principado de Asturias.
- Asturias (2008): Decreto 278/2007, de 4 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Ordenación del Territorio y Urbanismo del Principado de Asturias. Boletín Oficial del Principado de Asturias 38, de 15 de febrero de 2008.
- CEMAT. (1983). Carta europea de ordenación del territorio. Conferencia Europea de Ministros Responsables de la Ordenación del Territorio. Consejo de Europa.
- DEFRA (2004). Making space for water. Developing a new Government strategy for flood and coastal erosion risk management in England. Londres. Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- España (2015). “Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana”. Boletín Oficial del Estado 261, de 31 de octubre de 2015.
- ICOG (1997): Guía ciudadana de los Riesgos Geológicos. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. Madrid. 196 pp.
- INDUROT (2003): Riesgos naturales de Asturias. Principado de Asturias. Principado de Asturias.
- ITGE (1987). Impacto económico y social de los riesgos económicos en España. ITGE, Madrid.
- Olcina Cantos, J. (2004). “Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local: el papel del planeamiento urbano municipal”. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 37, 49-84.
- Soil Survey Staff (1951). Soil Survey Manual. USDA Handbook 18. Washington.
- Tojo, J. F., y Naredo, J. M. (directores) (2010). Libro blanco de la sostenibilidad en el planeamiento urbanístico español. Ministerio de Vivienda. Gobierno de España.