

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

TRABAJO FIN DE MASTER

Máster en Teledetección y Sistemas de
Información Geográfica

EVOLUCIÓN POTENCIAL DE LOS USOS DEL SUELO EN ASTURIAS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE VARIABLES TERRITORIALES

Jaime Rodríguez Gozalo

Julio 2012



Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales.

Autor

Jaime Rodríguez Gozalo

Dirección

Miguel Ángel Álvarez García
Arturo Colina Vuelta

Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) de la Universidad de Oviedo

Trabajo Fin de Máster dentro del 'Máster en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica' de la Universidad de Oviedo. Curso 2011/2012.

Julio 2012

Agradecimientos:

A Cristina y Arturo, por su gran ayuda.

A Miguel Ángel, por su asesoramiento.

Al INDUROT, por todas las facilidades prestadas.

ÍNDICE

RESUMEN / ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO.....	1
1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVO.....	1
1.2 METODOLOGÍA.....	2
1.3 INFORMACIÓN A EMPLEAR.....	3
1.4 SISTEMA DE COORDENADAS.....	5
1.5 SOFTWARE UTILIZADO.....	5
2. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	7
2.1 ELECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	7
2.1.1 Obtención de los límites de trabajo en formato digital.....	9
3. INFORMACIÓN DE BASE Y PROCESADO.....	11
3.1 SIOSE.....	11
3.1.1 Descripción general.....	11
Características técnicas.....	12
Conceptos básicos.....	13
Interpretación de rótulos SIOSE.....	14
3.1.2 Definición de criterios de reclasificación de coberturas.....	16
3.1.3 Obtención y depuración de la tabla plana para Asturias.....	18
Depuración de la tabla plana para Asturias.....	19
Análisis de las coberturas presentes en Asturias.....	19
3.1.4 Obtención de los polígonos SIOSE y la tabla plana para la zona de trabajo.....	21
Análisis de las coberturas presentes en la zona de trabajo.....	22
3.1.5 Obtención de los usos a partir de las coberturas SIOSE.....	24
Primera clasificación (manual).....	24
Segunda clasificación (manual).....	26
Tercera clasificación (automática).....	27
Cuarta clasificación (manual).....	33
Quinta clasificación (automática).....	35
3.2 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES.....	39
El gradiente topográfico.....	39
3.2.1 Obtención del MDE del área de trabajo.....	41
3.2.2 Obtención del Modelo Digital de Pendientes.....	41
3.2.3 Obtención del Modelo Digital de Orientaciones.....	42
3.2.4 Obtención del Modelo Digital de Rugosidad.....	42
3.3 CARTOGRAFÍA CATASTRAL.....	43
3.4 CARTOGRAFÍA DE CARRETERAS.....	44
3.5 MAPA DE POTENCIALIDAD EDÁFICA.....	45
3.6 MAPA DE EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS.....	46
3.7 MAPA DE PRODUCTIVIDAD FORESTAL.....	47

4. VARIABLES PARA EL ESTUDIO DE LA POTENCIALIDAD DE USOS	49
4.1 VARIABLES A EMPLEAR.....	49
4.2 USOS DEL SUELO ACTUALES.....	50
4.2.1 Asignación de uso a los polígonos pertenecientes a la categoría 'Suelo desnudo, zonas quemadas y cortafuegos'	51
4.2.2 Obtención del mapa de usos del suelo según la interpretación del SIOSE 2005	52
4.3 INFLUENCIA DE LA ALTITUD	55
4.4 INFLUENCIA DE LA PENDIENTE.....	56
4.5 INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN	58
4.6 INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD	59
4.7 INFLUENCIA DE LA EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS.....	61
4.8 INFLUENCIA DE LA POTENCIALIDAD EDÁFICA.....	63
4.9 INFLUENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD FORESTAL	64
4.10 INFLUENCIA DE LA PARCELACIÓN CATASTRAL	65
4.11 INFLUENCIA DE LOS NÚCLEOS URBANOS Y OTRAS ZONAS ARTIFICIALES.....	67
4.11.1 Introducción al estudio de la influencia urbana	67
4.11.2 Determinación del influjo urbano	69
4.11.3 Influencia de la pendiente.....	76
4.11.4 Influencia de la accesibilidad por carretera	76
4.11.5 Presencia de actividades de rechazo.....	78
4.11.6 Integración de los factores	80
4.11.7 Resultado final.....	82
4.11.8 Análisis por municipios	84
4.12 INFLUENCIA DE LOS NÚCLEOS RURALES	86
4.13 CONCLUSIONES AL ANÁLISIS DE VARIABLES.....	88
4.14 USOS DEFINITIVOS DERIVADOS DEL SIOSE 2005 Y EL ANÁLISIS DE VARIABLES.....	88
5. ANÁLISIS MULTIVARIABLE DE LA POTENCIALIDAD DE USOS.....	93
5.1 OBJETO DEL ANÁLISIS	93
5.2 PROCEDIMIENTO Y CRITERIOS A SEGUIR	94
5.2.1 Potencialidad evolutiva del 'Forestal Natural'	94
5.2.2 Potencialidad evolutiva del 'Forestal de Plantación'	95
5.2.3 Potencialidad evolutiva del 'Mosaico Forestal'	95
5.2.4 Potencialidad evolutiva del 'Agrícola'	95
5.2.5 Potencialidad evolutiva del 'Mosaico Agrícola'	96
5.2.6 Potencialidad evolutiva de los 'Prados'	96
5.2.7 Potencialidad evolutiva del 'Pastizal'	97
5.2.8 Potencialidad evolutiva del 'Matorral'	98
5.2.9 Potencialidad evolutiva del 'Mosaico Ganadero'	98
5.3 RESULTADOS OBTENIDOS.....	100
5.4 DEPURACIÓN DE RESULTADOS Y OBTENCIÓN DEL MAPA DEFINITIVO	102
5.4.1 Obtención de usos forestales definitivos	103
5.4.2 Obtención del mapa final.....	103

5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	104
5.6 RESULTADOS POR MUNICIPIOS DENTRO DE LA ZONA DE TRABAJO	106
6. CONCLUSIONES	111
6.1 RESULTADOS OBTENIDOS.....	111
6.2 UTILIDAD DEL TRABAJO	113
6.3 UTILIDAD DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA	113
6.4 PROPUESTAS DE MEJORA.....	114
BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXOS	119
ANEXO I.....	121
ANEXO II.....	125
ANEXO III.....	143

RESUMEN / ABSTRACT

RESUMEN

Este trabajo pretende explotar la información contenida en el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE), para a partir de ella estudiar la evolución potencial de los usos forestal, agrícola y ganadero en un área específica del Principado de Asturias. Para ello se realiza una interpretación de los usos a partir del SIOSE, para posteriormente, estimar la evolución potencial de cada zona, teniendo en cuenta su uso actual y la influencia de diferentes variables topográficas y territoriales en la evolución de los usos considerados. El resultado final es un mapa donde se reflejan los usos del suelo potenciales en función de estas consideraciones.

ABSTRACT

This work is focused on exploit the information of the SIOSE (Information System about land cover in Spain), taking it to study the potential evolution of forest, agriculture and livestock uses in a Principado de Asturias area. For this, it was made an interpretation of the SIOSE land covers, to estimate the potential evolution of land use for each zone, taking in count the current land use and the influence of various topographic and territorial variables. The final result is a map which shows the potential evolution of land uses as a result of these considerations.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVO

El presente trabajo utiliza como base de partida la información contenida en el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE), una gran base de datos a nivel nacional donde se almacena la información de todas las coberturas y usos del suelo presentes en el territorio, suponiendo una valiosa herramienta para la realización de numerosos estudios y análisis territoriales.

Los principales objetivos del trabajo son los siguientes:

- Explotar la base de datos SIOSE, buscando la utilización, mediante diversos análisis, de la información contenida en la misma.
- Establecer una metodología que permita estudiar la evolución de los usos del suelo en base a diversas variables topográficas y territoriales.
- Analizar la potencialidad evolutiva del terreno, enfocada a obtener un mayor aprovechamiento del mismo, especialmente en las zonas destinadas a usos forestales, agrícolas o ganaderos.
- Localizar geográficamente las zonas susceptibles de ser ocupadas por actividades de mayor productividad que la actual.
- Sentar las bases para futuros estudios que sigan la misma línea o aprovechen la información derivada de la explotación de la base de datos SIOSE o del tratamiento de algunas de las variables empleadas.

El trabajo se ceñirá a un área concreta del Principado de Asturias, dadas las limitaciones temporales en las que se ha de desarrollar.

1.2 METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo mencionado anteriormente, se trabajará con la base de datos SIOSE existente y con el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del Principado de Asturias. También se utilizará otro tipo de información, como la cartografía de parcelación catastral, la cartografía de carreteras o los mapas de productividad forestal, potencialidad edáfica y erosión laminar y en regueros. En la *figura 1.1* se muestra un diagrama con el resumen del proceso a seguir.

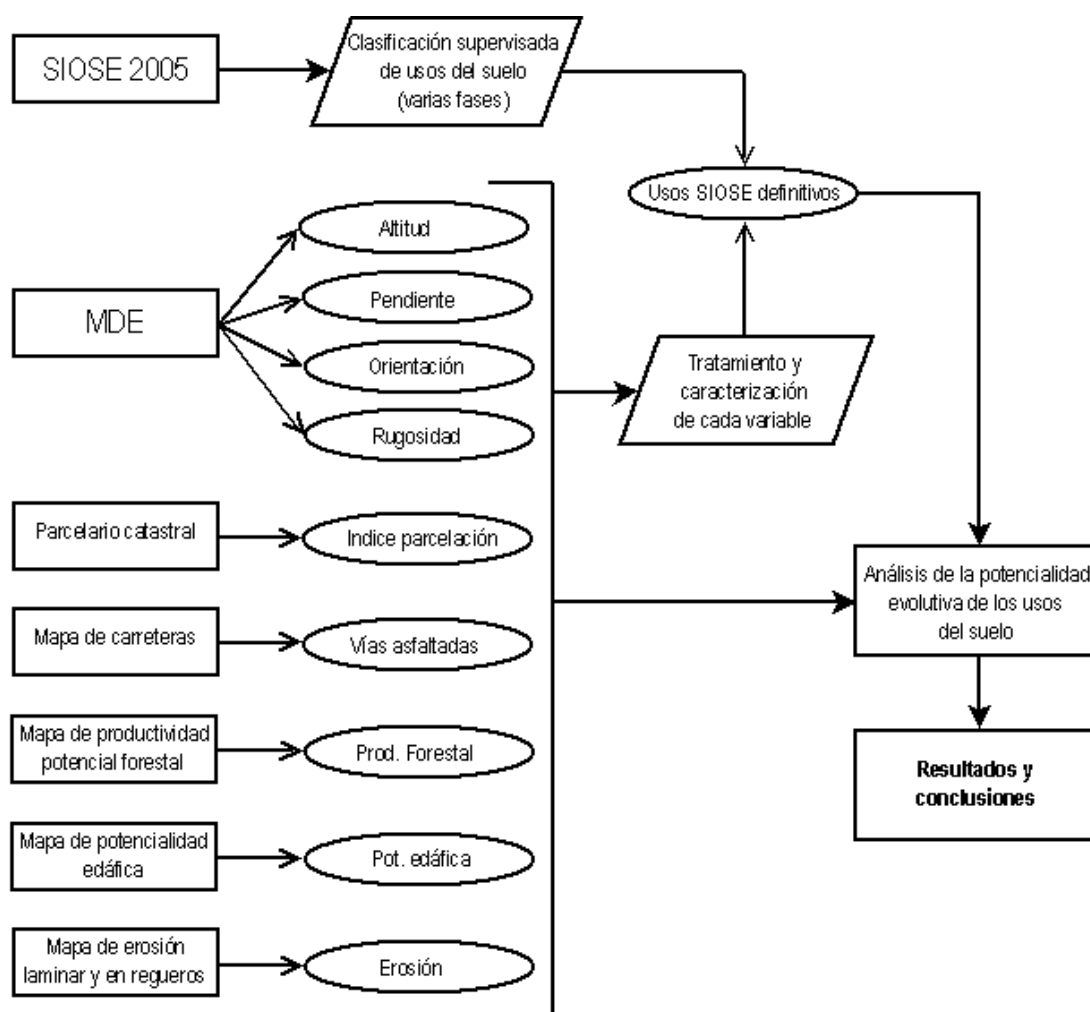


Figura 1.1.
Diagrama de la metodología a seguir para llevar a cabo el trabajo.

En primer lugar se realizará un tratamiento del SIOSE para obtener una clasificación de usos del suelo, establecida en función de las necesidades y los objetivos del trabajo. También se llevará a cabo un tratamiento del MDE, con la finalidad de obtener varios modelos derivados.

Posteriormente, utilizando la información obtenida de los usos, los modelos derivados del MDE y el resto de variables, se realizará un análisis multivariable para asignarle a los usos actuales un uso potencial, en función de los condicionantes oportunos derivados de una caracterización previa de las variables empleadas.

1.3 INFORMACIÓN A EMPLEAR

A continuación se enumeran las fuentes de datos empleadas para llevar a cabo el trabajo. Más adelante, en los apartados correspondientes, se ampliará la información referente a cada una de ellas.

Tabla Plana SIOSE (para toda España)

Es la fuente de datos de coberturas de suelo existentes en el SIOSE.

Fuente: '*Centro de Descargas*' del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG – <http://www.cnig.es>).

Formato: base de datos Microsoft Access.

Base de datos SIOSE del Principado de Asturias

Contiene toda la información geométrica y alfanumérica del Modelo de Datos SIOSE en el ámbito del Principado de Asturias.

Fuente: '*Centro de Descargas*' del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG – <http://www.cnig.es>).

Formato: *shapefile* de ArcGIS convertible a base de datos Microsoft Access

Mapa de límites municipales de Asturias

Contiene todos los límites municipales del Principado de Asturias.

Fuente: Mapa Topográfico de Asturias. Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) de la Universidad de Oviedo. Año 1994-96.

Formato: mapa vectorial a escala 1:10.000.

Modelo Digital de Elevaciones del Principado de Asturias

Ofrece la información altimétrica del Principado de Asturias con un tamaño de píxel de 5 metros. Generado a partir del mapa topográfico del Principado de Asturias a escala 1:5.000 del año 2005.

Fuente: Centro de Cartografía del Principado de Asturias.

Formato: mapa *raster* con tamaño de píxel de 5 metros.

Cartografía catastral del Principado de Asturias

Ofrece la información de los límites de todas las unidades catastrales del Principado de Asturias.

Fuente: Dirección General del Catastro del Principado de Asturias (*SIGPAC, 2005*).

Formato: mapa vectorial a escala 1:5000.

Cartografía de carreteras del Principado de Asturias

Ofrece la información de todas las vías de comunicación del Principado de Asturias, desde las autopistas hasta los caminos sin asfaltar.

Fuente: Mapa Topográfico de Asturias. Centro de Cartografía del Principado de Asturias. Año 2007.

Formato: mapa vectorial a escala 1:5.000.

Mapa de la productividad potencial forestal de España

Estima la potencialidad productiva de los suelos para su uso forestal.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría General de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Año 2000.

Formato: mapa vectorial a escala 1:200.000.

Mapa de potencialidad edáfica

Estima la potencialidad edáfica de los suelos a partir de la litología y los recubrimientos superficiales.

Fuente: Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) de la Universidad de Oviedo, año 2001.

Formato: mapa *raster* con tamaño de píxel de 5 metros.

Inventario nacional de erosión de suelos 2002-2012 (Asturias 2003)

Se toma el mapa de 'Erosión laminar y en regueros', que ofrece información sobre las pérdidas de suelo medias anuales estimadas mediante el modelo R.U.S.L.E.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Subdirección General de Montes.

Formato: mapa *raster* con tamaño de píxel de 42,83 metros.

1.4 SISTEMA DE COORDENADAS

Todo el trabajo se llevó a cabo utilizando el Sistema de Coordenadas European Datum 1950 (ED-50), con una proyección Universal Transversal Mercator (UTM) en el huso 30 Norte.

Pese a que se trata de un Sistema de Coordenadas en vías de extinción en España, se optó por su utilización ya que la mayor parte de los datos se encontraban en este Sistema de Coordenadas, ya que tan solo los polígonos SIOSE estaban representados en el Sistema de Coordenadas ETRS-89.

Dado que la finalidad del trabajo no es la de obtener un producto cartográfico que deba de estar preferiblemente dibujado en el Sistema de Coordenadas ETRS-89, se optó por la utilización del Sistema de Coordenadas ED-50, al ser menor la cantidad de datos a transformar para homogeneizar todos ellos bajo el mismo datum.

De esta forma, hubo que transformar la cartografía de los polígonos SIOSE para pasarlos del Sistema de Coordenadas ETRS-89 al ED-50. Para ello se empleó la rejilla de transformación NTV2 para la Península Ibérica facilitada por el Instituto Geográfico Nacional (*IGN* – <http://www.ign.es>). El proceso de transformación se llevó a cabo de forma automática a través del software *ArcMap*.

1.5 SOFTWARE UTILIZADO

La mayor parte de este trabajo ha sido llevada a cabo mediante el tratamiento de la información disponible a través de un gestor de bases de datos y de un software de tratamiento de información geográfica, aunque también se han empleado otro tipo de programas.

A continuación se detalla todo el software empleado:

ArcGIS 9

Se trata de un potente software comercializado por la casa ESRI destinado al tratamiento de información geográfica, que permite un total manejo y procesamiento de la información disponible.

En este trabajo se emplearon los módulos ArcMap 9.3 para el procesamiento de toda la información geográfica disponible y llevar a cabo todos los estudios necesarios sobre la misma, así como para la edición de mapas y la gestión de consultas espaciales, y ArcCatalog 9.3 para la gestión de ficheros y bases de datos espaciales.

Microsoft Access 2007

El gestor de bases de datos incluido en el paquete Microsoft Office fue empleado para el tratamiento inicial de toda la información SIOSE y la clasificación de coberturas (ver *apartado 3.7*), así como para realizar todas las consultas sobre los datos que no requerían de la información espacial asociada.

Microsoft Excel 2007

La hoja de cálculo incluida en el paquete Microsoft Office fue empleada para la gestión de todos los resultados obtenidos en las diversas fases del trabajo, de cara a obtener todas las estadísticas necesarias para el análisis de resultados y sus representaciones gráficas.

RStudio

Este software estadístico de distribución libre fue empleado para las clasificaciones supervisadas de coberturas mediante métodos estadísticos detalladas en el *apartado 3.1.5*.

Microsoft Word 2007

El procesador de textos incluido en el paquete Microsoft Office fue empleado para el tratamiento de todos los textos y la confección de la presente memoria.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

2.1 ELECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

De cara a la realización de trabajo, se ha considerado un área representativa de Asturias, tanto por las coberturas SIOSE presentes como por las características territoriales.

De esta forma, se elige la zona abarcada por los siguientes concejos: Bimenes, Cabranes, Caso, Colunga, Gijón, Nava, Noreña, Langreo, Laviana, San Martín del Rey Aurelio, Sariego, Sobrescobio, Siero, Piloña, y Villaviciosa.

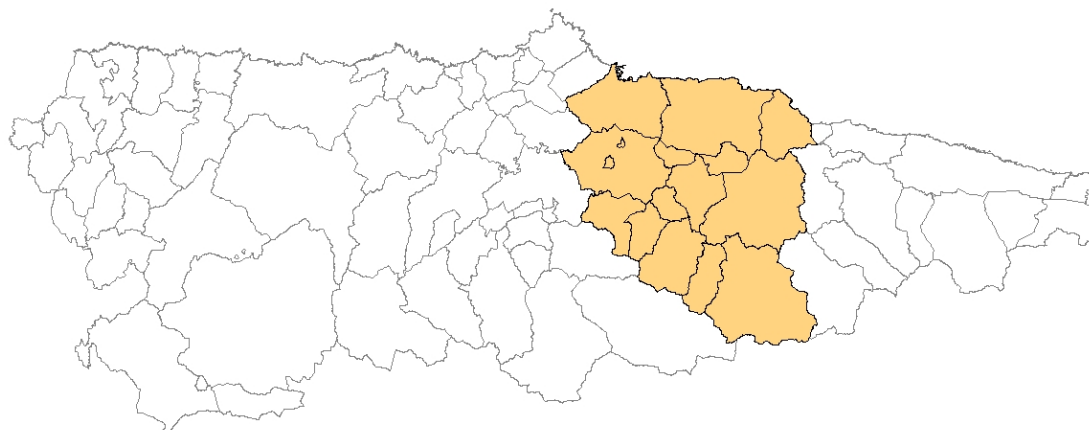


Figura 2.1.
Ubicación de los municipios
seleccionados.

En esta zona, que supone una franja Norte-Sur del Principado de Asturias y abarca desde la franja costera hasta el límite septentrional de la región, se incluyen casi todas las coberturas SIOSE así como condiciones características de la región, como son: distinto grado de

parcelación, diferentes tipos de localidades, zonas con pendientes y orientaciones diversas, zonas llanas, zonas montañosas, etc.

En el Mapa 1, dentro del *ANEXO III*, se muestra la zona de trabajo a escala 1:200.000.

Las conclusiones del trabajo se ceñirán a los municipios seleccionados, aunque dada la influencia que tienen sobre algunos polígonos limítrofes los que se encuentren a su alrededor, para realizar todos los cálculos se considerará además una zona de influencia de 5 kilómetros alrededor de los citados municipios. Cabe destacar que de la superficie abarcada por esta zona de influencia solo se tendrán en cuenta los polígonos SIOSE del Principado de Asturias, por lo que para las zonas limítrofes con la provincia de León no se considerarán polígonos fuera de los municipios considerados.

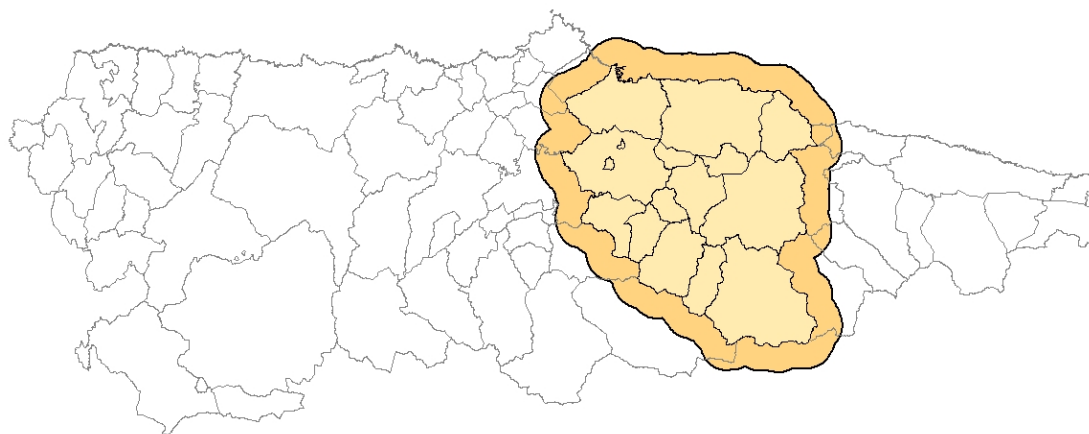


Figura 2.2.
Municipios considerados, junto con la zona de influencia que determina el área de trabajo.

Las características de la zona elegida son las siguientes:

- Superficie de los municipios: 189.493,47 ha.
(17,87 % del total del Principado de Asturias¹)
- Superficie de los municipios más la zona de influencia: 301.362,71 ha.

¹ Según el dato de superficie total del Principado de Asturias que figura en el Instituto Nacional de Estadística (1.060.357 hectáreas).

2.1.1 Obtención de los límites de trabajo en formato digital

Para llevar a cabo el trabajo, una vez definido el área de actuación, se deben de generar sendos ficheros de tipo *shape* que contengan por un lado el límite de los municipios considerados para el estudio, y por otro el límite de la zona de influencia que se utilizará como área de trabajo.

Esto se hace a partir del mapa de límites municipales del Principado de Asturias, empleando el software *ArcMap*. Para ello, a través de la *tabla de atributos* del mapa inicial, se seleccionan los municipios considerados, y a través de la herramienta *Analysis Tools* → *Proximity* → *Buffer*, se establece una zona de influencia de 5 kilómetros alrededor de su límite. Una vez generado, se guarda como el fichero que contiene el límite del área de trabajo.

3. INFORMACIÓN DE BASE Y PROCESADO

3.1 SIOSE

A continuación se realiza una descripción general del SIOSE, para pasar a explicar posteriormente todo el proceso seguido durante su tratamiento, con la finalidad de obtener una clasificación de usos del suelo para todas las coberturas presentes en el Principado de Asturias, aplicando finalmente esta clasificación al área de trabajo.

3.1.1 Descripción general

El SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España) se enmarca dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio en España (PNOT), que coordina y gestiona el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Tiene como objetivo integrar la información de las Bases de Datos de coberturas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado.

El SIOSE pretende establecer una gran infraestructura de información geográfica multidisciplinar y actualizada periódicamente, que satisfaga las necesidades de la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas en materia de ocupación del suelo, para:

- Evitar las duplicidades y reducir costes en la generación de información geográfica periódica relativa a coberturas y usos del suelo.
- Integrar la información procedente de las Comunidades Autónomas a nivel de producción, control y gestión.
- Cumplir con los requerimientos de la Unión Europea en materia de ocupación del suelo.

Además, contempla como hitos importantes:

- Integrar y armonizar bases de datos existentes en el ámbito nacional y en las Comunidades Autónomas.
- Construir las Comunidades de Interés en Datos Geográficos: SDIC en materia de ocupación del suelo en el ámbito nacional e internacional.
- Definir metodologías consensuadas y armonizadas.
- Obtener un modelo de datos normalizado (OGC, ISO) orientado a objetos, en lenguaje UML.
- Repartir costos y favorecer la cooperación en políticas europeas y mundiales.

El SIOSE fue realizado bajo las directrices del Consejo Superior Geográfico y la Directiva europea INSPIRE, y dirigido por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (Ministerio de Fomento) y la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente). La producción del trabajo se realizó de forma individual para cada Comunidad Autónoma, por lo que se contó con 19 grupos de producción independientes, coordinados a su vez desde la dirección central a fin de obtener un resultado final homogéneo para todo el territorio nacional.

Este trabajo está basado en el SIOSE del Principado de Asturias, realizado entre los años 2007 y 2009 a partir de imágenes satelitales del año 2005².

Características técnicas

El proyecto SIOSE fue realizado siguiendo los aspectos técnicos que se detallan a continuación:

- Sistema de información geográfica con una única capa de geometría de polígono.
- Escala de Referencia: 1: 25.000.
- Sistema Geodésico de Referencia: ETRS 89.
- Proyección UTM: husos 28, 29, 30 y 31.
- Unidad mínima de superficie a representar (dependiendo de las clases):
 - o Superficies artificiales y láminas de agua: 1 ha.
 - o Playas, vegetación de ribera, humedales y cultivos forzados (invernaderos y bajo plástico): 0,5 ha.
 - o Zonas agrícolas, forestales y naturales: 2 ha.
- Periodicidad de actualización: 5 años.

² A excepción de un área en el centro de la región para la cual se utilizaron imágenes de 2006.

- Perfil de metadatos según el Núcleo Español de Metadatos (NEM), y de modo más amplio siguiendo las recomendaciones y directrices marcadas por el Consejo Superior Geográfico y la Norma Internacional ISO 19115:2003.
- Imágenes de referencia: fusión de imágenes SPOT5 pancromática y multiespectral de 2,5 m de resolución espacial del año 2005, junto con dos coberturas de imágenes Landsat5 TM del año 2005, y ortofotos PNOA de los años 2004 y 2006, como complemento.

Conceptos básicos

Dado que el trabajo está basado en el proyecto SIOSE, cabe definir de antemano los conceptos básicos del mismo, a los que se hará referencia en numerosas ocasiones a lo largo de esta memoria.

- **Modelo de datos:** el Modelo de Datos Conceptual SIOSE describe los objetos, atributos, relaciones, reglas de consistencia, estructura y filosofía de los datos geográficos digitales vectoriales del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España.
- **Polígono:** el terreno se representa por medio de polígonos, que son la única entidad con geometría propia en el modelo. Cada polígono contiene en su interior una cobertura del suelo considerada como homogénea, o una combinación de varias coberturas del suelo homogéneas, haciendo a éste claramente distinguible de las unidades que lo rodean.

Se recogen solo las coberturas que constituyen al menos el 5% de la superficie del polígono. La superficie mínima a representar por un polígono depende de la cobertura del suelo del mismo, tal y como se ha especificado en el apartado anterior.

- **Ocupación del suelo:** cada polígono lleva asociada una ocupación del suelo, definida por dos componentes:
 - **Cobertura del suelo:** es la categorización de la superficie terrestre en distintas unidades según sus propiedades biofísicas, como por ejemplo, cultivos, arbolado, etc.
 - **Uso del suelo:** es la caracterización del territorio de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual, como por ejemplo, uso industrial, comercial, recreativo, etc.

Cabe destacar que la cobertura de un polígono deberá ocupar siempre el 100 % del mismo, mientras que el uso puede diferir de este valor.

- **Cobertura simple:** cobertura uniforme y homogénea, que no puede descomponerse en otras. Una sola cobertura simple puede ocupar la totalidad del polígono o parte de él.
- **Cobertura compuesta:** se dice que un polígono tiene una cobertura compuesta cuando éste se encuentra formado por dos o más coberturas simples y/o una o varias coberturas compuestas predefinidas.

- **Cobertura compuesta predefinida:** es un tipo de cobertura compuesta que ha sido definida a priori en el modelo de datos, formada por distintos porcentajes de coberturas simples.
- **Cobertura compuesta no predefinida:** es un tipo de cobertura compuesta no definida a priori en el modelo de datos, que está formada por distintos porcentajes de coberturas simples.
- **Atributos:** cada cobertura, a su vez, puede ser descrita mediante atributos, que distinguen entre diferentes variables de cada una de ellas.
- **Rótulo SIOSE:** es el código que identifica cada una de las coberturas presentes en un polígono y su porcentaje dentro del mismo.
- **Base de Datos SIOSE:** el modelo físico del SIOSE queda definido a través de una base de datos en formato *Microsoft Access* donde se almacenan diversas tablas que contienen toda la información geométrica y alfanumérica del modelo, así como las relaciones entre ellas. Existe una base de datos para cada Comunidad Autónoma. Sus tablas son las siguientes:
 - **T_POLIGONOS:** contiene la geometría y la información asociada a cada polígono SIOSE.
 - **T_VALORES:** aporta la información de las coberturas y atributos SIOSE asociados a cada polígono de la tabla T_POLIGONOS.
 - **TC SIOSE COBERTURAS:** describe todas las coberturas SIOSE.
 - **TC SIOSE ATRIBUTOS:** describe todos los atributos SIOSE.
 - **T_BLOQUES:** aporta la información relativa a los bloques utilizados por las Comunidades Autónomas para la producción y actualización del SIOSE.
 - **T_VERSIÓN:** informa de la versión del modelo de datos físico.
- **Tabla plana:** la TABLA_PLANA contiene la información relativa a la ocupación del suelo de los polígonos del SIOSE. Identifica todos los rótulos SIOSE presentes en el proyecto y desglosa los porcentajes de cada una de las coberturas simples y coberturas compuestas predefinidas (y sus atributos) de las que están formadas.

La TABLA_PLANA no contiene información de la geometría de los polígonos SIOSE. Es únicamente una tabla con todas las combinaciones de coberturas presentes en España y su desglose correspondiente.

El Mapa 2, dentro del *ANEXO III*, muestra la distribución de polígonos SIOSE y los tipos de cobertura (simple, compuesta predefinida o compuesta no predefinida) en el área de trabajo.

Interpretación de rótulos SIOSE

Dentro de la tabla plana, cada tipo de cobertura SIOSE (representada por un registro) posee un código único identificativo, a través de cuya interpretación se puede saber la composición de esa cobertura.

En el *ANEXO I* de la presente memoria se describen todas las coberturas tanto simples como compuestas que tienen cabida dentro del SIOSE, así como sus atributos, indicando su correspondiente codificación dentro de la base de datos.

Este código alfanumérico indica en primer lugar el tipo de cobertura, mostrando el código de la cobertura simple o compuesta predefinida correspondiente, o una codificación en el caso de tratarse de una cobertura compuesta no predefinida, que será una A para las asociaciones, una R para los mosaicos regulares y una I para los mosaicos irregulares. A continuación, entre paréntesis, se muestra el desglose en coberturas simples y/o compuestas predefinidas, indicando el porcentaje de ocupación dentro del polígono que le corresponde a cada una de ellas.

Así, los códigos SIOSE van desde la sencillez del código de una única cobertura simple (p.ej. el código 'FDC' indica que la cobertura es 100 % 'Froncosa Caducifolia') a la complejidad de los códigos de coberturas que combinan diferentes coberturas simples y compuestas predefinidas y no predefinidas, sin que ninguna de ellas suponga una ocupación mayoritaria.

A continuación se muestran algunos ejemplos:

AAR(75PRDsc_10LFNsc_05FDC_05EDFva_05CHLsc)

Este código indica que se trata de una cobertura compuesta predefinida, catalogada como asentamiento agrícola residencial (AAR) en el 100 % del polígono, y formada internamente por las siguientes coberturas simples: 75 % de prados de secano (PRDsc), 10 % de frutales no cítricos de secano (LFNsc), 5 % de frondosa caducifolia (FDC), 5 % de vivienda unifamiliar aislada (EDFva) y 5 % de cultivos herbáceos distintos del arroz de secano (CHLsc).

R(75PRDsc_20PSTpc_05FDC)

Este código indica que se trata de una cobertura compuesta no predefinida, catalogada como mosaico regular (R) en el 100 % del polígono, y formada internamente por las siguientes coberturas simples: 75% de prados de secano (PRDsc), 20 % de pastizal procedente de cultivo (PSTpc) y 5 % de frondosa caducifolia (FDC).

I(20PRDsc_20MTR_20TCO(40ZAU_40VAP_20EDFva)_20ZAU_15VAP_05EDFva)

Este código indica que se trata de una cobertura compuesta no predefinida, catalogada como mosaico irregular (I) en el 100 % del polígono, y formada internamente por las siguientes coberturas:

- Coberturas simples: 20 % de prados de secano (PRDsc), 20 % de Matorral (MTR), 20 % de zona verde artificial y arbolada urbano (ZAU), 15 % de vial

aparcamiento o zona peatonal sin vegetación (VAP) y 5 % de vivienda unifamiliar aislada (EDFva).

- Coberturas compuestas predefinidas: 20 % de terciario comercial (TCO), formada a su vez por las siguientes coberturas simples: 40 % de zona verde artificial y arbolada urbano (ZAU), 40 % de vial aparcamiento o zona peatonal sin vegetación (VAP) y 20 % de edificio aislado (EDFea).

Como se muestra en el Mapa 2, dentro del *ANEXO III*, uno de los principales problemas que presentan las coberturas del SIOSE es la abundancia de los polígonos con coberturas compuestas no predefinidas. Para el área de trabajo suponen el 57 % de la base de datos y el 83 % de la superficie. Ante esta situación será preciso desarrollar un proceso de interpretación de las coberturas para transformarlas en usos del suelo.

3.1.2 Definición de criterios de reclasificación de coberturas

Para proceder con la reclasificación de coberturas que se pretende hacer a partir de las coberturas SIOSE, se deberá definir la clasificación de usos del suelo en la que se basará el trabajo. Así, se agruparán todas las coberturas presentes en un reducido número de usos.

La definición de éstas categorías se hará teniendo en cuenta los condicionantes y los objetivos del trabajo, por lo que primará la distinción entre los usos forestal, agrícola y ganadero, con sus correspondientes subcategorías, aunque también cabrá distinguir los usos artificiales y aquellos menos influyentes de cara al trabajo, que no serán objeto del mismo.

Se tienen en cuenta estos condicionantes, así como la posibilidad de que todas las subcategorías que se definan sean fácilmente agrupables en un gran grupo de uso. De esta forma, se definen un total de seis categorías generales, dentro de las cuales se hará una mayor o menor distinción en posibles subcategorías, en función de las necesidades que se estiman oportunas de cara al trabajo.

Las categorías definidas, sus subcategorías, y el código asignado a cada una son las siguientes:

1. Forestal

Abarca todo el espacio arbolado, distinguiendo entre masas forestales de plantación (ya que será un criterio a tener en cuenta desde el punto de vista productivo) y de protección. No se consideran dentro de esta categoría las masas de vegetación de ribera, ya que el SIOSE únicamente considera dentro de esta categoría las formaciones vegetales naturales de ribera, y se entiende que son zonas que no van a sufrir ninguna evolución. Así, se incluirán en la categoría de otro tipo de suelos. Como consecuencia, dentro de esta categoría se definen las siguientes subcategorías:

- 101. Frondosa caducifolia de plantación
- 102. Frondosa perennifolia de plantación
- 103. Coníferas de plantación
- 104. Frondosa caducifolia natural
- 105. Frondosa perennifolia natural
- 106. Coníferas natural
- 107. Matorral y pastizal procedente de cortas

2. Agrícola

Incluye el terreno cultivado a excepción de los prados. En este apartado se consideran por separado los cultivos leñosos, los herbáceos y los que son forzados (en invernadero).

- 201. Cultivos leñosos
- 202. Cultivos herbáceos
- 203. Cultivos forzados

3. Ganadero

Incluye todos los espacios susceptibles de tener un uso ganadero. Se consideran por separado prados, pastizal y matorral.

- 301. Prados
- 302. Pastizal
- 303. Matorral

4. Artificial

Dentro de esta amplia categoría se hará una distinción enfocada al posterior aprovechamiento que se le va a dar dentro del trabajo a algunos de los elementos contenidos en la misma, como los núcleos de población o las actividades comerciales e industriales. También se consideran por separado algunos usos que se entiende que puedan tener influencia sobre la evolución de las zonas que las rodean, como los usos primarios agrícola ganadero o forestal, o las vías de comunicación. El resto de usos artificiales se incluyen dentro de una misma subcategoría.

- 401. Núcleos urbanos
- 402. Núcleos rurales
- 403. Red viaria
- 404. Primaria agrícola ganadera

- 405. Primaria forestal
- 406. Red Ferroviaria
- 407. Otras vías de comunicación
- 408. Comercio
- 409. Equipamientos
- 410. Industria y energético
- 411. Otros usos artificiales

5. Suelo desnudo, zonas quemadas y cortafuegos

El uso definitivo de los suelos desnudos, las zonas quemadas, y los cortafuegos se decidirá en función de criterios de vecindad, por lo que en un primer momento se consideran por separado. Con ello se busca una primera identificación de estas zonas, para posteriormente asignarles su uso correspondiente.

- 501. Suelo desnudo
- 502. Zonas quemadas
- 503. Cortafuegos

6. Otras coberturas

En este apartado se incluyen todos los polígonos que por sus características no son objeto de estudio y no ofrecen ninguna potencialidad de aprovechamiento productivo. El objetivo de definir esta categoría es tener identificados estos polígonos y no tenerlos en cuenta a la hora de llevar a cabo el estudio.

- 601. Vegetación de ribera (forestal o matorral)
- 602. Agua y coberturas húmedas
- 603. Playas
- 604. Roquedos

3.1.3 Obtención y depuración de la tabla plana para Asturias

Para obtener la tabla plana que contenga todas las coberturas SIOSE presentes en el Principado de Asturias, se debe de procesar conjuntamente la tabla plana a nivel nacional y la base de datos SIOSE para Asturias.

La tabla plana a nivel nacional contiene un total de 820.632 registros, que se corresponden con el número de combinaciones de coberturas únicas que existen para los polígonos SIOSE

en toda España. Por su parte, la base de datos SIOSE para el Principado de Asturias contiene la información referente a los 69.550 polígonos que abarcan toda la superficie regional.

Así, el objetivo de este paso es el de obtener una tabla plana para el Principado de Asturias, es decir, obtener las coberturas únicas del Principado de Asturias.

Para ello, mediante el motor de consultas de *Microsoft Access* se agrupan todos los polígonos del Principado de Asturias según su código, obteniendo como resultado los códigos únicos existentes, o lo que es lo mismo, las coberturas únicas que hay. Una vez hecho, se observa como el Principado de Asturias cuenta con un total de 27.133 coberturas únicas. Una vez obtenida esta tabla, se incluye en la base de datos que contiene la tabla plana a nivel nacional y a través del mismo motor de consultas de *Microsoft Access*, se cruzan ambas para obtener únicamente los registros completos correspondientes a las coberturas presentes en Asturias. El resultado de este proceso será la tabla plana completa del Principado de Asturias, que incluye un total de 27.133 registros.

Depuración de la tabla plana para Asturias

De cara al trabajo, únicamente son de interés las coberturas simples y compuestas predefinidas presentes en el Principado de Asturias, por lo que de la tabla plana para el Principado de Asturias que se acaba de generar se eliminarán todas aquellas coberturas que no tengan representación. Para ello, se hace la suma de los valores de todas las columnas, de manera que aquellas cuyo resultado sea cero serán las coberturas no presentes, y por lo tanto deberán de ser eliminadas.

Tras hacer este cálculo, de las 194 coberturas posibles, un total de 106 son eliminadas, por lo que son 88 las coberturas presentes en Asturias.

Análisis de las coberturas presentes en Asturias

A partir de la tabla plana que acabamos de generar, se puede hacer un análisis de la distribución de coberturas en función de los usos del suelo definidos en el apartado 3.1.2. Para ello, a través de *ArcMap*, se vincula la tabla T_POLIGONOS de la base de datos SIOSE para Asturias con la tabla plana de Asturias (a través de la herramienta *Join*), obteniendo como resultado una tabla donde se especifica la distribución de coberturas dentro de cada polígono.

Exportando esta tabla a *Microsoft Excel*, podremos hacer los cálculos necesarios para conocer la superficie ocupada por cada cobertura simple o compuesta predefinida, analizando también su porcentaje de ocupación en el ámbito del Principado de Asturias. Además, agrupando las coberturas según la clasificación de usos, podemos aplicar el mismo análisis a éstos. Los resultados se muestran en la *tabla 3.1*.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

COBERTURAS COMPUESTAS PREDEFINIDAS			USO					
Identif.	Superficie		CATEGORIAS		CLASES		Superficie	
	ha	%	Identificación	Superficie	Identificación	Superficie		
				ha	%	ha	%	
UCS	1.038,14	1,80						
UEN	3.867,57	6,71	401. Núcleos urbanos	6.943,59	12,04			
UDS	2.037,88	3,53						
UER	3,07	0,01	402. Núcleos rurales	31.323,71	54,34			
AAR	31.320,65	54,33						
NRV	6.926,89	12,02	403. Red viaria	6.926,89	12,02			
PAG	512,99	0,89	404. Primario agrícola ganadero	512,99	0,89			
PFT	40,65	0,07	405. Primario forestal	40,65	0,07			
NRF	1.077,87	1,87	406. Red ferroviaria	1.077,87	1,87			
NPO	361,02	0,63						
NAP	74,14	0,13	407. Otras vías de comunicación	435,16	0,75			
TCO	338,49	0,59	408. Comercio	338,49	0,59			
EAI	100,43	0,17						
ESN	126,25	0,22						
ECM	157,51	0,27						
EDU	525,72	0,91						
EPN	20,14	0,03	409. Equipamientos	2.534,26	4,40			
ERG	57,92	0,10						
ECL	113,17	0,20						
EDP	616,54	1,07						
ECG	401,06	0,70						
EPU	415,52	0,72						
IPO	1.509,47	2,62						
IPS	535,66	0,93						
IAS	1.824,30	3,16						
NEO	228,37	0,40						
NSL	0,58	0,00	410. Industria y energético	4.272,16	7,41			
NHD	31,33	0,05						
NTM	79,94	0,14						
NEL	60,86	0,11						
NGO	1,64	0,00						
PMX	2.337,02	4,05						
PPS	28,87	0,05						
TPR	78,78	0,14						
TCH	101,35	0,18						
TCG	121,31	0,21	411. Otros usos artificiales	3.243,29	5,63			
NTC	12,95	0,02						
NVE	392,73	0,68						
NPT	19,92	0,03						
NDP	99,61	0,17						
NCC	50,77	0,09						
TOTAL	57649,08	5,43%	<i>del total de Asturias</i>					

COBERTURA SIMPLES			USO					
Identif.	Superficie		CATEGORIAS		CLASES		Superficie	
	ha	%	Identificación	Superficie	Identificación	Superficie		
				ha	%	ha	%	
FDCpl	374,63	0,035317	101. Frondosa caducifolia de plantación	374,63	0,04			
FDPpl	41.077,94	3,872461	102. Frondosa perennifolia de plantación	41.077,94	3,87			
CNFpl	25.794,28	2,431654	103. Coníferas de plantación	25.794,28	2,43			
FDC	202.361,38	19,076821	104. Frondosa caducifolia natural	202.361,38	19,08	1. FORESTAL	282.900,08	26,67
FDP	5.793,80	0,546188	105. Frondosa perennifolia natural	5.793,80	0,55			
CNF	250,68	0,023632	106. Coníferas naturales	250,68	0,02			
MTRct	5.994,91	0,565147						
PSTct	1.252,46	0,118070	107. Matorral y pastizal de cortas	7.247,37	0,68			
LCsc	0,38	0,000036						
LFNsc	9.701,26	0,914548						
LFNrr	19,01	0,001793						
LFNscab	0,70	0,000066	201. Cultivos leñosos	9.889,91	0,93			
LVlsc	113,91	0,010739						
LVlscab	0,40	0,000038						
LOCsc	48,69	0,004590						
LOCrr	5,54	0,000523						
CHLsc	33.489,94	3,157132						
CHLrr	11,97	0,001128						
CHLrn	0,95	0,000089	202. Cultivos herbáceos	33.504,28	3,16	2. AGRÍCOLA	43.562,99	4,11
CHLscab	0,66	0,000062						
CHLrrab	0,76	0,000072						
CHLzrr	158,93	0,014983						
CHLzrm	1,30	0,000122						
CHLzsc	2,04	0,000193	203. Cultivos forzados	168,81	0,02			
LNfzsc	0,05	0,000005						
LOCfrr	6,49	0,000612						
PRDsc	193.830,76	18,272631						
PRDscab	1,15	0,000108	301. Prados	193.831,91	18,27			
PST	64.834,48	6,112014						
PSTpc	11.160,91	1,052150	302. Pastizal	90.064,96	8,49	3. GANADERO	638.242,47	60,17
PSTam	14.069,57	1,326354						
MTR	348.697,65	32,872095						
MTRpc	5.647,95	0,532438	303. Matorral	354.345,60	33,40			
EDFva	8.327,27	0,785020						
EDFem	1.911,14	0,180165						
EDFvd	174,45	0,016445						
EDFea	569,38	0,053676						
EDFvn	1.552,26	0,146333						
ZAU	2.674,06	0,252087	4__ Artificial	35.464,10	3,34	4. ARTIFICIAL	35.464,10	3,34
LAA	171,71	0,016187						
VAP	9.981,09	0,940927						
SNE	4.366,25	0,411611						
OCT	1.503,89	0,141773						
ZEV	4.232,60	0,399012						
SDN	3.967,12	0,373985						
SDNfc	498,25	0,046970	501. Suelo desnudo	5.032,19	0,47	5. SUELO DESNUDO, ZONAS QUEMADAS, ZONAS FUERTES	8.324,27	0,78
SDNze	566,83	0,053435						
ZQM	3.136,25	0,295657	502. Zonas quemadas	3.136,25	0,30			
PSTfc	56,28	0,005306	503. Cortafuegos	155,83	0,01			
MTRfc	99,55	0,009384						
FDCr	8.809,09	0,830442						
FDPrr	21,84	0,002059	601. Vegetación de ribera	9.617,22	0,91			
MTRrr	785,55	0,074055						
MTRpcfr	0,74	0,000070						
ACU	1.409,76	0,132899						
ALG	89,63	0,008449						
AEM	1.324,09	0,124824						
ALC	30,77	0,002900						
AES	1.479,11	0,139437	602. Agua y coberturas húmedas	5.005,21	0,47	6. OTRAS COBERTURAS	52.277,07	4,93
AMO	2,99	0,000282						
HPA	78,68	0,007417						
HTU	271,77	0,025620						
HMA	318,42	0,030017						
PDA	759,11	0,071562	603. Playas	759,11	0,07			
ACM	440,55	0,041531						
ARR	26.251,58	2,474764	604. Roquedos	36.895,54	3,48			
CCH	10.203,41	0,961886						
TOTAL*	1.060.770,99	100,00		1.060.770,99	100,00		1.060.770,99	100,00

Tabla 3.1. Distribución de coberturas y usos del suelo en Asturias según la interpretación del SIOSE (2005).

* La superficie total abarcada por el SIOSE difiere ligeramente de la superficie total de Asturias especificada en el apartado 2.1 debido a ligeras diferencias en los límites costeros

En el lado izquierdo de la *tabla 3.1* figuran las coberturas compuestas predefinidas, que en el caso de Asturias abarcan la mayor parte de los usos artificiales. Por su parte, en el lado derecho aparece el desglose de todas las coberturas simples, cuya información se solapa, en parte, con la aportada por las coberturas compuestas predefinidas.

La suma de todas las coberturas simples refleja la totalidad del territorio. Por este motivo, el porcentaje de uso artificial resultante de considerar las coberturas compuestas predefinidas difiere ligeramente del porcentaje de cobertura artificial neto representado por las coberturas simples artificiales.

Como se puede apreciar en función de las categorías establecidas, los usos objeto de estudio cubren más del 90% del territorio, distribuyéndose de la siguiente forma:

- 60 % uso ganadero
- 27 % uso forestal
- 4 % uso agrícola

Por su parte, las coberturas artificiales suponen un 3 % del territorio, mientras que las coberturas que no son objeto de estudio abarcan un 5 % de la superficie.

3.1.4 Obtención de los polígonos SIOSE y la tabla plana para la zona de trabajo

De forma similar al *apartado 3.1.3*, se generará la tabla plana ceñida a los municipios que constituyen el área de trabajo, a fin de poder estudiar las coberturas presentes en ella y su distribución.

Para ello, el primer paso será obtener únicamente los polígonos SIOSE incluidos dentro de la zona de estudio, algo que también servirá para tenerlos ya seleccionados de cara al posterior tratamiento de la información.

A través del software *ArcMap*, se obtiene por un lado un fichero que incluya únicamente los polígonos que van a entrar en el área de trabajo (los incluidos en los municipios de estudio más la zona de influencia), a fin de tenerlos ya seleccionados. Cabe tener en cuenta que los polígonos coincidentes con el borde del área de trabajo se cortan según esta línea, asumiendo que aunque se recorte la superficie del polígono, no se altera su composición interna. Se trata de polígonos con una distribución de las coberturas uniforme, por lo que es perfectamente asumible la consideración de que pese a tratar solo una parte de estos polígonos, su composición será similar a la del polígono completo del que proceden.

A partir de este proceso se selecciona la información correspondiente a los municipios objeto de estudio, lo que servirá para caracterizar esta zona antes de iniciar la reclasificación, y para posteriormente compararla con los resultados de usos potenciales que se deriven del trabajo.

Este proceso se lleva a cabo a través de la herramienta: *Analysis Tools* → *Overlay* → *Intersect*.

Una vez generados ambos ficheros, se observa como los municipios dentro de la zona de estudio están representados a través de 14.436 polígonos, mientras que en el área total de trabajo, con la zona de influencia incluida, el número de polígonos es de 20.312. También se puede apreciar como la zona de estudio contiene un total de 10.598 registros únicos, frente a los 27.133 del área de trabajo. Si se analizan las coberturas no presentes, de las 88 coberturas simples o compuestas predefinidas existentes en el Principado de Asturias, 14 no figuran en los municipios de estudio, por lo que se cuenta con un total de 74 coberturas. Cabe destacar que estas 14 coberturas, aunque se encuentran en alguna parte de la región, no son nada representativas de la misma (p. ej. viñedos o infraestructuras de producción de energía solar).

Análisis de las coberturas presentes en la zona de trabajo

A través de la tabla plana generada en el apartado anterior, se puede hacer un desglose similar al de la *tabla 3.1* y analizar la distribución de coberturas en función de la distribución de usos. Los resultados se muestran en la *tabla 3.3*.

Tal y como se puede observar, la zona escogida supone una buena muestra de la distribución de usos presentes en el Principado de Asturias, pese a presentar ligeras diferencias en algunas de las coberturas. Esto es algo totalmente inevitable, ya que es prácticamente imposible establecer un área reducida que presente la misma distribución de usos que el conjunto de toda Asturias. Comparando los datos de ambas tablas, podemos comparar el porcentaje de superficie ocupada por cada uno de los usos considerados (*tabla 3.2*).

	Principado de Asturias	Municipios de estudio
Forestal	26,67 %	29,08 %
Agrícola	4,11 %	7,69 %
Ganadero	60,17 %	53,15 %
Artificial	3,34 %	6,10 %
Suelo desnudo y zonas quemadas	0,78 %	0,27 %
Otras coberturas	4,93 %	3,72 %

Tabla 3.2. Comparación de la ocupación del suelo por categorías entre el total del Principado de Asturias y los municipios considerados para el trabajo.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

COBERTURAS COMPUESTAS PREDEFINIDAS			USO			
Identif.	Superficie		Identificación	Superficie		Identificación
	ha	%		ha	%	
UCS	255,33	1,33	401. Núcleos urbanos	2734,33	14,24	4. ARTIFICIAL
UEN	1729,78	9,01				
UDS	749,23	3,90				
UIER	1,48	0,01	402. Núcleos rurales	10413,29	54,22	19207,01
AAR	10411,82	54,21				
NRV	1947,52	10,14	403. Red Vial	1947,52	10,14	100,00
PAG	119,91	0,62				
PFT	18,23	0,09	404. Primaria agrícola ganadera	119,91	0,62	409. Equipamientos
NRF	302,93	1,58				
NPO	148,80	0,77	405. Primaria forestal	18,22	0,095	410. Industria y energético
NCO	170,45	0,89				
EAI	66,45	0,35	406. Red ferroviaria	302,93	1,58	411. Otros usos artificiales
ESN	42,92	0,22				
ECM	49,58	0,26	407. Otras vías de comunicación	148,80	0,77	554,19
EDU	227,54	1,18				
ERG	24,64	0,13	408. Comercio	170,45	0,89	2,88
EDP	221,43	1,15				
ECL	48,77	0,25				
ECG	169,95	0,88				
EPU	230,15	1,20				
NEL	16,78	0,09				
NTM	24,67	0,13				
NHD	1,34	0,01				
NGO	0,44	0,00				
IPO	520,36	2,71				
IPS	346,94	1,81				
IAS	805,40	4,19				
PMX	319,02	1,66				
PPS	8,56	0,04				
TPR	21,02	0,11				
TCH	23,82	0,12				
TCG	23,20	0,12				
NTC	3,63	0,02				
NVE	107,26	0,56				
NPT	2,35	0,01				
NDP	17,21	0,09				
NCC	28,10	0,15				
TOTAL	19207,01	10,14%	<i>del total de los municipios considerados</i>			

COBERTURA SIMPLES			USO			
Identif.	Superficie		Identificación	Superficie		Identificación
	ha	%		ha	%	
FDCpl	76,57	0,04041	101. Frondosa caducifolia de plantación	76,57	0,04	1. FORESTAL
FDPpl	8478,50	4,47498	102. Frondosa perennifolia de plantación	8478,50	4,47	
CNFpl	1834,34	0,96817	103. Coníferas de plantación	1834,34	0,97	
FDC	41679,94	21,99879	104. Frondosa caducifolia natural	41679,94	22,00	55090,62
FDP	1064,81	0,56201	105. Frondosa perennifolia natural	1064,81	0,56	
CNF	188,18	0,09932	106. Coníferas natural	188,18	0,10	29,08
MTRct	1139,44	0,60140	107. Matorral y pasizal procedente de cortas	1768,28	0,93	
PSTct	628,84	0,33190				2. AGRÍCOLA
LFNsc	6343,55	3,34814	201. Cultivos leñosos	6367,37	3,36	
LFNscab	0,70	0,00037				14564,43
LOCsc	23,12	0,01220	202. Cultivos herbáceos	8135,76	4,29	
CHLsc	8132,43	4,29232				7,69
CHLrr	1,99	0,01005	203. Cultivos forzados	61,30	0,03	
CHLm	0,95	0,00050				3. GANADERO
CHLscab	0,39	0,00021				
CHLzrr	59,08	0,03118				100698,05
CHLzsc	0,19	0,00010				
LOCzrr	1,98	0,01004				53,15
LFNzsc	0,05	0,00003	301. Prados	47541,61	25,09	
PRDsc	47540,46	25,09199				3. GANADERO
PRDecab	1,15	0,00061	302. Pastizal	15681,09	8,28	
PST	12189,43	6,43361				100698,05
PSTpc	2577,79	1,36056	303. Matorral	37475,35	19,78	
PSTam	913,88	0,48235				53,15
MTR	36868,71	19,45941				
MTRpc	606,64	0,32019				4. ARTIFICIAL
EDFva	2599,52	1,37204	4. Artificial	11561,67	6,10	
EDFem	623,97	0,32933				11561,67
EDFvd	83,57	0,04111				
EDFfa	213,86	0,11288				6,10
EDFfv	669,01	0,35111				
ZAU	1192,95	0,62964				5. SUELO DESNUDO Y ZONAS QUEMADAS
LAA	45,40	0,02396				
VAP	3233,50	1,70665				507,17
OCT	441,86	0,23321				
SNE	1443,60	0,76193				0,27
ZEV	1014,43	0,53542				
SDN	398,77	0,21047	501. Suelo desnudo	452,66	0,24	507,17
SDNze	53,89	0,02844	502. Zonas quemadas	42,27	0,02	
ZOM	42,27	0,02231				0,27
MTRfc	3,32	0,0175	503. Cortafuegos	12,24	0,01	
SDNfc	8,92	0,00471				6. OTRAS COBERTURAS
FDPfr	4,05	0,00214	601. Vegetación de ribera	2078,47	1,10	
FDCfr	1959,41	1,03418				7042,77
MTRfr	115,02	0,06071				
ACU	150,43	0,07940				3,72
ALG	3,83	0,00202	602. Agua y coberturas húmedas	1019,56	0,54	
AEM	228,88	0,12080				118,53
AES	317,61	0,16764				
AMO	202,00	0,10662				0,06
HPA	19,58	0,01033	603. Playas	118,53	0,06	
HMA	74,12	0,03912				3826,20
HTU	23,13	0,01221	604. Roquedos	3826,20	2,02	
PDA	118,53	0,06256				2,02
ACM	26,08	0,01377				
ARR	3252,13	1,71648				189,464,70
CCH	547,99	0,28923				
TOTAL*	189,464,70	100,00		189,464,70	100,00	189,464,70

Tabla 3.3. Distribución de coberturas y usos del suelo en los municipios de estudio según la interpretación del SIOSE (2005).

* La superficie total abarcada por el SIOSE dentro de los municipios considerados difiere ligeramente de la superficie especificada en el apartado 2.1 debido a ligeras diferencias en los límites costeros.

3.1.5 Obtención de los usos a partir de las coberturas SIOSE

El objetivo de esta reclasificación es asignarle a cada una de las 27.133 coberturas únicas presentes en el Principado de Asturias uno de los usos especificados en el *apartado 3.1.2*, en función de sus componentes. Así, se generará un nuevo campo en la tabla plana, donde se le irá asignando a cada tipo de cobertura el código de uso correspondiente.

La reclasificación se llevará a cabo en varios pasos. Así, en un primer lugar, se buscarán todos aquellos registros con una cobertura mayoritaria clara, asignándoles directamente el uso que les corresponda según esa cobertura. De forma adicional, en un segundo paso, se buscarán agrupaciones de coberturas pertenecientes a un mismo tipo de uso que respondan al mismo criterio, procediendo de igual modo. Una vez llevados a cabo los pasos anteriores, que pueden entenderse como una clasificación manual, las coberturas restantes que aún falten por reclasificar se tratarán a parte, aplicándoles un método estadístico, en este caso el discriminante lineal de *Fisher*. Éste, basándose en las coberturas ya clasificadas, asignará de manera automática el uso más adecuado a las coberturas que no hubiesen sido clasificadas.

Una vez finalizado el proceso descrito, todas las coberturas presentes en el Principado de Asturias tendrán asignado el código correspondiente a su uso.

Primera clasificación (manual)

Esta primera fase tiene como objetivo clasificar todos aquellos registros que contienen una cobertura simple o compuesta predefinida que suponga el 80 % o más de su totalidad.

Antes de iniciar esta reclasificación, hay que tener en cuenta algunos condicionantes que hacen que se tenga que seguir un cierto orden a la hora de analizar cada una de las coberturas. Así, dado que las coberturas compuestas predefinidas están formadas por coberturas simples, puede darse el caso de que un mismo registro presente duplicidad, es decir, puede contener más de un 80 % de ambos tipos de cobertura. Esto obliga a considerar en primer lugar todas las coberturas compuestas predefinidas, ya que su uso prevalece sobre el que se pueda derivar de las coberturas internas.

El proceso de reclasificación se llevará a cabo desde la propia tabla plana, utilizando el motor de consultas del *Microsoft Access*. Cabe tener en cuenta que todas las coberturas simples no artificiales y las coberturas compuestas predefinidas presentes están incluidas en alguna de las categorías en las que se quiere hacer la clasificación, según la distribución mostrada en las *tablas 3.1 y 3.3*.

Para proceder con la clasificación, se buscarán aquellas coberturas que cumplan las condiciones establecidas, asignándoles el código de uso correspondiente.

Para cada cobertura simple o compuesta predefinida, el número de registros clasificados fue el siguiente:

COBERTURAS COMPUESTAS PREDEFINIDAS (ARTIFICIAL)							
UCS	111	NAP	3	ECG	13	PPS	15
UEN	402	TCO	96	EPU	49	TPR	17
UDS	327	EAI	21	IPO	71	TCH	28
UER	1	ESN	31	IPS	58	TCG	43
AAR	4.488	ECM	48	IAS	341	NTC	8
NRV	219	EDU	171	NEO	9	NVE	16
PAG	150	EPN	2	NHD	9	NPT	6
PFT	18	ERG	15	NTM	6	NDP	23
NRF	86	ECL	39	NEL	15	NCC	13
NPO	28	EDP	193	PMX	143		
COBERTURAS SIMPLES							
Forestal		Ganadero		Suelo desnudo, zonas quemadas y cortafuegos		Otras coberturas	
FDCpl	15	PRDsc	1.225			FDCfr	77
FDPpl	152	PST	218			FDPfr	2
CNFpl	51	PSTpc	60	SDN	32	MTRfr	5
FDC	291	PSTam	48	SDNfc	11	ACU	9
FDP	58	MTR	677	SDNze	1	ALG	1
CNF	1	MTRpc	32	ZQM	16	AEM	1
MTRct	97	Artificial		PSTfc	2	ALC	2
PSTct	24	ZAU	5	MTRfc	5	AES	3
Agrícola		LAA	1			AMO	1
LFCsc	30	VAP	6			HPA	4
LFNrr	1	SNE	12			HTU	4
LVlsc	2	ZEV	20			HMA	2
LOCsc	3					PDA	19
LOCrr	1					ACM	12
CHLsc	70					ARR	27
CHLfzrr	6					CCH	36

Tabla 3.4. Número de registros en los que la cobertura simple o compuesta predefinida indicada supone el 80 % o más del total del polígono.

Una vez finalizada esta reclasificación, los resultados obtenidos son los siguientes:

Registros clasificados: 10.710

Registros pendientes de clasificar: 16.423

Segunda clasificación (manual)

Una vez finalizada la primera reclasificación, se buscará clasificar algunas de las coberturas restantes considerando la agrupación de varias coberturas simples o compuestas predefinidas. Así, se considerarán las sumas de coberturas que estén incluidas dentro de un mismo uso. De esta forma, todos los registros donde la citada suma cubra el 80 % o más del total, serán clasificados dentro de la categoría correspondiente.

El proceso a seguir será igual que en la reclasificación anterior, realizando la búsqueda de las coberturas que cumplan esta condición a través del motor de consultas de *Microsoft Access*.

Las agrupaciones de coberturas consideradas y el número de registros clasificadas se muestran en la siguiente tabla:

Agrupaciones consideradas	Registros	Categoría
Matorral y pastizal procedente de cortas	95	107
Todos los tipos de pastizal (excepto cortas)	28	302
Todos los tipos de matorral (excepto cortas)	11	303
Equipamientos	65	409
Industria y equipamientos energéticos	1	410
Áreas urbanas	2	401
Asentamientos rurales	1	402
Coberturas simples artificiales	32	411
Cortafuegos	3	503
Vegetación de ribera	100	601
Agua y coberturas húmedas	3	602
Roquedos	47	604

Tabla 3.5. Agrupaciones de coberturas consideradas, con el número de registros clasificados dentro de cada una de ellas.

También se tomaron en consideración otras agrupaciones en distintos usos, aunque al no cumplir la condición establecida, no figuran en la tabla anterior. Como resultado de este segundo proceso manual, se clasificaron un total de 388 registros.

Una vez finalizada esta reclasificación, los resultados obtenidos son los siguientes:

Registros clasificados: 11.098
Registros pendientes de clasificar: 16.035

Tercera clasificación (automática)

Una vez clasificados todos aquellos tipos de cobertura cuyo uso es consecuencia de tener una cobertura mayoritaria clara, quedan por reclasificar todos aquellos registros sin una cobertura claramente dominante. Debido a la gran cantidad de registros que aún quedan por clasificar, y dado que una reclasificación manual de los mismos podría considerarse subjetiva en función de las consideraciones que puedan tener en cuenta distintas personas, en este paso se opta por una reclasificación automática de todas las coberturas restantes.

Para ello se buscará un método estadístico adecuado, tal que, en función de las coberturas ya clasificadas, sea capaz de establecer unos criterios de clasificación que permitan asignar a los registros restantes el uso más adecuado en función de los criterios derivados de las ya clasificadas. En este caso, el método escogido es el discriminante lineal de *Fisher*.

Discriminante lineal de Fisher

Un análisis discriminante es un método de clasificación supervisada que tiene como objetivo asignar grupos ya conocidos a nuevas observaciones. Es decir, a partir de un grupo de observaciones de las cuales se conocen ciertas variables y el grupo al que pertenecen, el análisis discriminante se ocupa de describir, a partir de esas variables, los rasgos diferenciales entre los diferentes grupos. Su objetivo es el de encontrar funciones discriminantes o reglas de decisión cuyos valores en los distintos grupos estén lo más separados posible. Posteriormente, a partir de estas funciones, asigna a cada nueva observación un grupo concreto en función de sus variables, minimizando la tasa de error.

Entre los diferentes métodos de discriminación lineal existentes, el más conocido es la regla discriminante lineal de *Fisher (1936)*. Además, es un método que ofrece buenos resultados cuando las variables son muy heterogéneas, como es el caso que nos ocupa, donde las coberturas a reclasificar presentan una distribución de componentes muy variada.

Este método utiliza un criterio geométrico consistente en asignarle a las observaciones a clasificar el grupo más próximo, utilizando la distancia de Mahalanobis. Ésta distancia (*Mahalanobis, 1936*) supone una forma de determinar la similitud entre dos variables aleatorias multidimensionales, teniendo en cuenta la correlación entre ambas. Así, cuando existen varios grupos en los que poder clasificar una observación, el proceso operativo consiste en calcular la distancia de Mahalanobis de la nueva observación al centro de cada grupo, clasificando la observación en el grupo más cercano. El proceso se lleva a cabo mediante ecuaciones que hacen mínimas las distancias de Mahalanobis.

Procedimiento

La aplicación del discriminante lineal de *Fisher* a nuestros datos se hará a través del software estadístico *R Studio*, al cual le debemos de proporcionar los datos en formato de fichero de texto.

Así, el primer paso será generar dos tablas desde *Microsoft Access* que contengan por un lado los registros clasificados y por otro los no clasificados, para luego exportarlas como ficheros de texto. Cabe tener en cuenta que para la aplicación del discriminante lineal de *Fisher* sobre los datos a través del *R Studio*, es necesario que ninguna de las columnas tenga todos sus registros iguales a cero, por lo que habrá que hacer esta comprobación antes de exportar los datos. En este caso, las columnas correspondientes a las coberturas NSL (Infraestructura de producción de energía solar), CHLrn (Cultivos herbáceos diferentes del arroz, de regadío no regado) y MTRpcfr (Matorral procedente de cultivo y de formación de ribera) en la tabla de coberturas ya clasificadas, no tienen ningún registro diferente de cero, por lo que se eliminan antes de ser exportadas como fichero de texto.

Para poder añadir fácilmente el resultado de la reclasificación automática a cada uno de los registros no clasificados, también se exporta la tabla con estos registros a formato *Microsoft Excel*.

Una vez que se tienen los datos en dos ficheros de texto, los cargamos en el *R Studio* para aplicarles el discriminante lineal de *Fisher*. Una vez cargados, vemos que el fichero 'Clasificados' cuenta con 11.098 registros y 108 columnas, mientras que el fichero 'NoClasificados' tiene 16.035 registros y 111 columnas. Con los datos ya disponibles, los comandos para realizar el cálculo son los siguientes:

1. El primer paso será eliminar de cada uno de los ficheros la primera columna, referida al ID de cada registro, para que este número no se tenga en cuenta en el cálculo. Para ello, le indicamos al programa que dentro de cada fichero se quede con todas las columnas menos con la primera, a través de las siguientes instrucciones:

```
> Clasificados<-Clasificados[,2:108]
```

```
> NoClasificados<-NoClasificados[,2:111]
```

2. Después, se aplica el discriminante lineal de *Fisher* a los datos ya clasificados, haciendo uso de la función '*lda*', que es el nombre con el que se aplica el discriminante dentro del programa. La instrucción será la siguiente:

```
> lda.clasif<-lda(Cod_Reclas=., data=Clasificados)
```

Esta instrucción enviada al programa genera un clasificador de nombre '*lda.clasif*', que resulte de aplicar el discriminante lineal de *Fisher* sobre el fichero de datos ya clasificados. El campo que guarda todas las posibles clases tiene de nombre '*Cod_Reclas*'.

3. Una vez generado el clasificador correspondiente, se aplica a los datos que se quieren, mediante la instrucción:

```
> prediccion<-predict(lda.clasif, newdata=NoClasificados)$class
```

Con esta instrucción, el programa genera un vector de nombre 'prediccion' donde guardará la predicción hecha para cada uno de los 16.035 registros no clasificados. Esta predicción es el resultado de aplicar el clasificador 'lda.clasif' a los datos no clasificados.

Para generar una matriz que incluya la estimación que el clasificador hace para que una observación sea incluida en uno u otro grupo, ejecutamos la instrucción:

```
> prob_pred<-predict(lda.clasif, newdata=NoClasificados)$posterior
```

Se genera es una matriz de nombre 'prob_pred', que para cada registro incluye la probabilidad de haber sido incluido en una u otra clase.

4. Para extraer la predicción a un formato externo que pueda ser leído a través de *Microsoft Excel*, como por ejemplo un fichero de tipo *csv*, se ejecuta la siguiente instrucción:

```
> write.csv(prediccion, file = "pred.csv", row.names = FALSE)
```

Tras ejecutarla, se guarda en el directorio correspondiente el fichero que contiene la clasificación en formato *csv*.

De la misma forma, otro fichero guarda las probabilidades que ha utilizado el clasificador para decidir el grupo asignado a cada registro.

Con los resultados de la clasificación disponibles en formato *Microsoft Excel*, no hay más que incluirlos en la tabla correspondiente generada con anterioridad. Una vez añadido a cada registro su código de uso correspondiente, si importa esta tabla desde *Microsoft Access* para unirlos a la tabla de los registros ya clasificados manualmente.

Una vez unidas, se obtiene el resultado final de la clasificación, de manera que los 27.133 registros quedan asociados a un código de uso en función de la clasificación.

Resultados

De los 16.035 registros a clasificar en 31 categorías a través del discriminante lineal de *Fisher*, ésta fue la distribución de todos ellos en función del uso al que fueron asignados:

101	16	202	319	404	39	501	107
102	772	203	8	405	3	502	30
103	425	301	4.892	406	1	503	10
104	2.297	302	1.148	407	0	601	246
105	209	303	4.056	408	18	602	36
106	3	401	72	409	51	603	20
107	401	402	210	410	46	604	404
201	96	403	8	411	92		

Tabla 3.6. Número de registros clasificados dentro de cada categoría considerada en la primera reclasificación automática.

Análisis de resultados

Una vez que se dispone de todas las coberturas reclasificadas, pasaremos a analizar los resultados obtenidos, a fin de sacar las conclusiones necesarias acerca de la bondad del método de reclasificación, para poder estimar si los resultados ofrecidos son aceptables.

La valoración de la capacidad predictiva del método, podría hacerse de forma matemática estimando el porcentaje de acierto del clasificador sobre las coberturas que ya habían sido clasificadas manualmente, pero dado que éstas coberturas fueron clasificadas debido a su evidente pertenencia a cada categoría, no tendría sentido realizar esta comprobación, ya que el porcentaje de acierto sería muy elevado y no reflejaría la realidad de los resultados obtenidos. Por ello, se realizan ciertas comprobaciones sobre los propios datos una vez clasificados, a fin de detectar y analizar posibles errores.

Comprobación desde la tabla plana

Una primera comprobación a simple vista se puede hacer analizando la tabla plana, comparando la composición de cada cobertura con el uso asignado de forma estadística. Con esta primera comprobación, podemos observar que algunas coberturas como matorral o prados han tenido un peso muy fuerte en la reclasificación. Tal y como se puede intuir viendo los resultados mostrados en la *tabla 3.6*, los registros con cierta presencia de alguna de estas coberturas han sido clasificadas bien como 'Prados' (cat.301) o bien como 'Matorral' (cat.303), en la gran mayoría de los casos de forma totalmente lógica, pero en otros casos infravalorando el peso de otras coberturas que podrían hacer que el uso a considerar tuviese que ser otro.

Para analizar de forma más detallada los resultados obtenidos, se utiliza el motor de consultas de *Microsoft Access* para saber si existen registros que no tengan ningún porcentaje de prados, pero que hayan sido clasificadas como tal. Se comprueba cómo existen algunos registros que cumplen esta condición, ocurriendo lo mismo en el caso del matorral.

Este dato es un claro indicador de que la clasificación no ha sido del todo acertada, quedando contrastado que se ha exagerado el peso de los prados y el matorral.

Análisis de las probabilidades ofrecidas por el clasificador

Otra vía para sacar conclusiones acerca de la bondad de los resultados es la de analizar las probabilidades ofrecidas por el propio clasificador para cada una de las observaciones clasificadas. Se observa que se han clasificado un total de 15.354 registros (más de un 95 % del total) con una probabilidad del 100 %, algo totalmente ilógico. Además, se puede comprobar cómo algunas de las variables clasificadas con la máxima probabilidad se corresponden a algunas de las coberturas citadas en el apartado anterior, por lo que queda en evidencia que el método no ha funcionado bien, ya que clasifica inequívocamente algunas coberturas de forma errónea.

Es decir, el proceso no ha permitido distinguir entre las diferentes categorías definidas, tal y como se pretendía. Esto se debe, muy probablemente, a que los datos facilitados no hayan sido suficientes para que el método estableciese de forma correcta los criterios de distinción oportunos entre ellas. Esto se entiende que es debido al fuerte contraste existente entre la evidencia en cuanto al uso asignado en los registros utilizados para generar el clasificador y la gran diversidad de coberturas presentes en los registros a clasificar.

Comprobación gráfica

Por último, se analizan los resultados de forma gráfica, dibujando todos los polígonos en *ArcMap* y asignándole a cada una de las categorías generales de reclasificación un color diferente, excepto la de uso ganadero, que debido al gran porcentaje de ocupación que representa, se dibujará según sus subcategorías. Así, obtenemos el primer resultado gráfico de esta reclasificación, con todos los polígonos agrupados según su uso, como se aprecia en la *figura 3.1*.

Además, este mapa permite realizar una nueva comprobación, comparándolo con la representación de los usos del suelo a escala 1:250.000 realizada a partir de la interpretación de las coberturas del SIOSE 2005 y presentada como *póster en el XIV Congreso de la Asociación Española de Teledetección AET (Colina A., Fernández C., Fernández M., Finat A. y Álvarez M.A.)*³. En este mapa se representan todas las coberturas del Principado de Asturias según otros criterios de reclasificación, que si bien no son los mismos a los utilizados en este trabajo, sí que sirven para hacer una comprobación visual entre ambos y buscar grandes diferencias a la hora de representar algunos de los usos mayoritarios.

Contrastando ambos mapas, se pone de manifiesto lo ya comprobado anteriormente, y es que la categoría de uso ganadero, donde se incluyen prados y matorral, ocupa muchas de las zonas que deberían de estar ocupadas por cultivos. Es decir, la clasificación automática ha sobrevalorado el uso ganadero en detrimento del uso agrícola.

³ La presentación de la comunicación en el Congreso se realizó mediante un póster, permitiendo la representación de los usos del suelo a escala 1:250.000, frente a la escala 1:1.125.000 utilizada para la edición del libro con las comunicaciones presentadas al Congreso. Así, el póster permite mostrar una interpretación más detallada de los usos del suelo de Asturias que la que aparece en la comunicación publicada, a la que se hace referencia en la bibliografía.

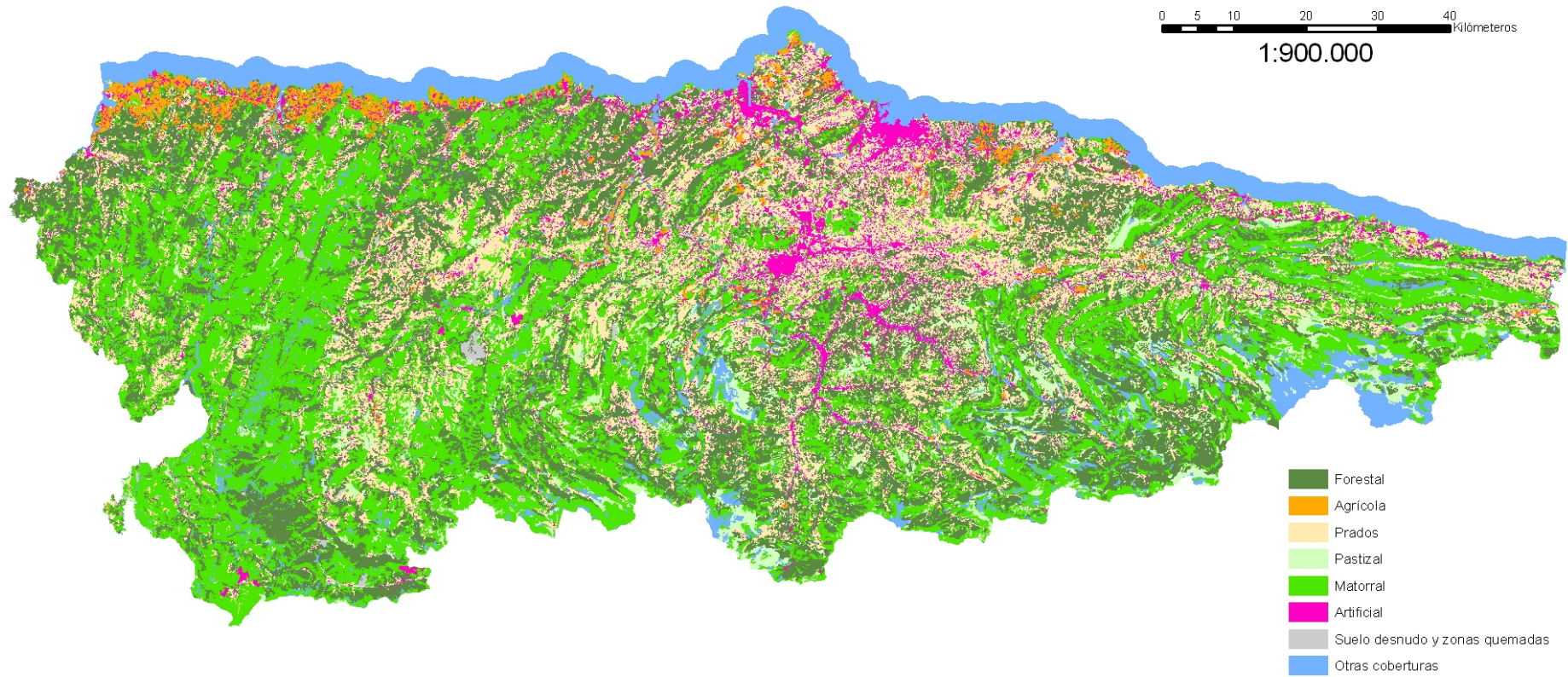


Figura 3.1. Representación gráfica de la distribución de usos obtenida tras la primera clasificación de todos los registros.

Conclusiones a los resultados

Tal y como ha quedado comprobado, los resultados de esta primera clasificación automática no han sido del todo satisfactorios, ya que el peso de los usos de tipo ganadero ha sido sobrevalorado, llevando hacia esa categoría coberturas que deberían de haber sido clasificadas bajo otro tipo de uso e incluso registros que no contienen componentes para esos usos.

Se entiende que este error puede ser debido a que gran parte de las coberturas que habían sido clasificadas manualmente y que no pertenecen a ningún uso artificial pertenecen a las categorías de prados o matorral (1.934 de un total de 3.334 registros). De esta manera, a la hora de generar el clasificador en función de los datos ya clasificados, estas dos categorías adquieren un peso muy por encima del que en realidad les debería de corresponder, haciendo que muchas coberturas se clasifiquen automáticamente dentro de ellas, sin tener en cuenta el peso de otras componentes.

Como solución para subsanar este error, se ampliará el número de categorías de reclasificación, generando nuevas categorías de agrupación que permitan ampliar la distinción entre las diferentes coberturas. Gracias a estas nuevas categorías, por un lado se conseguirá dotar de una categoría propia a muchas coberturas que con las categorías existentes hasta ahora quedaban indefinidas, y por otro se conseguirá ampliar el número de coberturas clasificadas manualmente, lo que permitirá mejorar el clasificador automático, que a su vez tendrá menos registros que clasificar. Además, no habrá tanta diferencia de complejidad entre lo clasificado y lo no clasificado.

Así, esta decisión dará lugar a dos nuevos pasos en la reclasificación, ya que primero se clasificarán manualmente todos los tipos de cobertura del suelo que pertenezcan de forma inequívoca a alguna de las nuevas categorías que se definan, y posteriormente se realizará una nueva clasificación automática para asignarle una categoría a todas las coberturas restantes.

Cuarta clasificación (manual)

El primer paso dentro de esta nueva clasificación será el de definir las nuevas categorías en las que queremos incluir algunos de los 16.035 registros que no fueron clasificados manualmente tras la segunda clasificación.

Lo que se busca es agrupar coberturas que estén dentro del mismo uso general, y que en la clasificación anterior no hubiesen sido tomadas en cuenta. Cabe destacar que esta nueva reclasificación se hará partiendo de las coberturas ya clasificadas en la segunda clasificación, por lo que ahora solo serán susceptibles de clasificación aquellas que no hayan sido clasificadas bajo las consideraciones previas. Al igual que antes, se usa el criterio del 80 % para determinar una presencia mayoritaria de coberturas.

Así, las nuevas categorías definidas son las siguientes:

FORESTAL

- **108. Forestal de plantación:** se incluirán todas aquellas coberturas que sumen un 80 % o más de arbolado forestal de plantación.
- **109. Forestal natural:** se incluirán todas aquellas coberturas que sumen un 80 % o más de arbolado forestal natural.
- **110. Arbolado forestal:** se incluirán todas aquellas coberturas que sumen un 80 % o más de arbolado forestal.
- **111. Mosaico forestal:** se incluirán todas aquellas coberturas que sumen un 80 % o más entre todas las coberturas simples consideradas de uso forestal.

AGRÍCOLA

- **204. Cultivos:** se incluirán todas aquellas coberturas cuyos cultivos de todo tipo sumen un 80 % o más.
- **205. Mosaico agrícola de cultivo:** se incluirán todas aquellas coberturas que sumen un 80 % o más entre prados y cultivos, siempre y cuando más del 50 % de la cobertura sea de cultivo.

GANADERO

- **304. Mosaico agrario de prados:** se incluirán todas aquellas coberturas que sumen un 80 % o más entre prados y cultivos, siempre y cuando el 50 % o más de la cobertura sea de prados.
- **305. Matorral y pastizal:** se incluirán todas aquellas coberturas que sumen un 80 % o más entre matorral y pastizal.
- **306. Prados y pastizal:** se incluirán todas aquellas coberturas que sumen un 80 % o más entre prados y pastizal.

ARTIFICIAL

- **412. Mosaico artificial:** se incluirán aquellas con un 80 % o más de componentes artificiales.

Procedimiento

Siguiendo los criterios establecidos en el paso anterior, a través del motor de consultas de *Microsoft Access*, se buscarán todos los tipos de cobertura que cumplan con estos criterios y se clasificarán según la categoría correspondiente.

A continuación, se muestra una tabla resumen exponiendo cuantas coberturas fueron clasificadas dentro de cada categoría:

Cod.	Registros	Cod.	Registros
108	92	205	319
109	107	304	1081
110	503	305	1404
111	435	306	939
204	73	412	368

Tabla 3.7. Número de registros clasificados dentro de cada nueva categoría en la cuarta clasificación.

Resultados

Una vez finalizada esta reclasificación, los resultados obtenidos son los siguientes:

Registros clasificados:	16.419
Registros pendientes de clasificar:	10.714

Es decir, como resultado de esta segunda reclasificación manual, se clasificaron un total de 5.321 registros.

Así, de cara a la reclasificación automática, el método tendrá muchos más registros que antes para fabricar el clasificador, mientras que los registros a clasificar son muchos menos.

Quinta clasificación (automática)

El objetivo de esta reclasificación es volver a aplicar el discriminante lineal de *Fisher*, ésta vez sobre los 10.714 que aún quedan sin clasificar una vez realizado el paso anterior.

Procedimiento

El procedimiento a seguir es exactamente igual que en la anterior reclasificación automática, con la única salvedad de que en este caso el número de registros a clasificar es menor, y el número de categorías en las que clasificar es mayor.

Sin embargo, el proceso y las instrucciones dentro de *R Studio* son las mismas, obteniendo como resultado un vector que incluye la categoría asignada a cada uno de los 10.714 registros que se quieren clasificar.

Resultados

De los 10.714 registros a clasificar en 41 categorías a través del discriminante lineal de *Fisher*, esta fue la distribución de todos ellos en función del uso al que fueron asignados:

101	12	201	11	306	1.269	410	13
102	214	202	39	401	4	411	72
103	132	203	2	402	4	412	28
104	1.216	204	6	403	4	501	111
105	71	205	217	404	29	502	30
106	0	301	744	405	2	503	10
107	35	302	152	406	1	601	247
108	174	303	1.182	407	0	602	35
109	260	304	1.036	408	5	603	20
110	970	305	1.714	409	11	604	365
111	267						

Tabla 3.8. Número de registros clasificados dentro de cada categoría considerada en la segunda reclasificación automática.

Análisis de resultados

Al igual que después de la anterior reclasificación automática, se pasa a analizar y comprobar la bondad de los resultados obtenidos.

Comprobación desde la tabla plana

Realizando una primera comprobación desde la tabla plana, se observa que la distribución de categorías ha sido aceptable. Como ya se puede deducir de los resultados mostrados en la *tabla 3.8*, las nuevas categorías en las que se han incluido coberturas con prados y matorral han logrado eliminar la tendencia a sobrevalorar estas coberturas de forma individual, distribuyendo aquellas coberturas donde están presentes de forma importante hacia las nuevas categorías generadas.

Al igual que antes, se emplea el motor de consultas de *Microsoft Access* para analizar más detalladamente los resultados, buscando posibles errores en la reclasificación automática. En este caso se puede comprobar cómo no hay ninguna categoría en la que se hayan incluido coberturas sin presencia de alguno de los componentes que la definen, como ocurría tras la anterior reclasificación automática.

Análisis de las probabilidades ofrecidas por el clasificador

Analizando las probabilidades ofrecidas por el clasificador para cada una de las observaciones, se aprecia como en este caso han sido 6.285 los registros clasificados con un 100 % de probabilidad estimada (el 59 % del total).

Es decir, se entiende que en este caso el método disponía de mejores criterios para la distinción entre clases, ya que no ha clasificado de forma inequívoca tantos registros como en el caso anterior.

En el lado opuesto, se comprueba que un total de 95 registros han sido asignados a una clase con menos del 50 % de probabilidad. Dado que se supone que estos son los registros cuya clasificación es menos fiable, se comprueban manualmente, observándose que la clase a la que han sido asignados responde a la que cabía esperar.

Comprobación gráfica

Dibujando en *ArcMap* todos los polígonos (*figura 3.2*) y comparándolos con la representación de los usos del suelo a escala 1:250.000 realizada a partir de la interpretación de las coberturas del SIOSE 2005, se aprecia como las diferencias apreciadas en la clasificación anterior han quedado subsanadas, y la distribución de usos va en la misma línea.

Conclusiones a los resultados

Tras las comprobaciones anteriores, se entiende que esta última reclasificación automática ha ofrecido buenos resultados, no presenta errores y ha distribuido las categorías de la forma más lógica posible, incluso en aquellas coberturas formadas por diversos componentes.

Así, se da por buena esta reclasificación de cara al trabajo, por lo que su resultado será tomado como la distribución actual de usos del suelo según la clasificación, que agrupa todos los polígonos en seis categorías generales, distinguiendo dentro de ellas hasta un total de 41 subcategorías.

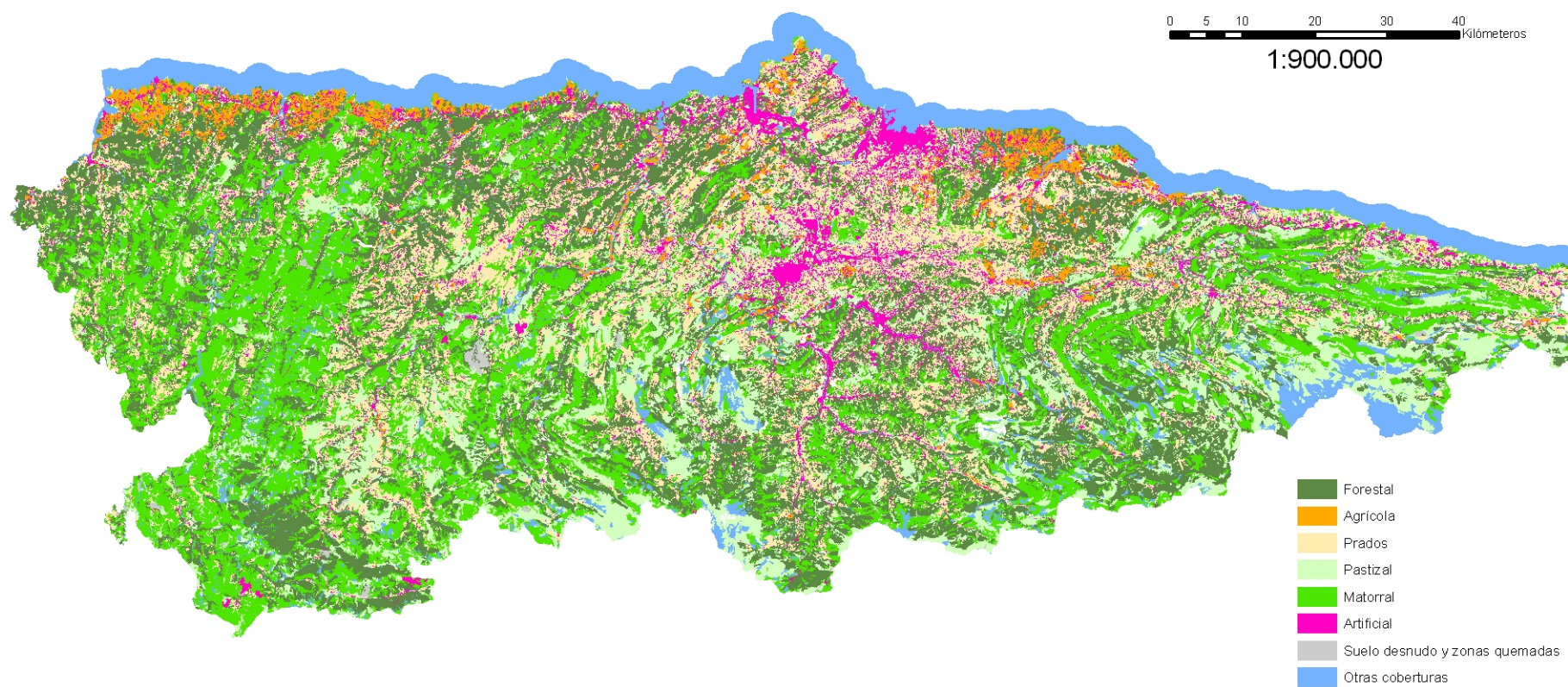


Figura 3.2. Representación gráfica de la distribución de usos obtenida tras la clasificación definitiva de todos los registros.

3.2 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno. Ciñéndose a los formatos digitales, los MDE pueden ser vectoriales o *raster*. Los modelos vectoriales están basados en entidades (básicamente puntos y líneas) definidas por sus coordenadas, mientras que en los modelos *raster*, los datos se interpretan como el valor medio de unidades elementales de superficie no nula que teselan el terreno con una distribución regular, sin solapamiento y con recubrimiento total del área representada.

En este trabajo se empleará un MDE *raster* matricial, es decir, una estructura matricial resultante de superponer una malla regular sobre el terreno y extraer la altitud media de cada celda, obteniendo como resultado final un mapa digital formado por celdas, donde el valor de cada una representa la altitud de la porción de terreno a la que se corresponden. Cuanto más pequeño sea el tamaño del píxel, más preciso será el MDE.

Para este trabajo se empleó un MDE del Principado de Asturias con un tamaño de píxel de 5 metros, perfectamente revisado, por lo que no se considerará ningún posible error en esta fuente de datos.

Junto con el SIOSE, este MDE es la otra fuente de datos fundamental dentro de este trabajo, ya que a partir de él se generarán los modelos derivados de pendientes, orientaciones y rugosidad, además de aportar el propio dato de la altitud.

El gradiente topográfico

Antes de abordar la generación de los modelos derivados del MDE, cabe explicar lo que es el gradiente topográfico, ya que el cálculo de dichos modelos se basa en este concepto.

Considerando que dentro de un MDE los cambios de altitud en el entorno de un punto pueden ser descritos mediante un plano de ajuste centrado en el mismo, cuya expresión es:

$$z = a_{00} + a_{10} \cdot X + a_{01} \cdot Y$$

El par de valores formado por los coeficientes a_{10} y a_{01} es denominado gradiente topográfico. Estos coeficientes representan la tasa de cambio de la altitud sobre los ejes X (columnas) e Y (filas), es decir, representan las derivadas primeras de la altitud con respecto a estos ejes:

$$a_{10} = \frac{\partial z}{\partial x} ; a_{01} = \frac{\partial z}{\partial y}$$

Estos coeficientes pueden representarse mediante vectores definidos por los valores de las componentes para el eje X, eje Y y eje Z:

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} \partial x \\ 0 \\ \partial z \end{bmatrix} ; \vec{w} = \begin{bmatrix} 0 \\ \partial y \\ \partial z \end{bmatrix}$$

El vector gradiente será el producto vectorial de los dos vectores anteriores, que da como resultado un vector perpendicular al plano que los contiene, y por lo tanto, a la superficie topográfica a la cual se ajusta. Haciendo este producto vectorial, el vector gradiente quedará definido en función de los coeficientes a_{10} y a_{01} :

$$\vec{P} = \vec{v} \times \vec{w} = \begin{bmatrix} -\partial z \cdot \partial y \\ -\partial x \cdot \partial z \\ -\partial x \cdot \partial y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\partial z / \partial x \\ -\partial z / \partial y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_{10} \\ -a_{01} \\ 1 \end{bmatrix}$$

En las aplicaciones sobre MDE matriciales, las estimaciones de los coeficientes del gradiente se realizan mediante operadores que se aplican sobre un entorno definido alrededor del punto considerado. Así, para un punto situado en la *fila i*, *columna j*, donde *d* sea la distancia entre filas y columnas (tamaño de píxel), los valores se calculan a partir de los cambios de altitud entre puntos vecinos. La opción más simple utiliza las siguientes expresiones:

$$a_{10} = \frac{z_{i,j+1} - z_{i,j-1}}{2 \cdot d} ; a_{01} = \frac{z_{i-1,j} - z_{i+1,j}}{2 \cdot d}$$

Sin embargo, lo más habitual es calcular estos coeficientes mediante operadores de dimensión 3x3, como el empleado por el software *ArcMap*, con el que realizaremos nuestros cálculos (*Burrough, P. A. y McDonell, R.A., 1998*). Las expresiones de este operador, para cada punto (*i, j*) considerado, son las siguientes:

$$a_{10} = \frac{(z_{i-1,j+1} + 2 \cdot z_{i,j+1} + z_{i+1,j+1}) - (z_{i-1,j-1} + 2 \cdot z_{i,j-1} + z_{i+1,j-1})}{8 \cdot d}$$

$$a_{01} = \frac{(z_{i+1,j-1} + 2 \cdot z_{i+1,j} + z_{i+1,j+1}) - (z_{i-1,j-1} + 2 \cdot z_{i-1,j} + z_{i-1,j+1})}{8 \cdot d}$$

3.2.1 Obtención del MDE del área de trabajo

De cara al objetivo marcado, interesa únicamente disponer de los datos necesarios referidos al área de trabajo, por lo que el primer paso será cortar el MDE del Principado de Asturias según el contorno de éste área que ya tenemos generado, y que incluye los municipios a los que se refiere el estudio junto con su zona de influencia.

Para ello, a través de *ArcMap*, utilizando la herramienta *Spatial Analysis Tools* → *Extraction* → *Extract by mask*, extraemos la parte del fichero *raster* del MDE correspondiente al área de trabajo.

Una vez generado, se observa que el área de trabajo oscila entre una altura mínima de -3,9 metros y una altura máxima de 2.142,01 metros. Pese a que pueda parecer erróneo el valor negativo en la cota mínima, se comprobó su ubicación contrastándola con el *Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000*, comprobando que se trata de una cantera cercana a la costa donde la excavación del terreno ha llegado a cotas por debajo del nivel del mar.

3.2.2 Obtención del Modelo Digital de Pendientes

El Modelo Digital de Pendientes es un modelo derivado del MDE que ofrece como resultado la pendiente (en grados o tanto por ciento) de cada una de las celdas.

La pendiente en un punto del terreno se define como el ángulo existente entre el vector gradiente en ese punto y el eje vertical. En el tratamiento de modelos matriciales, la pendiente para cada punto se calcula según la siguiente expresión:

$$\gamma = \tan^{-1} \sqrt{a_{10}^2 + a_{01}^2}$$

Este cálculo está implementado en *ArcMap* a través de la herramienta *Spatial Analyst Tools* → *Surface* → *Slope*, que genera un mapa de pendientes del área de trabajo a partir del MDE correspondiente.

Como resultado se obtiene un modelo *raster* donde el valor de cada una de las celdas se corresponde con su pendiente. En nuestro caso hemos elegido tratar las pendientes en tanto por ciento, obteniendo valores que oscilan entre 0 % y 1.733,56 %.

3.2.3 Obtención del Modelo Digital de Orientaciones

El Modelo Digital de Orientaciones es otro modelo derivado del MDE que ofrece como resultado la orientación de cada una de las celdas. Es decir, indica hacia qué dirección está orientada cada una, tomando valores entre 0° y 360°, siendo 0° el Norte, 90° en Este, 180° el Sur y 270° en Oeste.

La orientación en un punto del terreno se define como el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector gradiente. En el tratamiento de modelos matriciales, la orientación para cada punto se calcula según la siguiente expresión:

$$\phi = \tan^{-1}(a_{10} / a_{01})$$

Este cálculo está implementado en *ArcMap* a través de la herramienta *Spatial Analyst Tools* → *Surface* → *Aspect*, que genera un mapa de pendientes del área de trabajo a partir del MDE correspondiente.

Como resultado se obtiene un modelo *raster* donde el valor de cada una de las celdas se corresponde con su orientación en grados con respecto al Norte.

3.2.4 Obtención del Modelo Digital de Rugosidad

La rugosidad del terreno da una idea de la variabilidad de la superficie, siendo mayor cuanto mayor variabilidad presente la pendiente. Sin embargo, a diferencia de los modelos anteriores, para la rugosidad no existe ningún criterio uniforme para llevar a cabo su medida, existiendo numerosas propuestas de diversos autores. Debido a esto, su cálculo no está implementado directamente en algunos de los software GIS más habituales, como es el caso de *ArcMap*. Así, es necesario utilizar alguna herramienta elaborada por desarrolladores externos para poder realizar el cálculo de la rugosidad.

De los diversos índices de rugosidad existentes, en este trabajo se ha utilizado el denominado *TRI* (*Terrain Ruggedness Index*) propuesto por *Riley, DeGloria y Elliot (1999)*. Este método se basa en la consideración, para cada celda del MDE, de su elevación y la de sus ocho celdas contiguas. Teniendo en cuenta que la diferencia entre la altitud de la celda considerada y la de cada una de sus celdas adyacentes es un indicador de la pendiente en ese punto, el índice de rugosidad TRI para cada celda se obtiene como resultado de evaluar las ocho diferencias de altitud entre la celda considerada y sus celdas vecinas. Así, considerando una celda situada en la *fila x*, *columna y*, la expresión para obtener su índice de rugosidad será:

$$TRI_{x,y} = \sqrt{\sum_{i=x-1}^{x+1} \sum_{j=y-1}^{y+1} (z_{i,j} - z_{x,y})^2}$$

Como se observa, el índice obtenido es el resultado de una medida de dispersión entre la elevación de la celda central y la de sus celdas vecinas. La unidad de medida del valor obtenido como índice de rugosidad será la misma que la del MDE de partida, que en este caso serán metros. Así, la rugosidad quedará expresada como metros de diferencia de altitud entre puntos separados 5 metros entre sí (dado que 5 metros es el tamaño de píxel del MDE).

Para obtener el Modelo Digital de Rugosidad, se recurrió a un *script* en formato *AML* (*Arc Macro Language*) ejecutado en *ArcInfo Workstation*⁴, utilizando como fichero de entrada el MDE de nuestra área de trabajo.

Como resultado se obtiene un modelo *raster* donde el valor de cada una de las celdas se corresponde con su rugosidad, oscilando los valores obtenidos entre 0 y 212,87 metros.

3.3 CARTOGRAFÍA CATASTRAL

Otra de las fuentes de datos para el trabajo es la cartografía catastral del Principado de Asturias, que contiene los límites catastrales de rústica de la región. Esta información será útil para poder asignar a cada polígono SIOSE un índice de parcelación en función del número de parcelas por hectárea que contenga, el cual determinará a su vez la mayor o menor dificultad para llevar a cabo un aprovechamiento productivo (cuanto menor sea el número de parcelas por hectárea, más facilidad habrá para llevar a cabo actividades productivas).

La cartografía catastral disponible se encuentra dividida por municipios, abarcando un total de 458.854 parcelas para el área de trabajo.

Para cruzar la información catastral con los polígonos SIOSE se emplea la herramienta *Analysis Tools* → *Overlay* → *Intersect*, que permite cruzar información de dos capas de polígonos dentro de su espacio común. Se obtiene como resultado una tercera capa que contiene los datos de las dos capas iniciales, segmentando los polígonos según se solapen. De cara al trabajo se cruza la capa de usos del suelo con la de la parcelación, de manera que cada polígono de usos del suelo se divide en tantos polígonos como parcelas contenga. Ésta operación permite conocer el número de parcelas que hay en cada polígono, así como realizar otros cálculos vinculados con la caracterización del parcelario de los usos (superficie media de parcela, superficie máxima o mínima, etc.).

⁴ Este *script* está facilitado por ESRI: <http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=12435>

La aplicación de esta herramienta se realiza de forma individualizada para cada municipio, obteniendo resultados municipales que luego se unirán para analizar la totalidad de los polígonos de usos del suelo. La unión de la información resultante se realiza a través del tratamiento de la información con *Microsoft Access*. Una vez obtenida la información a nivel municipal, se genera una tabla donde poder volcar los datos relativos a la identificación de cada polígono, su superficie y el código de uso. Sobre esta estructura se realizan las consultas necesarias para obtener, de cada polígono, el número de parcelas, la superficie de las parcelas mayor y menor, la superficie media de parcela, etc.

Una vez conocidos todos los datos anteriores, se genera un 'Índice de parcelación' para cada polígono, que se obtendrá tras dividir el número de parcelas que contiene por su superficie, obteniendo un resultado que expresa el número de parcelas por hectárea del polígono.

Como resultado se obtienen valores que oscilan entre las 0,0079 y las 82,20 parcelas por hectárea, con un valor medio de 3,41.

Agrupando los polígonos según los tres usos objeto de estudio, los resultados de parcelación son los que se muestran en la siguiente tabla.

USO	Superficie media por parcela (m ²)	Numero medio de parcelas por polígono	Parcelas por hectárea
Forestal	3.733	65,1	4,9
Agrícola	3.761	62,1	4,4
Ganadero	Prados	26.078	17,3
	Matorral	10.762	57,8

Tabla 3.9. Relación entre parcelas y superficie dentro de cada uso.

3.4 CARTOGRAFÍA DE CARRETERAS

A través de la cartografía de todas las vías de comunicación presentes en Asturias se puede estudiar la mayor o menor accesibilidad de cada zona.

La base cartográfica disponible incluye todos los niveles de vías de comunicación, desde las autopistas hasta los caminos sin asfaltar. Sin embargo, de cara al trabajo, solo serán de interés las vías asfaltadas, a excepción de las autopistas y autovías. Cabe hacer esta distinción, ya que las autopistas y autovías, no solo no implican una accesibilidad directa a sus zonas adyacentes, sino que suponen una barrera que impide la comunicación directa entre sus extremos laterales.

Por los motivos expuestos, de la cartografía disponible se eliminarán todas las capas correspondientes a autopistas, autovías, caminos sin asfaltar y senderos.

Una vez hecha la depuración de la base cartográfica se obtienen únicamente las carreteras de interés, se realiza el corte del mismo según el área de trabajo, obteniendo como resultado el mapa de carreteras asfaltadas correspondiente.

3.5 MAPA DE POTENCIALIDAD EDÁFICA

Conociendo la potencialidad edáfica de los suelos, se estimará la mejor o peor disposición de cada tipo de suelo a la hora de poder evolucionar hacia otro uso.

El mapa disponible procede del trabajo *'Zonificación del Suelo No Urbanizable de Principado de Asturias'*, elaborado por el INDUROT para el Principado de Asturias en 2001. Tal y como se señala en la documentación de dicho proyecto, la capa se elaboró a partir de la información litológica, de recubrimientos superficiales, de roquedos y la pendiente.

De cara a este trabajo se han diferenciado diez clases en las que no se tiene en cuenta la pendiente, que ya se recoge de forma específica como otra variable. La potencialidad edáfica de cada una de las clases consideradas se ha valorado mediante criterio de experto.

La clasificación utilizada y el resultado de la valoración de la potencialidad edáfica se recogen en la siguiente tabla:

COD.	Litología	Espesor del suelo	Potencialidad
10	Sustratos de cuarcitas, areniscas y pizarras metamórficas	< 50 cm	Muy baja
20	Sustratos de cuarcitas, areniscas y pizarras metamórficas (Formaciones superficiales silíceas)	> 50 cm	Baja
30	Sustratos de pizarras y mixtos	< 50 cm	Media
40	Sustratos de cuarcitas, areniscas y filitas (Formaciones superficiales mixtas)	> 50 cm	Alta
50	Sustratos calcáreos	< 50 cm	Media
60	Sustratos calcáreos (Formaciones superficiales calcárea y formaciones superficiales mixtas mixta sobre sustrato calcáreo)	> 50 cm	Alta
70	Llanuras aluviales y terrazas	> 50 cm	Muy alta
80	Suelo hidromorfos y rellenos de depresión	> 50 cm	Media
90	Áreas de roquedo y canchales	< 5 cm	Nula
100	Depósitos antrópicos	< 5 cm	Muy baja

Tabla 3.10. Distribución de clases en el mapa de potencialidad edáfica.

De cara al trabajo, para obtener el mapa de potencialidad edáfica del área de trabajo, se ejecuta la herramienta *Extract by Mask*.

3.6 MAPA DE EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS

El 'Mapa de erosión laminar y en regueros' (*Ministerio de Medio Ambiente, 2003*) es otra de las fuentes de datos a utilizar en el trabajo, ya que ofrece una estimación acerca de la pérdida de suelo a lo largo de un año a causa de la erosión hídrica laminar y en regueros, expresada en toneladas por hectárea al año. De esta manera, las zonas de mayor riesgo a la erosión deberán de ser consideradas como zonas de protección.

El mapa divide las superficies erosionables en siete categorías, según la estimación de pérdida de suelo anual expresada en toneladas por hectárea. Esta estimación está basada en el modelo R.U.S.L.E. (Revised Universal Soil Loss Equation o Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Revisada) que combina los siguientes factores para el cálculo de la erosión:

- Factor lluvia (índice de erosión pluvial)
- Factor erosionabilidad del suelo
- Factor longitud de ladera
- Factor pendiente
- Factor cubierta y manejo
- Factor de prácticas de conservación del suelo

El resultado obtenido para Asturias ofrece valores de erosión desde 0 hasta más de 200. En función del valor estimado de pérdida de suelo al año, el mapa divide todo el Principado de Asturias en siete niveles de erosión, distinguiendo en dos categorías a parte las láminas de agua y las superficies artificiales. Esta distribución puede verse en la siguiente tabla:

Pérdidas de suelo al año (t/ha al año)	% de superficie ocupada
0 a 5	40,79
5 a 10	19,75
10 a 25	21,19
25 a 50	7,60
50 a 100	5,13
100 a 200	2,77
Más de 200	0,55
Láminas de agua superficiales y humedales	0,41
Superficies artificiales	1,81

Tabla 3.11. Niveles de erosión para Asturias y porcentaje de superficie ocupada por cada uno de ellos (*Ministerio de Medio Ambiente, 2003*).

De cara al trabajo, se ejecuta la herramienta *Extract by Mask* para obtener los datos relativos al área de trabajo.

3.7 MAPA DE PRODUCTIVIDAD FORESTAL

Otra de las fuentes a emplear en el trabajo será el 'Mapa de la productividad potencial forestal de España' (*Ministerio de Medio Ambiente, 2000*).

Dicho mapa establece la productividad forestal potencial para toda España cuantificando los factores climáticos mediante el índice de *Paterson (1956)*, modificando los valores obtenidos en dicho índice en función de los sustratos litológicos presentes, en el sentido de que éstos permitan alcanzar altas producciones en las masas existentes, o por el contrario, limiten dichas producciones.

Este mapa parte del concepto de productividad potencial forestal como la máxima producción maderera que se puede llegar a obtener en un monte que cumpla las siguientes condiciones:

- Suelo estable, en equilibrio con el clima y evolucionado con arreglo al condicionamiento fijado por el sustrato.
- Gestión técnica adecuada que suponga la ordenación de los aprovechamientos, la conservación de la espesura normal y la regeneración natural de la masa.
- Buen estado fitosanitario.
- Especie de mayor crecimiento y compatible con la estabilidad del medio.

Así, el concepto de productividad establecido en este mapa trata de unificar los factores de diversa índole (ecológicos y humanos) que influyen en el ecosistema forestal y que dan lugar a producciones variables para distintas estaciones y con distintas especies.

El resultado de todas las consideraciones anteriores ofrece como resultado un mapa nacional de productividad potencial forestal a escala 1:200.000, donde se expresa la productividad esperada para cada zona en m³/ha al año.

En función de la potencialidad estimada, el mapa divide el territorio en catorce clases:

Clase	Productividad (m ³ /ha al año)
Ia	> 9
Ib	8,25 – 9,00
Ic	7,50 – 8,25
IIa	6,75 – 7,50
IIb	6,00 – 6,75
IIIa	5,25 – 6,00
IIIb	4,50 – 5,25
IVa	3,75 – 4,50
IVb	3,00 – 3,75
Va	2,25 – 3,00
Vb	1,50 – 2,25
VIa	1,00 – 1,50
VIb	0,50 – 1,00
VII	< 0,50

Tabla 3.12. Distribución de clases según la productividad estimada en el 'Mapa de la productividad potencial forestal de España' (*Ministerio de Medio Ambiente, 2000*).

El mapa disponible en formato vectorial se encuentra codificado según la clasificación anterior y abarca toda Asturias, por lo que solo hay que cortarlo según el contorno del área de trabajo para obtener el mapa correspondiente. Al tratarse de un mapa en formato vectorial, se emplea la herramienta *Analysis Tools* → *Extract* → *Clip*.

De las clases listadas anteriormente, Vb, VIa y VIb no están presentes en el área de trabajo, por lo que habrá un total de once clases diferentes.

4. VARIABLES PARA EL ESTUDIO DE LA POTENCIALIDAD DE USOS

4.1 VARIABLES A EMPLEAR

A partir del tratamiento de los datos realizado en el apartado anterior y del resto de fuentes de datos a tener en cuenta, se pueden obtener las variables necesarias para el estudio de la evolución potencial de usos del suelo. Estas variables son las siguientes:

- Usos del suelo actuales. Es la base del estudio, sobre la cual se analizará la distribución del resto de las variables.

Del resto de variables, podríamos distinguir entre las variables físicas o naturales:

- Altitud
- Pendiente
- Orientación
- Rugosidad
- Erosión laminar y en regueros
- Potencialidad edáfica
- Productividad forestal

Y las variables de origen antrópico:

- Parcelación
- Influencia de los núcleos urbanos y otras zonas artificiales
- Influencia de los núcleos rurales

En este apartado se detalla cómo se tendrá en cuenta cada una de ellas a la hora de analizar posteriormente la potencialidad de usos. Para ello, se caracterizará la distribución de cada variable en función de los usos del suelo considerados.

4.2 USOS DEL SUELO ACTUALES

Como resultado de la reclasificación llevada a cabo en el *apartado 3.1.5* todos los polígonos de la zona de trabajo tienen asignado un código de uso. De cara a centrarnos únicamente en esta zona, cortaremos el mapa de usos del suelo según nuestra área de trabajo. Para ello utilizamos la herramienta *Analysis Tools* → *Extract* → *Clip* del software *ArcMap*, utilizando como entidad de corte el contorno del área de trabajo generado en el *apartado 2.1.1*. Lo que se obtiene es un mapa que contiene los usos del suelo en el área de trabajo, que cuenta con un total de 20.312 polígonos. De estos polígonos se elimina el que representa la franja marítima, ya que solo contiene la superficie del mar, por lo que se trabajará con un total de 20.311 polígonos.

Para un mejor manejo de estos datos, añadimos un nuevo campo a su tabla de atributos, denominado *'ID_POLIGONO'*, al que le daremos un valor igual al valor automático generado por el software para cada entidad. De esta forma, cada uno de los polígonos será identificado de forma inequívoca.

En este momento, y de cara a facilitar el estudio de potencialidad de usos en el ámbito forestal, agrícola y ganadero, será necesario reducir el número de usos considerados, para que el tratamiento de los datos sea más sencillo, sin que ello repercuta en la fiabilidad de los resultados a obtener.

Aunque de cara a clasificar todos los polígonos según su diferente uso fue necesario hacer varias distinciones hasta llegar a obtener una buena clasificación, en este momento tan solo interesa distinguir entre los usos que jugarán un papel importante en el estudio. Así, los polígonos incluidos en las categorías *'Artificial'* y *'Otros Usos'*, serán agrupados al no ser objeto de estudio.

De la misma manera, los polígonos clasificados como *'Suelo desnudo, zonas quemadas y cortafuegos'*, serán sometidos a un estudio de vecindad a fin de asignarles el uso más adecuado en función de su ubicación y los usos existentes en su entorno.

4.2.1 Asignación de uso a los polígonos pertenecientes a la categoría 'Suelo desnudo, zonas quemadas y cortafuegos'

Tal y como se ha comentado, de cara a facilitar el manejo de los datos y centrarnos únicamente en los usos del suelo a los que va destinado el estudio, a cada uno de los polígonos que dentro del área de trabajo están incluidos en la categoría de 'Suelo desnudo, zonas quemadas y cortafuegos' se les asignará un nuevo uso siguiendo criterios de vecindad, entendiendo que la cobertura actual es temporal, y su uso se asimila al de su entorno.

Para ello, a través de la herramienta *Select by Attributes*, se seleccionan todos aquellos polígonos incluidos dentro de esta categoría. Son en total 58, de los cuales 51 son de suelo desnudo, 4 de cortafuegos y 3 de zonas quemadas. El proceso a seguir para asignarles un nuevo uso siguiendo criterios de vecindad es el siguiente:

1. Se genera una nueva clase de entidad que contenga únicamente los 58 polígonos seleccionados, a través de la herramienta *Data* → *Export Data*.
2. Sobre la nueva clase de entidad, se genera una zona de influencia de 10 metros alrededor de su perímetro. El objetivo es analizar a que uso pertenecen las zonas que caigan dentro de la misma. Se establece una distancia de 10 metros, ya que es el ancho mínimo de los polígonos SIOSE, asegurando así que dentro de esa zona de influencia se incluyen únicamente polígonos adyacentes.
3. A estas áreas de influencia se les elimina la superficie correspondiente al polígono del que proceden, obteniendo como resultado un 'anillo' referido a cada uno de los polígonos, que representará únicamente la superficie ocupada por la zona de influencia. Para ello se emplea la herramienta *Analysis Tools* → *Overlay* → *Erase*.
4. Para poder evaluar el uso mayoritario dentro de cada zona de influencia transformamos el mapa de usos del suelo a formato *raster*. Se hace a través de la herramienta *Conversion Tools* → *To Raster* → *Feature to Raster*.

A través de la herramienta *Spatial Analyst Tools* → *Zonal* → *Statistics As Table*, se genera una tabla de estadísticos que resultará de leer la información contenida en el *raster* generado en el paso 4 sobre la superficie ocupada por las zonas de influencia generadas en el paso 3. El resultado será una tabla que para cada zona de influencia, vinculada a un determinado polígono, nos mostrará las estadísticas correspondientes a los usos del suelo. Dentro de estas estadísticas, la columna '*MAJORITY*' indica el código del uso que más peso tiene en cada zona de influencia, que será el uso al que asignemos cada polígono.

5. Uniendo la tabla de atributos de la capa de usos del suelo con la tabla generada en el paso anterior, y mostrando únicamente los polígonos presentes en ambas tablas (que serán los 58 polígonos que estamos considerando en este paso), se actualiza el código de uso de todos ellos según el resultado ofrecido en la tabla recién generada donde se indica cual es la cobertura mayoritaria en el entorno de cada polígono.

4.2.2 Obtención del mapa de usos del suelo según la interpretación del SIOSE 2005

Una vez que todos los polígonos tienen asignado su uso actual, se puede obtener una primera interpretación del mapa de usos sobre el cual se basará el análisis al que va destinado el trabajo.

Agrupando los usos que no son objeto de estudio en sus dos clases generales, se obtienen un total de 24 categorías. La distribución de los polígonos dentro de la zona de trabajo según las clases Forestal, Agrícola, Ganadero, Artificial y Otros usos, se observa en la *figura 4.1*.

En el Mapa 3, dentro del *ANEXO III*, se muestra el mismo mapa con una distinción de usos más detallada, considerando todas las subcategorías presentes en cada uso general.

La distribución de polígonos y superficie ocupada por cada uso es la siguiente:

	Polígonos	Superficie (ha)	% superficie total
Forestal	3.371	85.648,66	32,7
Agrícola	599	10.059,76	3,9
Ganadero	7.806	131.346,40	50,2
Artificial	7.403	26.992,93	10,3
Otros usos	1.132	7.678,34	2,9
TOTAL	20.311	261.726,09	100,00

Tabla 4.1. Distribución del número de polígonos y la superficie ocupada por cada una de las categorías.

Como se puede observar, los polígonos que no serán objeto de estudio, incluidos en las categorías 'Artificial' y 'Otros usos', suman un total de 8.535, suponiendo el 42 % de los polígonos presentes en el área de trabajo. Sin embargo, en lo que respecta a la superficie ocupada, estos polígonos suponen apenas el 13,25 % del total.

En la *tabla 4.2* se muestra una distribución de polígonos y superficie desglosada con detalle para los usos forestal agrícola y ganadero.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

		USO			POLÍGONOS		SUPERFICIE		POLÍGONOS		SUPERFICIE	
GRUPO	Definición	CLASE	Elemento mayoritario	Nº	%	ha	%	Nº	%	ha	%	
Identificación		Identificación										
1 FORESTAL	Abarca todo el espacio arbolado	101 Frondosa caducifolia de plantación	FDCpl	11	0,09	121,07	0,05	3.371	28,6	85.648,66	37,7	
		102 Frondosa perennifolia de plantación	FDPpl	677	5,75	9.086,19	4,00					
		103 Conífera de plantación	CNFpl	77	0,65	2.340,62	1,03					
		104 Frondosa caducifolia natural	FDC	1.675	14,22	61.102,34	26,91					
		105 Frondosa perennifolia natural	FDP	42	0,36	483,75	0,21					
		106 Coníferas natural	CNF	1	0,01	5,23	0,00					
		107 Matorral y pastizal procedente de cortas	MTRct ; PSTct ; MTRct + PSTct	154	1,31	1.002,61	0,44					
		108 Forestal de plantación	FDCpl + FDPpl + CNFpl	8	0,07	81,09	0,04					
		109 Forestal natural	FDC + FDP + CNF	114	0,97	2.191,59	0,97					
		110 Arbolado forestal	FDCpl + FDPpl + CNFpl + FDC + FDP + CNF	401	3,41	6.593,88	2,90					
		111 Mosaico forestal	FDCpl + FDPpl + CNFpl + FDC + FDP + CNF + MTRct + PSTct	211	1,79	2.640,30	1,16					
2 AGRÍCOLA	Incluye el terreno cultivado (excepto prados)	201 Cultivos leñosos	LFNsc ; LFNscab ; LOCsc ; LFNsc + LFNscab + LOCsc	86	0,73	509,11	0,22	599	5,1	10.059,76	4,4	
		202 Cultivos herbáceos	CHLsc ; CHLrr ; CHLrn ; CHLscab ; CHLsc + CHLrr + CHLrn + CHLscab	76	0,65	699,59	0,31					
		203 Cultivos forzados	CHLfzrr ; CHLfzsc ; LOCfzrr ; LFNfzsc ; CHLfzrr + CHLfzsc + LOCfzrr + LFNfzsc	49	0,42	45,62	0,02					
		204 Cultivos	LFNsc + LFNscab + LOCsc + CHLsc + CHLrr + CHLrn + CHLscab + CHLfzrr + CHLfzsc + LOCfzrr + LFNfzsc	67	0,57	987,03	0,43					
		205 Mosaico agrícola de cultivo	Cultivos (204) + Prados (301); siempre que Cultivos sea mayor que Prados	321	2,73	7.818,42	3,44					
3 GANADERO	Áreas susceptibles de tener aprovechamiento ganadero	301 Prados	PRDsc ; PRDscab ; PRDsc + PRDscab	2.467	20,95	41.141,42	18,12	7.806	66,3	131.346,40	57,9	
		302 Pastizal	PST ; PSTpc ; PSTam ; PST + PSTpc + PSTam	574	4,87	7.000,22	3,08					
		303 Matorral	MTR ; MTRpc ; MTR + MTRpc	1.527	12,97	34.818,36	15,33					
		304 Mosaico agrario de prados	Prados (301) + Cultivos (204); siempre que Prados sea mayor que Cultivos	1.136	9,65	20.665,69	9,10					
		305 Matorral y pastizal	MTR + MTRpc + PST + PSTpc + PSTam	1.227	10,42	20.408,44	8,99					
		306 Prados y pastizal	PRDsc + PRDscab + PST + PSTpc + PSTam	875	7,43	7.312,27	3,22					
<i>Total polígonos objeto de análisis</i>				<i>11.776</i>	<i>100,00</i>	<i>227.054,81</i>	<i>100,00</i>					

Tabla 4.2. Distribución del número de polígonos y la superficie ocupada por los usos forestal, agrícola y ganadero.

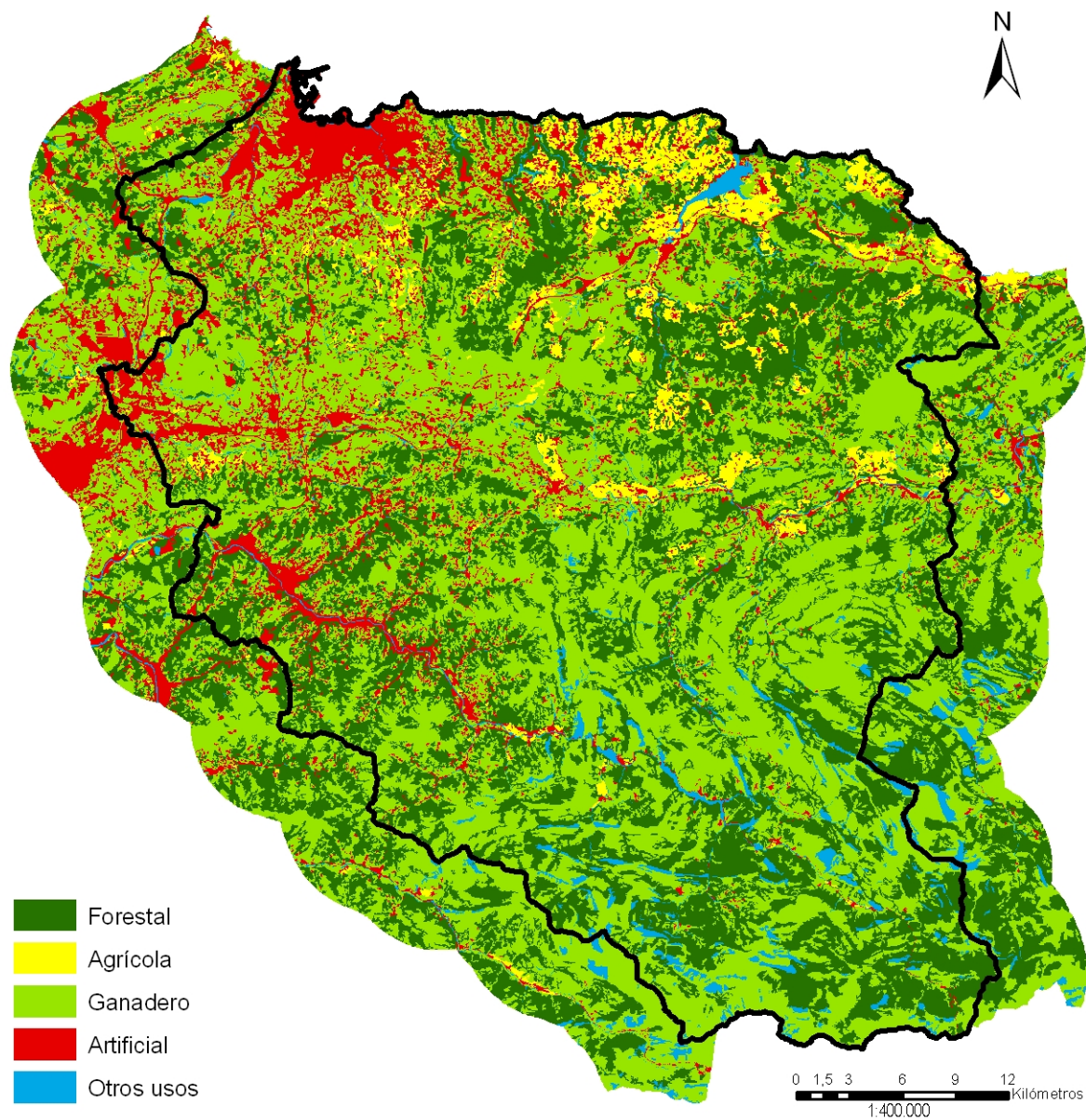


Figura 4.1. Usos del suelo actuales dentro del área de trabajo y los municipios objeto de estudio según la clasificación considerada.

4.3 INFLUENCIA DE LA ALTITUD

La altitud es uno de los factores físicos a tener en cuenta dentro del estudio, ya que los diferentes rangos de altitud caracterizarán la mayor o menor predisposición del terreno para albergar un tipo de uso concreto.

Para poder representar de forma gráfica la distribución de altitudes en el área de trabajo y estudiar la distribución de esta variable en función de los usos del suelo actuales, se considerarán un total de 9 categorías, cada una de las cuales abarcará un rango de altitudes de 200 metros.

Así, a la hora de estudiar la altitud, consideraremos las siguientes categorías:

< 200 metros	600-800 metros	1200-1400 metros
200-400 metros	800-1000 metros	1400-1600 metros
400-600 metros	1000-1200 metros	> 1600 metros

En el Mapa 4, dentro del *ANEXO III*, se muestra la distribución de la altitud dentro del área de trabajo, siguiendo la anterior distinción de categorías, según la altitud media de los polígonos SIOSE. En la siguiente tabla se muestra la distribución de la superficie dentro del área de trabajo según esta variable.

Altitud	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
< 200 m	7295	35,92	64667,93	24,71
200 - 400 m	6859	33,77	71377,66	27,27
400 - 600 m	2665	13,12	37267,58	14,24
600 - 800 m	1514	7,46	30270,48	11,57
800 - 1000 m	849	4,18	25208,08	9,63
1000 - 1200 m	397	1,95	10749,13	4,11
1200 - 1400 m	327	1,61	11767,37	4,50
1400 - 1600 m	269	1,32	7000,94	2,67
> 1600 m	133	0,65	3419,91	1,31
TOTAL *	20308	100	261729,08	100

Tabla 4.3. Distribución de la altitud dentro del área de trabajo, según la altitud media de los polígonos.

* El número total de polígonos y la superficie ocupada difiere ligeramente de los valores de referencia para el estudio, debido a que algunos polígonos ubicados en el límite del área de trabajo no tienen entidad suficiente para contener valores de altitud. Esta misma consideración deberá ser tenida en cuenta para las siguientes variables, en las que se presentará la misma circunstancia.

Para caracterizar la variable en función de los usos del suelo actuales, se estudiará su distribución en función de las categorías de altitud establecidas, analizando para cada uso que porcentaje de polígonos SIOSE se encuentra dentro de cada categoría. Para cada polígono se considerará su altitud media como valor de referencia a la hora de incluirlo en la categoría correspondiente. Este valor, al igual que el resto de estadísticos de la variable, se obtiene a través de la herramienta *Spatial Analyst Tools* → *Zonal* → *Statistics As Table*.

Los resultados del estudio de la distribución de esta variable, tanto analítica como gráficamente, se muestran en el *ANEXO II*.

Como se puede observar a primera vista, existe una clara caracterización de los usos agrícolas (cat. 201-205), ya que casi la totalidad de los polígonos incluidos en este uso se sitúan por debajo de los 400 metros. Lo mismo ocurre para algunos tipos de uso forestal, como la frondosa perennifolia, tanto de plantación (cat.102) como natural (cat. 105). En el resto de usos forestales también predominan las altitudes no muy elevadas, aunque pueden llegar hasta los 1600 metros. Por su parte, dentro del uso ganadero (cat. 301-306), el mosaico agrario de prados (cat.304), marca una clara tendencia a las altitudes bajas. Los prados (cat. 301) también muestran una tendencia a estas altitudes, mientras que el pastizal (cat. 302) y el matorral (cat. 303) se ubican mayoritariamente en zonas más elevadas.

4.4 INFLUENCIA DE LA PENDIENTE

Al igual que la altitud, la pendiente es otro de los valores físicos que determinará la mayor o menor predisposición del terreno para albergar un tipo de uso concreto.

Para el análisis de esta variable se establecen siete categorías, tenidas en cuenta según diferentes umbrales de pendiente a partir de los cuales no son recomendables ciertos tipos de usos o actividades. Para establecer estas categorías se tendrán en cuenta algunas clasificaciones previas, como la de *López Cadenas y Blanco Criado (1979)* y la de *Añó (1998)*.

La primera de ellas es una clasificación agrológica de pendientes, establecida de la siguiente manera:

Suelos agrícolas	< 3 %	Suelos con cultivo ocasional	12-15 %	Suelos forestales	20-28 %
	3-7 %		15-18 %		28-35 %
	7-12 %		18-20 %		> 35 %

La segunda establece diferentes umbrales en función de la mecanización:

- < 3 % La mecanización y el riesgo intensivo no presentan limitaciones.
- 3-8 % Apto para todo tipo de mecanización. Moderada aptitud para el regadío.
- 8-15 % Moderada aptitud para la mecanización. Baja aptitud para el regadío.
- 15-25 % Límite de utilización del tractor. Muy baja aptitud para el regadío.
- 25-35 % Muy baja aptitud para la mecanización. Límite de maquinaria forestal pesada.
- > 45 % Marginal. Limitaciones extremadamente severas.

También hay que tener en cuenta otros factores, como que el límite de pendiente para actividades urbanas se establece normalmente en un 15 % (*Guía para la elaboración de estudios del medio físico, MOPT*).

De esta forma, teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores que hablan de las limitaciones de la pendiente para diferentes usos, se establecen los siguientes rangos de pendientes para caracterizar el área de trabajo:

< 3 %	15-25 %	35-45 %
3-8 %	25-35 %	> 45 %
8-15 %		

En el Mapa 5, dentro del *ANEXO III*, se muestra la distribución de la pendiente dentro del área de trabajo, siguiendo la anterior distinción de categorías, según la pendiente media de los polígonos SIOSE. En la siguiente tabla se muestra la distribución de la superficie dentro del área de trabajo según esta variable.

Pendiente	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
< 3 %	572	2,82	3553,99	1,36
3 - 8 %	2151	10,59	12701,24	4,85
8 - 15 %	2866	14,11	24071,24	9,20
15 - 25 %	3674	18,09	37092,62	14,17
25 - 35 %	3581	17,63	37574,18	14,36
35 - 45 %	3242	15,96	41205,44	15,74
> 45 %	4222	20,79	105527,37	40,32
TOTAL *	20308	100	261726,08	100

Tabla 4.4. Distribución de la pendiente dentro del área de trabajo, según la pendiente media de los polígonos.

El estudio de la distribución de la variable se llevará a cabo de la misma forma que para la altitud en el apartado anterior, tomando la pendiente media como el valor característico de cada polígono. Los resultados se muestran en el *ANEXO II*.

Se puede observar como todos los usos forestales a excepción de la frondosa caducifolia de plantación (cat. 101) tienen una clara tendencia a ubicarse en pendientes superiores al 25 %. En cualquier caso, la excepción de la caducifolia de plantación no es considerable, ya que es un uso que cuenta con apenas 11 polígonos. También se puede apreciar una clara tendencia de los usos agrícolas (cat. 201-205) a ubicarse en zonas de baja pendiente, especialmente en lo referido a cultivos leñosos (cat. 201) y herbáceos (cat.202). En los usos ganaderos también se aprecia una clara tendencia a las pendientes elevadas, especialmente en los pastizales y matorrales (cat. 302, 303 y 305).

4.5 INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN

Otro de los factores a tener en cuenta es la orientación del terreno, ya que es otra de las variables que puede influir en la distribución de los usos.

Su distribución se analiza a partir del mapa de orientaciones, donde cada celda tiene guardado el valor, en grados, de su orientación con respecto al norte. Para simplificar el análisis de la variable, se hará previamente una reclasificación de valores, asignando a cada celda un valor en función de su orientación principal, resultando un mapa donde las celdas pueden tomar únicamente cinco valores distintos. El criterio de reclasificación es el siguiente:

<u>Valor píxel original</u>	<u>Orientación</u>	<u>Valor píxel reclasificado</u>
de 315° a 0° ó de 0° a 45 °	Norte	1
de 45° a 135°	Este	2
de 135° a 225°	Sur	3
de 225° a 315°	Oeste	4
-1	Todos los vientos	0

Una vez reclasificado el mapa de orientaciones, se generan los estadísticos correspondientes a través de la ya mencionada herramienta *Statistics As Table*.

En este caso, de cara a estudiar la distribución de la variable, para cada polígono se considerará la orientación mayoritaria dentro del mismo, es decir, para cada uno se tendrá en cuenta la orientación a la que pertenezcan un mayor número de celdas dentro de él.

En el Mapa 6, dentro del *ANEXO III*, se muestra la distribución de la orientación dentro del área de trabajo, siguiendo la consideración anterior, según la orientación mayoritaria de los polígonos SIOSE. En la siguiente tabla se muestra la distribución de la superficie dentro del área de trabajo según esta variable.

Orientación	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
Norte	5012	24,68	87361,49	33,38
Sur	5420	26,69	64206,70	24,53
Este	4535	22,33	47691,02	18,22
Oeste	5328	26,24	61724,00	23,58
Todos los vientos	13	0,06	742,88	0,28
<i>TOTAL *</i>	20308	100	261726,09	100

Tabla 4.5. Distribución de la orientación dentro del área de trabajo, según la orientación mayoritaria de los polígonos.

Una vez obtenida la orientación principal de cada polígono, se procede a evaluar su distribución dentro del área de trabajo, de la misma forma que para las variables anteriores. Los resultados se muestran en el *ANEXO II*.

Como se puede observar, a excepción de algunos usos residuales que cuentan con muy pocos polígonos, los usos mayoritarios no muestran ninguna tendencia clara hacia una orientación concreta. Únicamente se aprecia cierta tendencia a la orientación Norte en algunos usos forestales y agrícolas, aunque dentro de todos los usos tienen cierto peso las cuatro orientaciones principales. Por este motivo, la orientación no será, a priori, un factor ni determinante ni excluyente para ninguno de los usos considerados.

4.6 INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD

El estudio de la rugosidad se lleva a cabo a partir del mapa de rugosidad, donde los valores, como se especifica en el *apartado 3.2.4*, oscilan entre 0 y 212,87 metros. Para facilitar el análisis de la distribución de esta variable, los valores actuales se reclasificarán en siete categorías, siguiendo el criterio establecido por *Riley, DeGloria y Elliot (1999)*. Este criterio consiste en dividir los datos por cuantiles en siete clases, representando cada uno el siguiente tipo de terreno:

Primer cuantil:	Terreno plano
Segundo cuantil:	Terreno casi plano
Tercer cuantil:	Rugosidad ligera
Cuarto cuantil:	Rugosidad intermedia
Quinto cuantil:	Rugosidad moderada
Sexto cuantil:	Rugosidad elevada
Séptimo cuantil:	Rugosidad extrema

Se trata de una clasificación relativa a los datos empleados, por lo que para zonas mayoritariamente planas o mayoritariamente rugosas podría no ser un criterio muy adecuado, ya que siempre se considerarán datos en ambos extremos aunque no reflejen la realidad. Sin embargo, para este caso, dado que el área de trabajo abarca una amplia variedad de altitudes y pendientes, la caracterización de la rugosidad del terreno en función de este criterio se considera la más adecuada.

Así, los valores del mapa de rugosidad se reclasificarán siguiendo el criterio de los siete cuantiles. Una vez calculados, la reclasificación será de la siguiente manera:

<u>Valor píxel original</u>	<u>Rugosidad</u>	<u>Valor píxel reclasificado</u>
0 – 0,83	Terreno plano	1
0,83 – 2,50	Terreno casi plano	2
2,50 – 4,17	Rugosidad ligera	3
4,17 – 5,84	Rugosidad intermedia	4
5,84 – 7,51	Rugosidad moderada	5
7,51 – 9,18	Rugosidad elevada	6
9,18 – 212,87	Rugosidad extrema	7

En el Mapa 7, dentro del *ANEXO III*, se muestra la distribución de la rugosidad dentro del área de trabajo, siguiendo la clasificación anterior, según la rugosidad media de los polígonos SIOSE. En la *tabla 4.6* se muestra la distribución de la superficie dentro del área de trabajo según esta variable.

Con el mapa reclasificado, se calculan las estadísticas correspondientes para proceder a la caracterización de la variable. Para ello se tendrá en cuenta el valor de rugosidad media de cada polígono. Los resultados se muestran en el *ANEXO II*.

Rugosidad	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
Terreno plano	1774	8,78	10840,16	4,14
Terreno casi plano	4720	23,36	44225,21	16,90
Rugosidad ligera	4764	23,58	51427,56	19,66
Rugosidad intermedia	4521	22,37	58582,46	22,39
Rugosidad moderada	2865	14,18	52885,45	20,21
Rugosidad elevada	1053	5,21	34828,99	13,31
Rugosidad extrema	510	2,52	8846,74	3,38
<i>TOTAL *</i>	20207	100	261636,57	100

Tabla 4.6. Distribución de la rugosidad dentro del área de trabajo, según la rugosidad media de los polígonos.

Se puede observar que al igual que ocurre con la pendiente, los cultivos (cat. 201-205) se sitúan en los terrenos más favorables. El uso forestal (cat. 101-111) también muestra una caracterización bastante clara, ocupando mayoritariamente terrenos con una rugosidad media/elevada. El uso ganadero (cat.301-306) muestra también una tendencia hacia los terrenos rugosos, incluyendo zonas de rugosidad extrema, donde el pastizal y el matorral (cat. 302, 303 y 305) tienen una presencia destacada con respecto al resto de usos, que apenas aparecen en este tipo de terrenos.

4.7 INFLUENCIA DE LA EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS

La erosión de la superficie se ha tenido en cuenta a la hora de evaluar el nivel de protección al que debe someterse un suelo en función de esta característica.

Para facilitar el estudio de la variable, a partir del mapa de erosión laminar y en regueros generado en el *apartado 3.6*, se reclasificarán todos los píxeles según su categoría. Cabe tener en cuenta que al estar incluidas también las láminas de agua y las superficies artificiales, habrá que considerar este punto a la hora de hacer la reclasificación, asignando valor 'NoData' a estas superficies. Para el resto de valores se asignará a cada píxel el valor medio de la clase a la que representan. En el caso de la categoría 'Más de 200', se tomará como marca de clase el valor 350.

La correspondencia entre las categorías y el valor de los píxeles puede verse en la siguiente tabla:

Valor de pérdida de suelo anual (en t/ha)	Valor del píxel reclasificado
0 a 5	2,5
5 a 10	7,5
10 a 25	17,5
25 a 50	37,5
50 a 100	75
100 a 200	150
Más de 200	350
Láminas de agua superficiales y humedales	NoData
Superficies artificiales	NoData

Tabla 4.7. Valor de cada píxel del 'Mapa de Erosión Laminar y en Regueros' tras su reclasificación por categorías.

En el Mapa 8, dentro del *ANEXO III*, se muestra la distribución de la erosión dentro del área de trabajo, siguiendo la clasificación anterior, según la erosión media de los polígonos SIOSE. En la siguiente tabla se muestra la distribución de la superficie dentro del área de trabajo según esta variable.

Erosión laminar	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
< 5 t/ha al año	4899	25,08	45427,62	17,56
5-10 t/ha al año	3881	19,86	58621,12	22,66
10 - 25 t/ha al año	5587	28,60	104488,40	40,40
25 - 50 t/ha al año	3128	16,01	31590,13	12,21
50 - 100 t/ha al año	1745	8,93	16520,68	6,39
100 - 200 t/ha al año	288	1,47	1973,90	0,76
> 200 t/ha al año	9	0,05	20,20	0,01
<i>TOTAL *</i>	19537	100	258642,05	100

Tabla 4.8. Distribución de la erosión dentro del área de trabajo, según la erosión media de los polígonos.

Una vez reclasificado el mapa se genera la tabla de estadísticos correspondiente para proceder con la caracterización de la variable, de la misma forma que con todas las anteriores, tomando como valor de referencia para cada polígono la media de todos los píxeles que lo forman. Los resultados se muestran en el *ANEXO II*.

Como se aprecia en los resultados obtenidos, casi todos los usos ocupan mayoritariamente zonas con pérdidas de suelo inferiores a 25 t/ha al año, especialmente dentro del uso forestal (cat. 101-111). Por su parte, las zonas con mayor riesgo de erosión están ocupadas principalmente por usos ganaderos (cat. 301-306).

4.8 INFLUENCIA DE LA POTENCIALIDAD EDÁFICA

Al igual que para todas las variables anteriores, se estudia la distribución de la potencialidad edáfica dentro del área de trabajo. Para ello, el primer paso es reclasificar los valores del mapa de potencialidad edáfica obtenido en el apartado 3.5, asignando nuevos valores a todos los píxeles en función de la calidad del suelo explicada en la tabla correspondiente dentro del mismo apartado.

Así, la reclasificación de valores será la siguiente:

<u>Valor píxel original</u>	<u>Potencialidad edáfica</u>	<u>Valor píxel reclasificado</u>
90	Nula	1
10 ó 100	Muy baja	2
20	Baja	3
30, 50 ó 80	Media	4
40 ó 60	Alta	5
70	Muy alta	6

En el Mapa 9, dentro del ANEXO III, se muestra la distribución de la potencialidad edáfica dentro del área de trabajo, siguiendo la clasificación anterior, según la potencialidad edáfica media de los polígonos SIOSE. En la siguiente tabla se muestra la distribución de la superficie dentro del área de trabajo según esta variable.

Potencialidad edáfica	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
Nula	370	1,83	8195,13	3,14
Muy baja	1370	6,78	28220,61	10,80
Baja	3151	15,60	43531,42	16,66
Media	10809	53,51	150704,80	57,68
Alta	3362	16,64	26008,67	9,95
Muy Alta	1138	5,63	4606,59	1,76
TOTAL *	20200	100	261267,22	100

Tabla 4.9. Distribución de la potencialidad edáfica dentro del área de trabajo, según la potencialidad edáfica media de los polígonos.

Una vez reclasificado el mapa, se obtienen los estadísticos para proceder a la caracterización de la variable, tomando en cuenta la potencialidad edáfica media de cada polígono. Los resultados se muestran en el ANEXO II.

Dado que el valor la potencialidad edáfica media abarca un amplio porcentaje de la superficie total del área de estudio, todos los usos quedan muy influenciados por este valor, que es mayoritario en casi todos ellos. En cualquier caso, dentro de los cultivos (cat. 201-205) se aprecia una fuerte presencia de suelos con potencialidad edáfica alta, mientras que los valores más bajos de potencialidad edáfica solo destacan por encima del resto en el caso del matorral (cat. 303), donde la potencialidad edáfica baja es mayoritaria.

4.9 INFLUENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD FORESTAL

Para estudiar la distribución de la productividad forestal, el primer paso será convertir a formato *raster* el mapa vectorial obtenido en el *apartado 3.7*.

Para ello, a los píxeles que vayan a representar cada una de las once clases presentes, se les asignará un valor que será el valor intermedio de la clase a la que pertenecen, excepto para la primera y última clase, que se les asignará un valor en concordancia con la distribución seguida por el resto. Así, la reclasificación en la conversión a *raster* se llevará a cabo de la siguiente forma:

<u>Categoría mapa vectorial</u>	<u>Valor píxel mapa raster</u>
la	9,5
lb	8,635
lc	7,875
IIa	7,125
IIb	6,375
IIIa	5,625
IIIb	4,875
IVa	4,125
IVb	3,375
Va	2,625
VII	0,25

Para la representación gráfica del mapa resultante con los valores medios por polígono, que se puede ver en el Mapa 10 dentro del *ANEXO III*, se consideran solo cinco categorías, según la productividad forestal media de los polígonos SIOSE, a fin de favorecer la visualización, que son: productividad potencial muy baja (< 4,5), baja (4,5 a 6), media (6 a 7,5), alta (7,5 a 9) y muy alta (> 9). En la siguiente tabla se muestra la distribución de la superficie dentro del área de trabajo según esta variable.

Productividad Forestal	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
< 4,5 m ³ /ha al año	1486	7,32	11787,19	4,50
4,5 - 6 m ³ /ha al año	1819	8,96	24982,05	9,55
6 - 7,5 m ³ /ha al año	2337	11,51	36780,39	14,05
7,5 - 9 m ³ /ha al año	3717	18,31	61273,93	23,41
> 9 m ³ /ha al año	10942	53,90	126870,38	48,48
TOTAL *	20301	100	261693,94	100

Tabla 4.10. Distribución de la productividad forestal dentro del área de trabajo, según la productividad forestal media de los polígonos.

Una vez obtenido el mapa, se generan los estadísticos y se procede con la caracterización de la variable, tomando como valor de referencia para cada polígono el valor medio de los píxeles que lo forman. Los resultados se muestran en el *ANEXO II*.

Tal y como se puede observar, gran parte del área de trabajo está ocupada por zonas de alta o muy alta productividad potencial, por lo que estos valores son los dominantes dentro de todos los usos.

4.10 INFLUENCIA DE LA PARCELACIÓN CATASTRAL

La parcelación catastral será un criterio determinante a la hora de establecer una mayor o menor productividad de una zona determinada, especialmente en el ámbito forestal. Cuantas más parcelas existan en una pequeña porción de terreno, mucho más difícil será la gestión, y como consecuencia de ello, más complicado será obtener un aprovechamiento óptimo, pese a que las condiciones físicas del suelo lo permitan. Así, las mejores condiciones para el aprovechamiento serán las de aquellas zonas que presenten una amplia superficie dividida en muy pocas parcelas.

De cara al trabajo, en función del 'Índice de parcelación' calculado en el *apartado 3.3*, se distinguirán seis clases diferentes en función de que la parcelación sea más o menos favorable. Tal y como se comentó en el citado apartado, los resultados obtenidos para cada polígono expresan el número de parcelas por hectárea, por lo que cuanto menor sea este indicador, más favorables serán las condiciones de explotación.

Teniendo en cuenta que el valor medio obtenido para el índice de parcelación es aproximadamente de 3,5 parcelas por hectárea, se toma éste como valor intermedio a la hora de establecer las distintas clases. Las categorías consideradas son las siguientes:

<u>Índice de parcelación</u>	<u>Parcelación</u>
< 1	Muy Baja
1 – 2	Baja
2 – 3,5	Media
3,5 – 5	Alta
5 – 10	Muy Alta
> 10	Extrema

En base a esta clasificación, se obtiene la representación gráfica de esta variable para los polígonos del área de estudio, que se puede ver en el Mapa 11 dentro del *ANEXO III*. En la siguiente tabla se muestra la distribución de la superficie dentro del área de trabajo según esta variable.

Índice de parcelación	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
< 1 parcelas por ha	2232	18,96	77351,78	34,07
1 - 2 parcelas por ha	1670	14,19	32407,78	14,27
2 - 3,5 parcelas por ha	2980	25,31	60840,55	26,80
3,5 - 5 parcelas por ha	2322	19,72	33908,29	14,93
5 - 10 parcelas por ha	2288	19,44	21152,39	9,32
> 10 parcelas por ha	280	2,38	1393,54	0,61
TOTAL *	11772	100	227054,33	100

Tabla 4.11. Distribución de los índices de parcelación dentro del área de trabajo.

En el mapa no se consideran las zonas artificiales, puesto que solo se ha utilizado la parcelación de rústica. Una vez obtenido el mapa, se generan los estadísticos y se procede con la caracterización de la variable, teniendo en cuenta el índice de parcelación propio de cada polígono. Los resultados se muestran en el *ANEXO II*, donde se puede apreciar como en los usos forestales y ganaderos destaca la baja parcelación, mientras que en el uso agrícola la parcelación es muy variable. También se puede apreciar como las zonas montañosas aglutinan la baja parcelación, mientras que las zonas próximas a los núcleos de población son las que presentan una mayor parcelación.

Para un menor manejo posterior de los datos, se procederá a la conversión del mapa a formato *raster*, para lo cual se emplean los siguientes valores de reclasificación:

1 (parcelación muy baja)	4 (parcelación alta)
2 (parcelación baja)	5 (parcelación muy alta)
3 (parcelación media)	6 (parcelación extrema)

4.11 INFLUENCIA DE LOS NÚCLEOS URBANOS Y OTRAS ZONAS ARTIFICIALES

Uno de los puntos más importantes a la hora de analizar la potencialidad de usos será la influencia que los núcleos urbanos ejerzan sobre sus alrededores. De la misma forma, también habrá que considerar la influencia que sobre su entorno ejerzan otros usos artificiales no residenciales, como el comercio y la industria, tanto de atracción como de rechazo. Asimismo, la capacidad de desarrollo urbano dependerá también de factores como la pendiente del terreno y la accesibilidad por carretera.

Así, dentro de este apartado se pretende, teniendo en cuenta la influencia conjunta de todas estas variables y consideraciones, generar un mapa de influencia urbana y de otros usos artificiales, que sirva posteriormente como una variable más a la hora de estudiar la evolución potencial de los usos del suelo actuales. Lo que se busca, en definitiva, es caracterizar el área de trabajo según la atracción o el rechazo que ejercen sobre cada zona los usos artificiales existentes en la actualidad.

4.11.1 Introducción al estudio de la influencia urbana

La expansión física y funcional de la ciudad invade, integra y condiciona el territorio circundante alterando sus características físicas, demográficas, sociales y económicas (*Ponce, P.J., 2000*). El resultado es la aparición de un confuso ámbito territorial caracterizado por la mezcla de usos del suelo cuya complejidad será mayor cuanto mayor sea la potencia del sistema urbano al que sirve y el desarrollo de la red de comunicaciones que soporta los flujos de personas, bienes, servicios e información. En este contexto, se denominan espacios periurbanos a las zonas rurales donde la influencia urbana es más fuerte por la inmediatez física de los centros funcionales de carácter más o menos urbano.

De esta forma, y dadas todas las consideraciones a tener en cuenta, es difícil establecer una distinción entre las diferentes áreas que rodean los núcleos urbanos, siendo varios los autores que han propuesto soluciones para bordar este problema. En 1982 *Bryant, Russwurm y McLellan*, considerando que los procesos de periurbanización y de contraurbanización han expandido los límites de la ciudad sobre el entorno rural, acuñan el término de 'ciudad regional' cuyo ámbito territorial estaría compuesto por las siguientes zonas (*figura 4.2*):

- **Ciudad concentrada:** que acoge entre el 75 % y el 90 % de la población en apenas un 5 % del territorio.
- **Ciudad dispersa o Campo Urbano:** que en el 95 % del espacio alberga entre el 10 % y el 25 % de la población. A su vez, subdividen esta parte en:

- Franja rural-urbana, con dos zonas:
 - *Interna*: acosada por el frente de urbanización que provocan importantes cambios de usos rurales a urbanos.
 - *Externa*: con un claro dominio de los usos rurales en el paisaje, pero con elementos urbanos nítidos en él (residencias, polígonos, etc.).
- Sombra urbana: con una mínima presencia en el paisaje de elementos urbanos pero con residencias no agrícolas y movimientos pendulares hacia la ciudad.
- Hinterland rural: en la que la influencia urbana varía de forma inversa con la distancia al núcleo central y directamente con su tamaño.

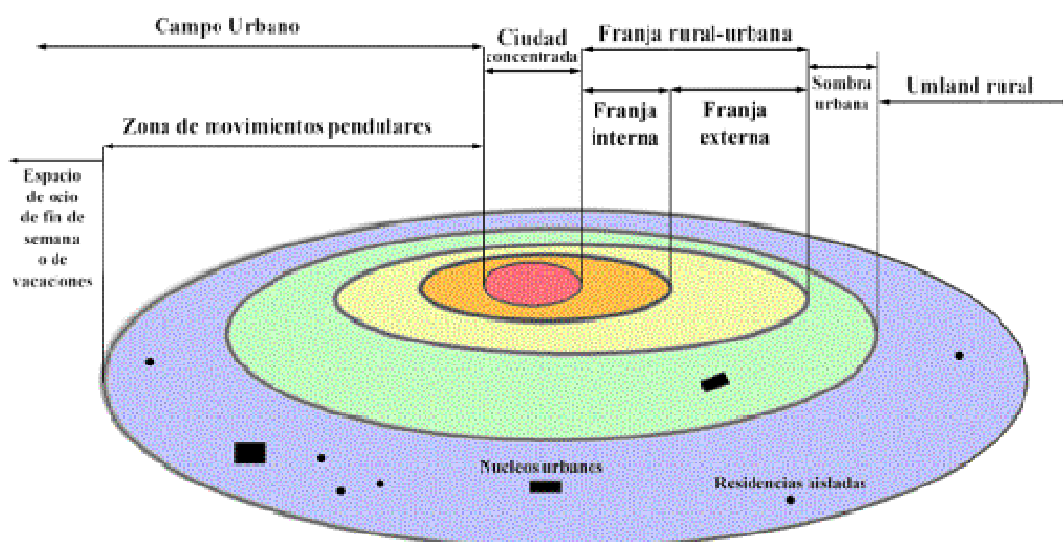


Figura 4.2.
Organización de las distintas coronas periurbanas según
Bryant, Russwurm y McLellan (Ponce P.J., 2000).

Partiendo de esta reflexión, en este apartado se pretende valorar, mediante la modelización de variables físicas, la influencia urbana en el territorio circundante, determinando la porción de territorio, o área suburbana, que cada núcleo urbano domina y organiza de forma más directa condicionando los usos que se desarrollan actualmente. Todo ello se hará considerando la clasificación de zonas detallada en el párrafo anterior.

Resulta evidente que, para un cálculo más preciso, este problema requeriría la incorporación de diversas variables de tipo socioeconómico (renta, desplazamientos laborales, viajes por comercio, etc.). Sin embargo, se considera que la aproximación que

aquí se realiza y los resultados obtenidos son suficientes para el propósito del este trabajo.

Así, para la modelización del grado de incidencia urbana en el área de trabajo se considerarán cuatro factores:

- Influencia de los núcleos urbanos
- Proximidad a las carreteras
- Pendiente del terreno
- Efecto de actividades de rechazo

Estos factores serán valorados mediante técnicas de evaluación multicriterio (combinación lineal ponderada).

Dada la naturaleza de la información utilizada, con una variación espacial continua, y de los resultados esperados, la modelización de las variables se realizará utilizando un modelo de datos *raster* con un tamaño de píxel de 15 metros.

4.11.2 Determinación del influjo urbano

En este paso se le asignará a cada celda del mapa un valor de atracción urbana. Para llevar a cabo el cálculo se tomará en consideración la fórmula del modelo gravitacional de Newton, que trata de medir el grado de interacción que existe entre dos centros. En el caso que nos ocupa, el efecto gravitatorio entre dos localizaciones vendrá dado por el producto de sus masas⁵:

$$EG_{ij} = \frac{(m_i \times m_j)}{d_{ij}^\alpha}$$

Siendo:

EG_{ij} , el efecto gravitatorio entre las zonas i y j ,

m_i y m_j , la masa de las zonas i y j respectivamente,

d_{ij} , la distancia entre las zonas i y j , y

α , un exponente que controla el efecto de la distancia.

⁵ Por lo general, en el análisis de estructuras urbanas se recurre al volumen de población como masa del objeto. Sin embargo, para este trabajo, se recurrirá a la superficie del polígono SIOSE que represente la actividad urbana, ya que aunque no representa exactamente lo mismo que el número de habitantes, constituye un dato lo suficientemente representativo para caracterizar cada núcleo dentro del trabajo.

Una variante del modelo gravitacional es la *Ley de Reilly*, que supone que la fuerza centrípeta de un área de mercado depende directamente de su potencial de mercado (medido por el volumen de comercio al por menor), e indirectamente de los costes inherentes a la fricción de distancia y que, además, asigna exponentes variables a ambas partes de la fracción. Esta ley se describe así:

$$F_{ij} = K \times \left[\frac{A_j^\alpha}{d_{ij}^\beta} \right]$$

Donde:

F_{ij} es la frecuencia prevista de interacción entre el punto i y j ,

A_j es la atracción del lugar de destino j ,

K es una constante que puede reflejar los efectos de los atributos de cada región,

d_{ij} es el coste de la fricción de distancia física ó en tiempo entre el punto i y j , y

α y β son los parámetros exponenciales parámetro de atracción (α) y parámetro de repulsión (β) que modula distancia.

Partiendo de la Ley de Reilly se realizaron varios ensayos con el objeto de ajustar los parámetros de la ecuación para el cálculo del grado de influencia de las áreas urbanas sobre el territorio circundante. La fórmula que mejores resultados arroja es la siguiente:

$$AI_{ij} = \ln F_{ij} = \frac{SUP_j^{0.5}}{d_{ij}^2}$$

Donde:

AI_{ij} es indicador de la fuerza de atracción del núcleo urbano j sobre la localización i ,

F_{ij} es la fuerza de interacción ejercida por el núcleo urbano j sobre la localización i ,

SUP_j es la superficie del polígono que representa el núcleo urbano j ,

K es una constante que puede reflejar los efectos de los atributos de cada región, y

d_{ij} es la distancia euclídea entre i y j .

Una vez tenida en cuenta esta consideración, el proceso a seguir para el cálculo de este factor se detalla en la *figura 4.3*.

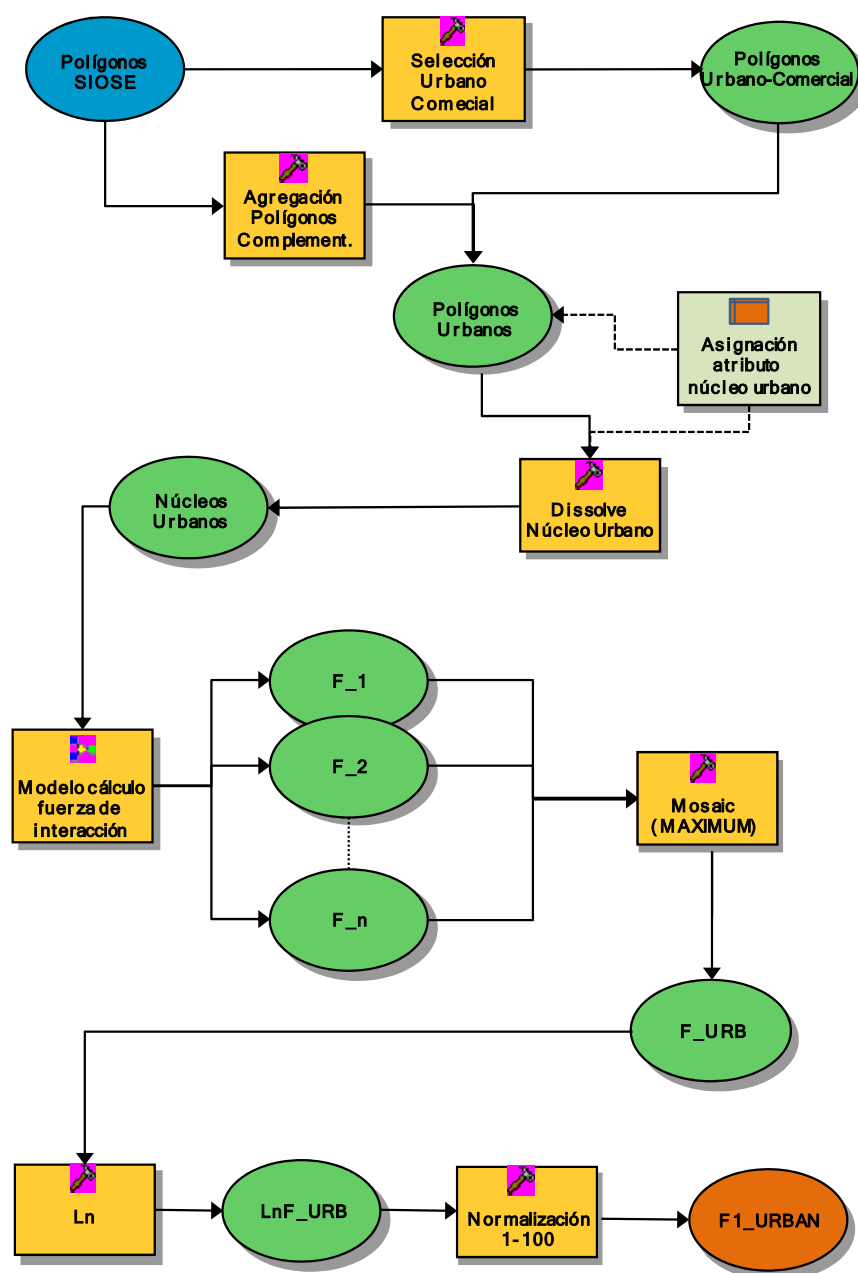


Figura 4.3. Diagrama de procesos para el cálculo de la influencia urbana.

Así, el primer paso será identificar los polígonos SIOSE que se tomarán en consideración, que serán aquellos en los que se localicen actividades urbanas, y por lo tanto sean capaces de generar influencia urbana sobre el entorno circundante. Éstos polígonos serán todos los considerados como 'Núcleos urbanos' (cat. 401) y 'Uso comercial' (cat. 408), a los que se les añadirán manualmente otros polígonos artificiales a tener en cuenta, principalmente dotaciones y equipamientos (cat. 409), así como algunos polígonos de uso industrial (cat. 410) que tengan vecindad con los ya seleccionados. Además, se añade el polígono que representa a Vega de Sariego, ya que a pesar de no estar catalogado como urbano en SIOSE, su condición de capital municipal y las funciones asociadas a ésta le otorgan cierto grado de centralidad.

Con los polígonos SIOSE seleccionados, el siguiente paso es el de asignarles un código único para identificar su pertenencia a una entidad urbana determinada, para posteriormente, mediante la herramienta *Data Management Tools* → *Generalization* → *Dissolve*, obtener una capa de información vectorial (denominada 'Nucleos Urbanos'), que contiene los 114 polígonos cuya influencia se pasará a evaluar, codificados de tal forma que se puedan realizar sobre ellos el siguiente proceso de forma individual.

A partir del mapa generado con los 114 polígonos a evaluar, se procede al cálculo de una capa *raster* para cada uno de ellos, donde se almacenará el valor de influencia sobre los píxeles que rodean al polígono correspondiente. Para ello se utilizó la herramienta *Model Builder* dentro del software *ArcMap*, a fin de establecer un proceso iterativo que vaya calculando individualmente el valor de atracción para cada una de las entidades consideradas. Los pasos de esta instrucción, cuyo diagrama de flujo puede observarse en la *figura 4.4*, son los siguientes:

1. La primera instrucción es la de seleccionar un polígono, a través de su código 'PolyID'. Los pasos que se detallan a continuación se volverán a repetir tantas veces como valores distintos haya para 'PolyID' (en este caso, 114 veces).
2. A partir del polígono seleccionado, el proceso genera dos ficheros *raster*, con un tamaño de píxel de 15 metros y que abarcarán toda la zona de trabajo.
 - 2.1.1. Un *raster* grabando en cada píxel el valor del ID del polígono.
 - 2.1.2. Un *raster* grabando en cada píxel la superficie del polígono.
3. Se calcula la distancia euclídea (herramienta *Euclidean Distance*) para el *raster* generado en el paso 2.1, obteniendo otro fichero donde el valor de cada celda se corresponde con su distancia al polígono. Se establece una distancia máxima de 15 kilómetros.
4. Para el *raster* calculado en el paso 2.2 se extrae de sus propiedades el valor máximo de cada uno (herramienta *Get Raster Properties – MAX*), de manera que los valores extraídos serán iguales y se corresponderán con la superficie del polígono considerado.
5. Con los valores obtenidos en el paso 4 se genera un *raster* con valor constante (herramienta *Create Constant Raster*). El resultado es un fichero *raster* de las mismas dimensiones al generado en el paso 3 y un valor igual para todos sus píxeles, que será el del área del polígono considerado.

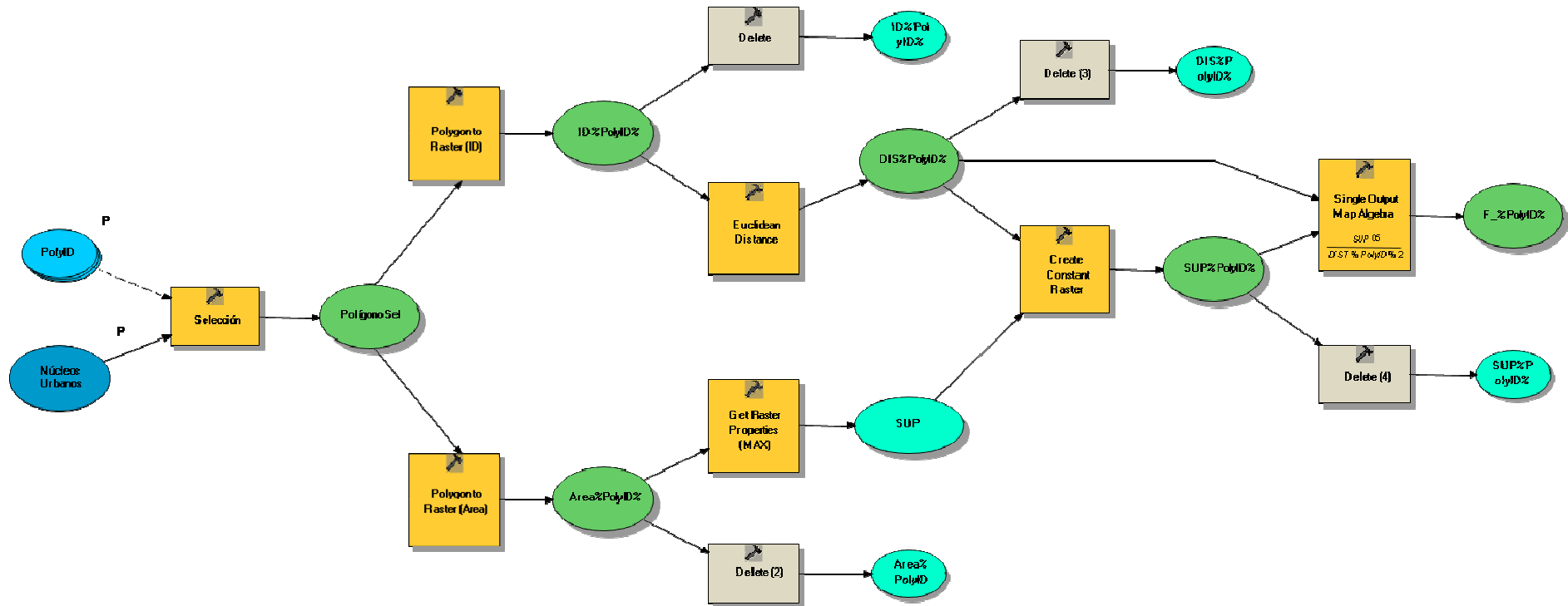


Figura 4.4. Representación Diagrama de geoprosesamiento, elaborado con *Model Builder* de *ArcGIS*, creado para el cálculo de la fuerza de interacción de los núcleos urbanos j sobre las caldas del ámbito de estudio.

6. Se realiza una operación algebraica (herramienta *Single Output Map Algebra*), que servirá para determinar el valor de atracción del polígono sobre cada píxel del resto del fichero. Para ello se empleará la fórmula citada anteriormente, empleando el *raster* generado en el paso 5 para el numerador y el *raster* generado en el paso 3 para el denominador:

$$AI_{ij} = \ln F_{ij} = \frac{SUP_j^{0.5}}{d_{ij}^2}$$

Esta operación ofrecerá como resultado un fichero donde el valor de cada píxel será el resultado de la operación anterior, es decir, el valor de atracción asignado en función de su distancia al polígono y la superficie de éste.

Una vez ejecutada la instrucción anterior para los polígonos considerados, las 114 capas resultantes se unirán en una sola mediante la herramienta *Data Management Tools* → *Raster* → *Raster Dataset* → *Mosaic To New Raster*, seleccionando la opción *MAXIMUM*, obteniendo como resultado un *raster* donde el valor de cada celda será el valor de influencia urbana máximo de entre todos los considerados. El resultado es una capa *raster* de valores continuos con amplio recorrido (comprendidos entre 1 y 1,7170485e-006), con una distribución de los valores muy altos en torno a los perímetros de los polígonos urbanos y una tendencia muy fuerte al decrecimiento con la distancia, alcanzando valores inferiores a 0,01 a menos de 700 metros en el mejor de los casos (alrededores de Gijón).

Así, esta distribución espacial de valores no se ajusta a la distribución real de la influencia urbana en el territorio circundante ya que, aunque es verdad que la influencia urbana es muy intensa en los bordes de la ciudad compacta, no se diluye con tanta rapidez como muestran los resultados obtenidos.

Para corregir este efecto se procedió a la transformación logarítmica de los valores obtenidos, resultando una distribución de valores más equilibrada y normal, que se ajusta mejor a la disminución que el flujo urbano pudiera por efecto de la distancia.

El último proceso de este paso es el de normalizar los valores entre 100 y 1, a fin de ir obteniendo la misma escala de medida para todos los factores considerados en la construcción del índice de influencia urbana. Para ello se aplica la técnica de normalización mínima-máxima, también llamada *'stretching'*, que emplea la siguiente fórmula general:

$$V_n = \frac{(V_0 - V_{\min}) \times (Q_{\max} - Q_{\min})}{(V_{\max} - V_{\min})} + Q_{\min}$$

Donde:

V_n es el valor normalizado,

V_0 es el valor original

V_{max} es el valor máximo del rango original,

V_{min} es el valor mínimo del rango original,

Q_{max} es el valor máximo del nuevo rango,

Q_{min} es el valor mínimo del nuevo rango,

Aplicando esta fórmula a todos los valores, se obtiene el primer factor a considerar (*figura 4.5*).

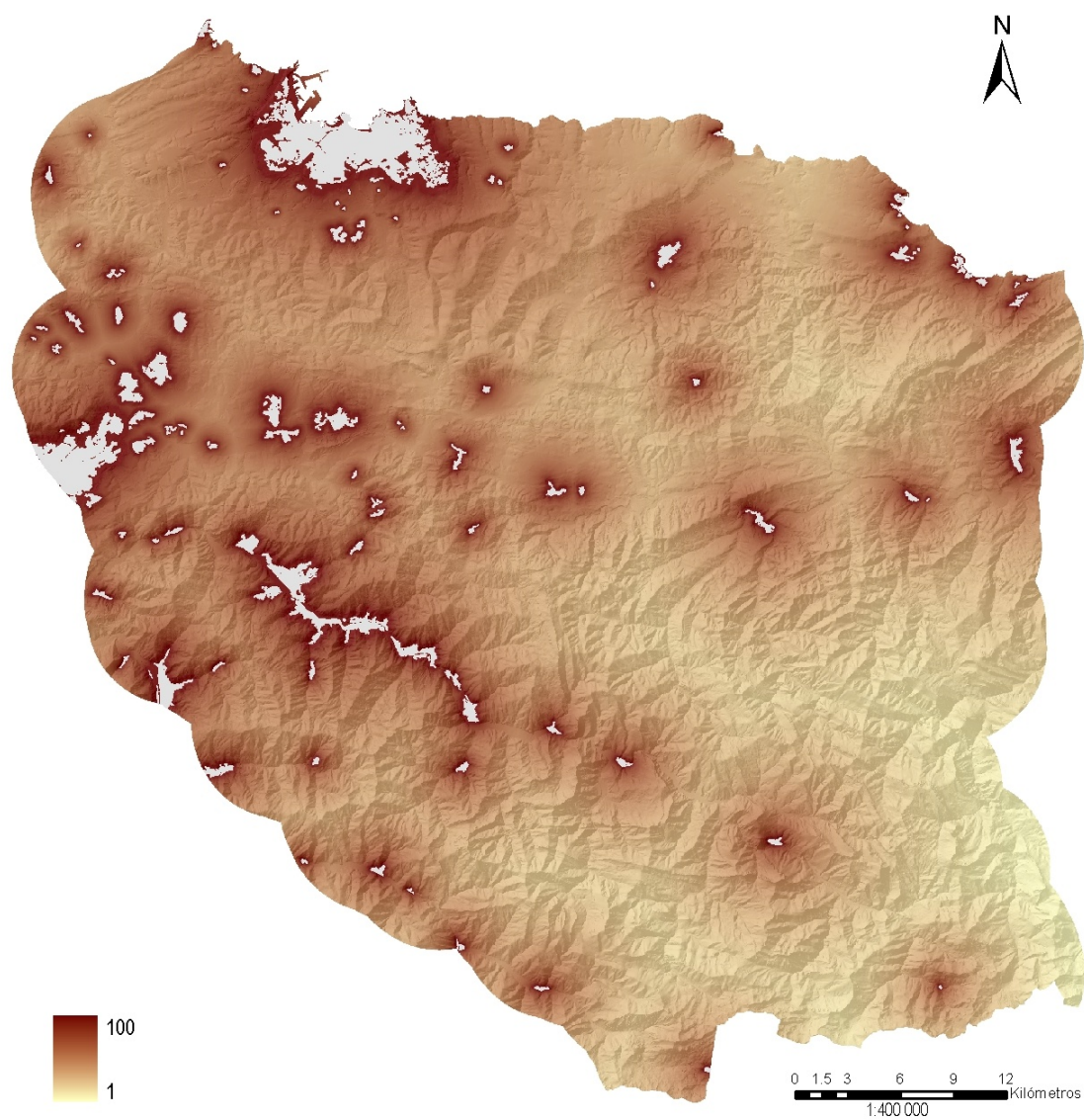


Figura 4.5.
Representación de la influencia de los núcleos urbanos.

4.11.3 Influencia de la pendiente

El segundo de los factores considerados para la determinación del grado de influencia urbana es la pendiente del terreno. Es evidente que cuanto menor sea la pendiente más favorable será el terreno para acoger actividades de carácter urbano o artificial, y por lo tanto más propicia será esa localización para que se materialicen los efectos de la influencia urbana.

Cabe señalar que la mayoría de los estudios consultados sitúan el límite de la urbanización en torno al 15-20 %. Sin embargo, para este trabajo se considerará un rango de pendiente mucho más amplio, de forma que el factor pueda recoger aquellas influencias de carácter más difuso y fragmentado presentes en el área de trabajo, como la urbanización periurbana que aparece en las laderas de la cuenca del Nalón.

Así, el factor de influencia de la pendiente se calculará mediante la normalización mínima-máxima (ver fórmula en el apartado anterior) del inverso de los valores del mapa de pendientes obtenido en el apartado 3.2, truncados por encima del 75 %, considerando este valor como límite a partir del cual una alteración de los usos por influencia urbana se considera improbable.

El resultado será otro fichero *raster* con valores normalizado de 100 a 1, que reflejan la mayor o menor favorabilidad del terreno a acoger actividades urbanas en función de su pendiente (*figura 4.6*).

4.11.4 Influencia de la accesibilidad por carretera

El tercero de los factores considerados es la accesibilidad entendiendo que cuanto más accesible es una localización mayores ventajas presentará para acoger nuevos usos urbanos. Para estudiar esta accesibilidad por carretera y generar el índice correspondiente, se llevará a cabo una normalización mínima-máxima del inverso de las distancias a las vías pavimentadas. Para calcular estas distancias, se ejecuta la herramienta *Euclidean Distance* sobre el mapa de carreteras obtenido en el *apartado 3.4*.

Una vez obtenidas las distancias y llevada a cabo la normalización según el inverso a la distancia, se obtendrá otro fichero *raster* con valores de 100 a 1, que en este caso reflejan la mayor o menor accesibilidad de un punto en función de la cercanía a una vía pavimentada (*figura 4.7*).

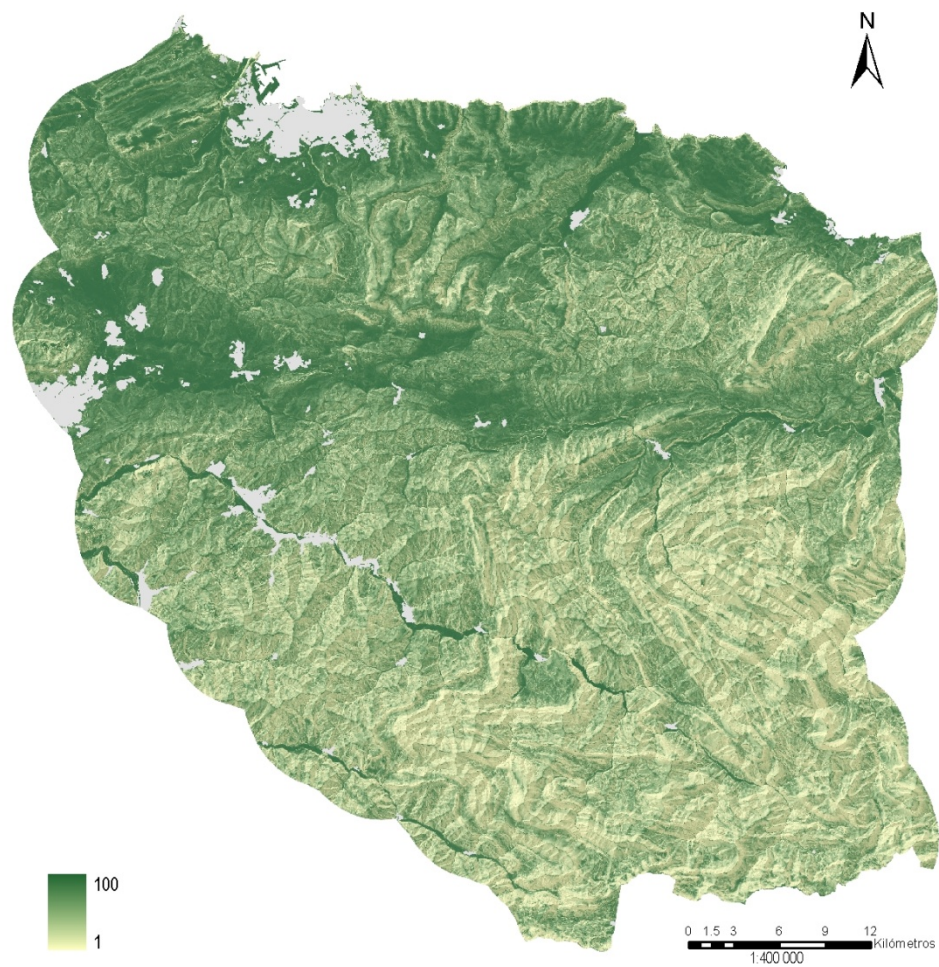


Figura 4.6. Representación de la influencia de la pendiente

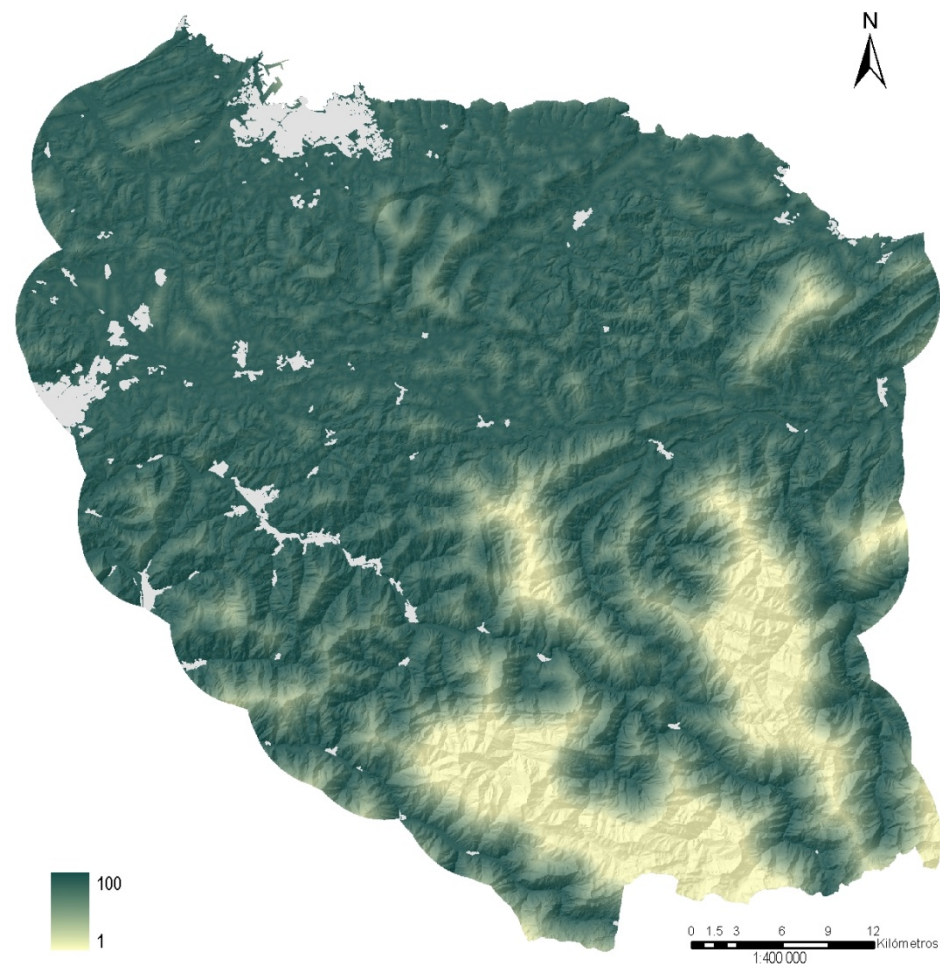


Figura 4.7. Representación de la distancia a carreteras

4.11.5 Presencia de actividades de rechazo

A la hora de valorar la influencia urbana, también hay que tener en cuenta funciones o actividades cuyas instalaciones o lugar de ejecución provocan rechazo, riesgo o malestar entre la población, por lo que su presencia limita el desarrollo urbano. Tal y como señalan *Bosque y Moreno (2004)*, aparece de forma natural el distanciarse de las mismas, en particular en los usos urbanos, para evitar los efectos o impactos negativos que generan dichas actividades.

Algunos autores (*Fernández, J., Fernández, P., Pelegrín, B., 2000*), consideran que es posible modelar el descenso de este rechazo mediante una función que module el nivel de repulsión en origen y su disminución con la distancia. En realidad, estas funciones se basan en modelos de localización basados a su vez en la elasticidad de la demanda de los servicios con respecto a la distancia. En ellos se asume que habrá un punto a partir del cual el coste del recorrido no compensa la utilidad o el beneficio que el consumidor obtendría acudiendo al centro de servicios. La formulación general de estas funciones, según *Bosque y Moreno (2004)*, sería:

$$d_{ij} = d_i (1 - b \times t_{ij})$$

Donde:

d_{ij} es la demanda de la zona i respecto a centro de servicios j ,

d_i es la demanda de la zona i ,

t_{ij} es la distancia entre la zona i y el centro de servicios j , y

b es el parámetro de descenso de la demanda con la distancia.

En el caso de las actividades de rechazo, se asume que las externalidades negativas de una instalación disminuyen progresivamente con la distancia, desapareciendo a partir de un punto determinado que se encuentre lo suficientemente alejado. La progresión en la que el grado de repulsión disminuye con la distancia depende de múltiples factores como el tamaño de la instalación, la naturaleza de la actividad y de los efectos negativos que ejerce sobre el entorno o la vulnerabilidad de los receptores a dichos efectos.

Para la incorporación de este factor al estudio, se considerará tan sólo la distancia como factor para modelar la repulsión a determinados tipos de actividades tales como: canteras, industria pesada, vertederos, depuradoras o establecimientos penitenciarios. Asimismo, se ha considerado que todas ellas responden al mismo patrón de difusión y que los efectos negativos dejan de sentirse en el territorio circundante a dos kilómetros.

Para ello se creó una función que determina el valor de factor de atractivo de cada localización para acoger usos urbanos según la proximidad a las instalaciones que generan el rechazo. Esta función es:

$$FR = 100 - \left(100/1 + EXP(-2 + d_{ij} \times 0,004)\right)$$

Donde:

FR es el valor del factor de rechazo,

d_{ij} es la distancia euclídea entre i y j .

La representación de esta función puede verse en la *figura 4.8*.

Así, para el cálculo de este factor, en un primer paso se seleccionan manualmente los polígonos que representan actividades de rechazo, generando una capa *raster* con todos ellos. Posteriormente, se ejecuta la herramienta *Euclidean Distance* sobre esta capa, obteniendo los valores necesarios para incluir en la función de rechazo expresada anteriormente.

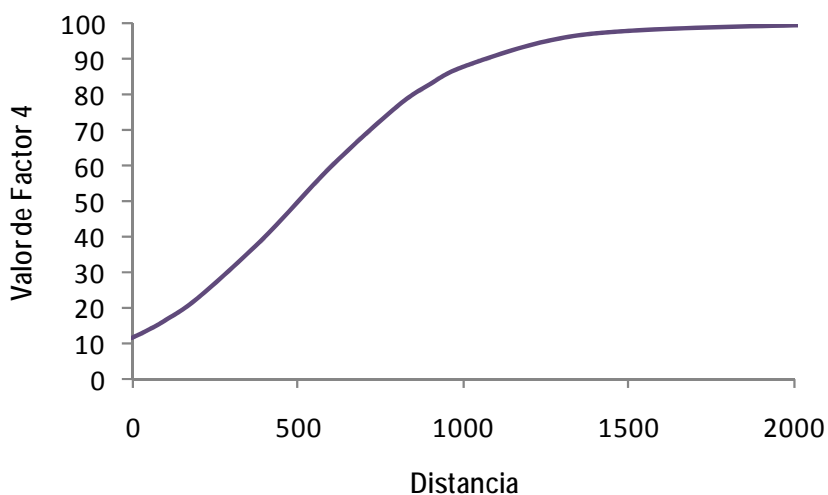


Figura 4.8.
Representación de la función de valoración del territorio según la distancia a la actividad de rechazo.

El paso final será aplicar esta función sobre la capa *raster* con las distancias euclídeas, obteniendo como resultado un mapa *raster* que representa el factor de rechazo, con valores normalizados de 1 a 100. Sin embargo, para este caso, el valor mínimo obtenido es 12, que representa las zonas con mayor rechazo debido a las actividades desarrolladas en su alrededor.

La distribución espacial de este factor sobre el área de estudio se muestra en la *figura 4.9*.

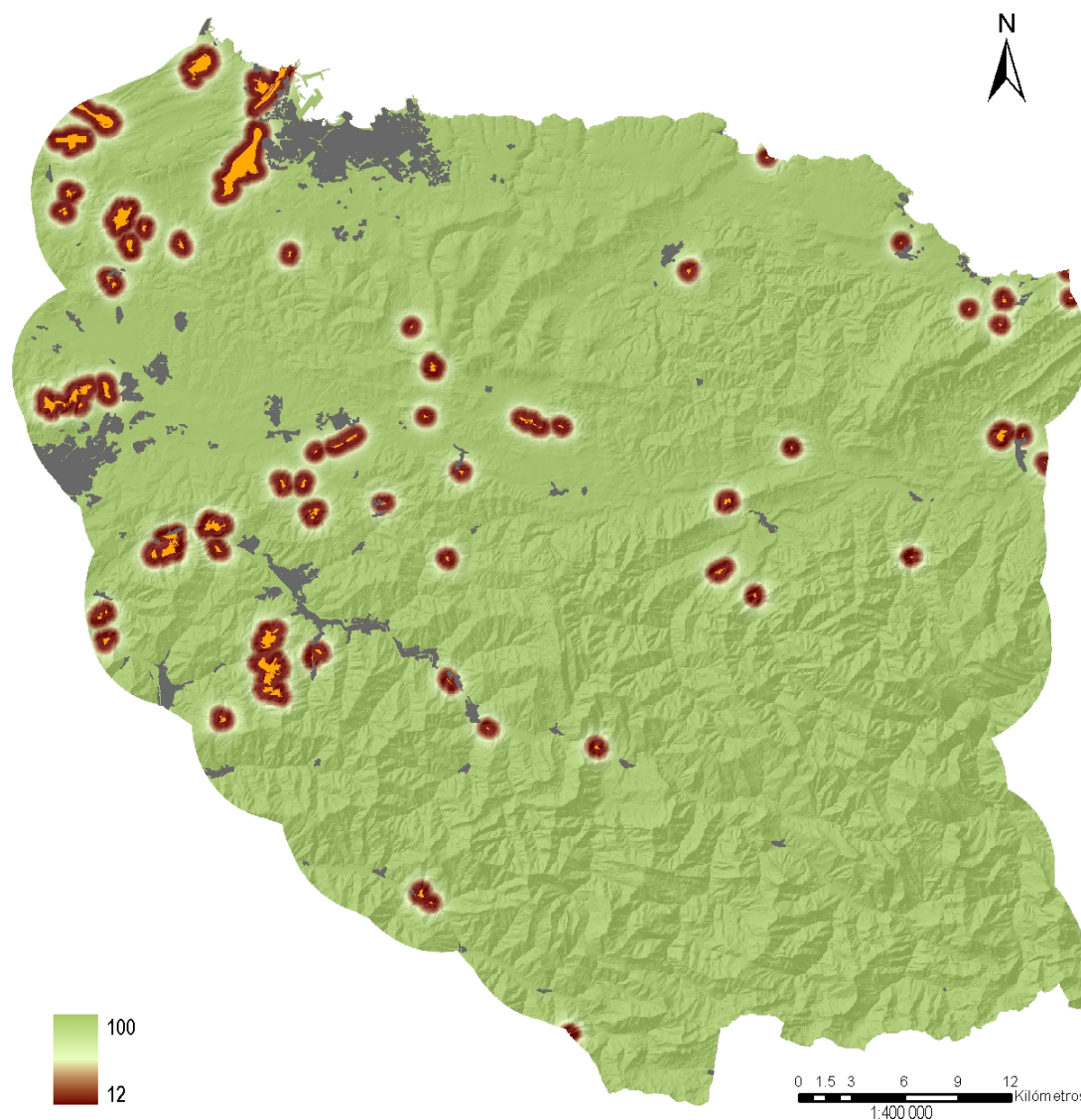


Figura 4.9.
Representación del factor de actividades de rechazo.

4.11.6 Integración de los factores

Para integración de los factores se aplicaron técnicas de evaluación multicriterio, que permiten desarrollar un modelo en el que se combinan y valoran simultáneamente varios criterios (base para la toma de decisión). Estos se componen de factores, es decir, aspectos que fortalecen o debilitan los criterios, a través del manejo de sus atributos (variables) dentro de unas determinadas reglas de decisión y valoración.

En el presente trabajo se recurre a la combinación ponderada lineal, o ponderación simple aditiva, un procedimiento o técnica para la evaluación multicriterio en el que los criterios continuos (factores) se estandarizan en un rango numérico común, y luego se combinan por medio de un promedio ponderado. Se trata de una técnica compensatoria⁶ cuya formulación matemática es:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j c_{ij}$$

Donde:

- S_i es el valor de aptitud de la localización i ,
- w_j es el peso asignado a cada factor j , y
- c_{ij} es el valor del factor j en la localización i .

En este caso, los factores a tener en cuenta son los cuatro calculados en los apartados anteriores. Tras realizar diferentes ensayos, la asignación final de pesos a los factores es la siguiente:

- Factor 1, **influjo urbano**: 28,6
- Factor 2, **pendiente del terreno**: 28,6
- Factor 3, **accesibilidad** : 21,4
- Factor 4, **actividades de rechazo**: 21,4

Atendiendo al objeto de esta parte del trabajo, se ha optado por dotar del peso más alto a los factores de influjo urbano y pendiente, considerando que son los más determinantes para que la influencia urbana se materialice en un cambio o una sustitución de usos.

Por el contrario se ha decidido asignar un peso ligeramente inferior a los factores de accesibilidad y presencia de actividades de rechazo, ya que su propia distribución territorial ya aporta una fuerte diferenciación espacial. Esta diferenciación es más clara en las actividades de rechazo, pero también es muy importante en el caso de la accesibilidad, que presenta valores muy altos en buena parte del ámbito, disminuyendo significativamente en las zonas con topografía más accidentada y alejadas de los principales centros urbanos.

⁶ Las técnicas no compensatorias demandan una jerarquización ordinal de los criterios basada en las prioridades de la evaluación, es decir, mediante la indicación de un valor ordinal o bien el orden de importancia de los criterios, sin establecer un peso de manera cuantitativa. Por su parte, las técnicas compensatorias requieren que se especifiquen los pesos de los criterios como valores cardinales o funciones de prioridad, de manera numérica en escala de razón. (*Galacho, F.B. y Ocaña, C., 2006*).

En consecuencia, la integración de los cuatro factores se realiza aplicando la regla de decisión que se muestra a continuación:

$$INF_URBANA = ([F1_URBAN \times 0,286] + ([F2_PEND] \times 0,286) + ([F3_CARRE] \times 0,214) + ([F4_AR] \times 0,214)$$

El resultado es un nuevo mapa *raster* con valores comprendidos entre 25,14 y 99,95, que representan la aptitud de cada celda con respecto al problema planteado, en este caso la susceptibilidad de que el territorio se vea más o menos afectado por la influencia urbana.

4.11.7 Resultado final

Para estudiar los valores obtenidos en el apartado anterior, se genera una gráfica que muestre la distribución de valores según el número de celdas, la cual se puede apreciar en la *figura 4.10*.

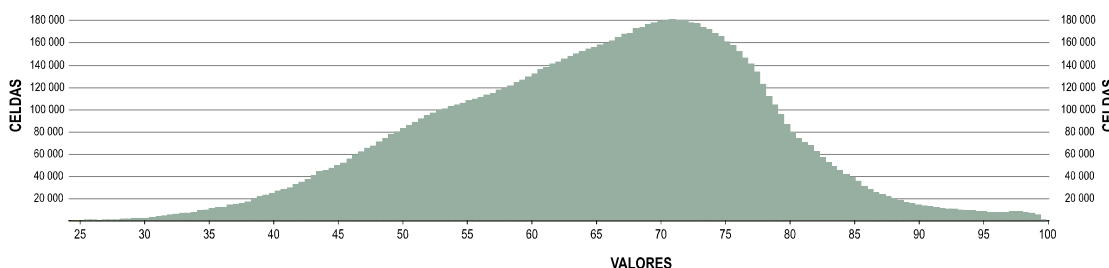


Figura 4.10. Histograma de los valores de la capa del grado de influencia urbana en el ámbito de trabajo.

Se puede ver como los valores siguen una distribución no lineal y asimétrica, con un progresivo ascenso hasta alcanzar el valor 70 y un brusco cambio de la tendencia de la curva hasta alcanzar los valores 80-85, a partir de los cuales la pendiente se hace más suave para terminar con un reducido grupo de elementos cuyo valor está por encima de 90. El valor medio de los elementos contemplados es de 66,39, mientras que la mediana de la distribución se sitúa en 67, con una desviación típica de 12,77. A partir de estas características y de la interpretación de los resultados territoriales, se realizó la segmentación de los valores para obtener la clasificación del ámbito en zonas de influencia urbana, considerando para ello seis zonas, basadas en la clasificación de *Bryant, Russwurm y McLellan* detallada en el *apartado 4.11.1*: frente urbano, periurbano interno, periurbano externo, sombra urbana, rural intermedio y rural externo.

Para realizar esta distinción, en primer lugar se realizó la segmentación de la muestra en cinco grupos, a partir de los valores coincidentes con los percentiles 20, 40, 60 y 80. En esta primera aproximación se determinó que la distribución de las celdas incluidas en los percentiles 40 y 60 respondían bien las zonas de rural intermedio y rural externo respectivamente. Del mismo modo, el percentil 80 establece el límite entre el frente urbano y el periurbano interno.

Para la segmentación del resto de los valores se procedió al análisis de las tasas de variación de los valores ordenados del grado de influencia urbana, con uno y dos grados de retardo. A partir de este análisis y de la comprobación de la coherencia territorial de los resultados, se establecieron los puntos de corte para las restantes categorías.

Los cortes definidos para la diferenciación de las de las seis zonas fueron (figura 4.11):

- Frente urbano: >90
- Periurbano interno: 90 – 83,57
- Periurbano externo: 83,57 – 78,57
- Sombra urbana: 78,57 – 71,43
- Rural intermedio: 71,43 – 62,86
- Rural externo: < 62,86

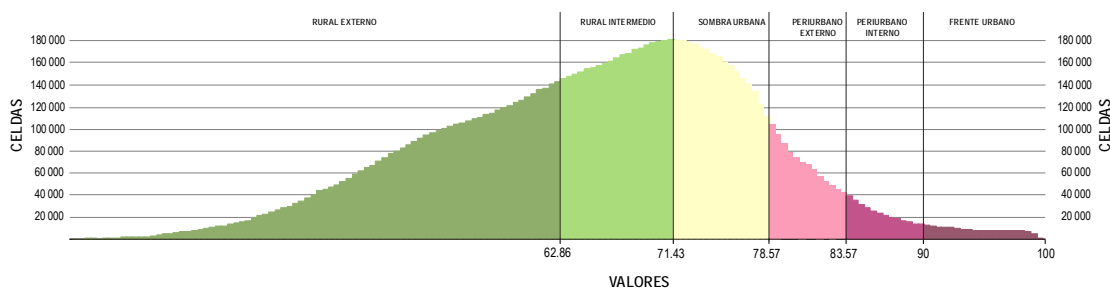


Figura 4.11. Histograma y clasificación de la capa de zonas de influencia urbana en el ámbito de trabajo.

En el Mapa 12, dentro del ANEXO III, se muestra la distribución de la influencia urbana dentro del área de trabajo, reclasificado según las categorías anteriores. La distribución del territorio según la zonificación de influencia urbana se muestra en la siguiente tabla.

Zonas de influencia urbana	Píxeles		Superficie	
	Número	%	ha	%
Rural externo	4.367.142	37,55	98260,695	37,55
Rural intermedio	3.062.672	26,33	68910,12	26,33
Sombra urbana	2.498.406	21,48	56214,135	21,48
Periurbano externo	843.758	7,25	18984,555	7,25
Periurbano interno	408.152	3,51	9183,42	3,51
Frente urbano	194.131	1,67	4367,9475	1,67
Urbano	256.431	2,20	5769,6975	2,20
TOTAL	11.630.692	100	261690,57	100

Tabla 4.12. Distribución de la influencia urbana dentro del área de trabajo.

4.11.8 Análisis por municipios

Una vez calculada la información anterior, podemos pasar a analizarla detalladamente centrándonos en los municipios objeto de estudio. Así, en la siguiente tabla, se muestra la distribución de los diferentes niveles de influencia por concejos:

CONCEJO	URBANO	FRENTE URBANO	PERIURBANO INTERNO	PERIURBANO EXTERNO	SOMBRA URBANA	RURAL INTERMEDIO	RURAL EXTERNO	TOTAL
Superficies (km ²)								
Bimenes	14.53	24.81	73.91	219.46	1 570.84	3 680.69	1 774.05	7 358.29
Cabranes	16.30	9.16	74.06	159.17	2 061.75	5 463.40	923.81	8 707.65
Caso	37.46	32.40	69.15	271.60	1 943.14	10 841.80	55 884.18	69 079.74
Colunga	190.15	251.61	745.71	2 019.53	5 664.33	6 956.28	6 109.27	21 936.88
Gijón	5 495.19	3 613.31	4 832.06	5 150.39	11 755.83	7 938.56	2 253.47	41 038.80
Langreo	1 122.00	769.15	1 175.46	2 250.13	5 162.18	5 499.14	2 622.07	18 600.13
Laviana	248.32	142.31	290.33	842.50	3 874.89	10 812.08	13 151.67	29 362.10
Nava	73.81	110.46	665.31	2 326.37	5 568.04	6 241.86	6 541.10	21 526.97
Noreña	186.45	318.23	289.63	43.59	289.83	100.59	5.57	1 233.88
Piloña	107.83	164.33	528.83	1 616.91	9 763.39	17 516.40	34 361.92	64 059.61
SMR Aurelio	448.49	293.27	456.08	1 092.13	3 449.79	5 280.24	1 620.51	12 640.51
Sariego	17.36	48.80	202.85	796.79	2 072.13	1 832.88	837.59	5 808.41
Siero	1 117.24	1 352.45	4 595.08	9 052.10	16 823.40	11 205.49	3 243.44	47 389.20
Sobrescobio	34.93	34.37	89.00	246.34	1 410.56	2 046.62	11 813.70	15 675.53
Villaviciosa	218.65	311.14	1 333.26	5 014.31	27 409.94	20 409.32	6 708.32	61 404.94
TOTAL	9 328.72	7 475.79	15 420.73	31 101.32	98 820.05	115 825.34	147 850.67	425 822.62
Porcentajes con respecto al total municipal.								
Bimenes	0.20	0.34	1.00	2.98	21.35	50.02	24.11	100.00
Cabranes	0.19	0.11	0.85	1.83	23.68	62.74	10.61	100.00
Caso	0.05	0.05	0.10	0.39	2.81	15.69	80.90	100.00
Colunga	0.87	1.15	3.40	9.21	25.82	31.71	27.85	100.00
Gijón	13.39	8.80	11.77	12.55	28.65	19.34	5.49	100.00
Langreo	6.03	4.14	6.32	12.10	27.75	29.57	14.10	100.00
Laviana	0.85	0.48	0.99	2.87	13.20	36.82	44.79	100.00
Nava	0.34	0.51	3.09	10.81	25.87	29.00	30.39	100.00
Noreña	15.11	25.79	23.47	3.53	23.49	8.15	0.45	100.00
Piloña	0.17	0.26	0.83	2.52	15.24	27.34	53.64	100.00
SMR Aurelio	3.55	2.32	3.61	8.64	27.29	41.77	12.82	100.00
Sariego	0.30	0.84	3.49	13.72	35.67	31.56	14.42	100.00
Siero	2.36	2.85	9.70	19.10	35.50	23.65	6.84	100.00
Sobrescobio	0.22	0.22	0.57	1.57	9.00	13.06	75.36	100.00
Villaviciosa	0.36	0.51	2.17	8.17	44.64	33.24	10.92	100.00
TOTAL	2.19	1.76	3.62	7.30	23.21	27.20	34.72	100.00
Porcentajes con respecto al total de cada zona.								
Bimenes	0.16	0.33	0.48	0.71	1.59	3.18	1.20	1.73
Cabranes	0.17	0.12	0.48	0.51	2.09	4.72	0.62	2.04
Caso	0.40	0.43	0.45	0.87	1.97	9.36	37.80	16.22
Colunga	2.04	3.37	4.84	6.49	5.73	6.01	4.13	5.15
Gijón	58.91	48.33	31.33	16.56	11.90	6.85	1.52	9.64
Langreo	12.03	10.29	7.62	7.23	5.22	4.75	1.77	4.37
Laviana	2.66	1.90	1.88	2.71	3.92	9.33	8.90	6.90
Nava	0.79	1.48	4.31	7.48	5.63	5.39	4.42	5.06
Noreña	2.00	4.26	1.88	0.14	0.29	0.09	0.00	0.29
Piloña	1.16	2.20	3.43	5.20	9.88	15.12	23.24	15.04
SMR Aurelio	4.81	3.92	2.96	3.51	3.49	4.56	1.10	2.97
Sariego	0.19	0.65	1.32	2.56	2.10	1.58	0.57	1.36
Siero	11.98	18.09	29.80	29.11	17.02	9.67	2.19	11.13
Sobrescobio	0.37	0.46	0.58	0.79	1.43	1.77	7.99	3.68
Villaviciosa	2.34	4.16	8.65	16.12	27.74	17.62	4.54	14.42
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabla 4.13. Distribución de las zonas de influencia urbana por concejos.

Esta misma información puede consultarse de forma gráfica en la *figura 4.12*.



Figura 4.12. Distribución de las zonas de influencia urbana por concejos.

4.12 INFLUENCIA DE LOS NÚCLEOS RURALES

La influencia de los núcleos rurales en la evolución de los usos del suelo se estudiará teniendo en cuenta la posibilidad de las áreas de su entorno a estar influidas o no por la cercanía de un núcleo rural.

Para ello, el primer paso será agrupar todos los núcleos rurales. Para conseguir esto, se genera una capa que contenga únicamente los núcleos rurales (cod. 402), sobre la cual se realizan las siguientes operaciones:

1. A través de la herramienta *Merge*, unimos todas las entidades del fichero en un sola.
2. Con la herramienta *Explote Multi-Part Feature*, volvemos a separar todas las entidades, pero en este caso solo se separarán aquellas que no sean contiguas, por lo que aquellos polígonos que inicialmente fuesen adyacentes, quedarán definidos como una única entidad.
3. El resultado será una capa donde cada uno de los núcleos rurales queda representado por un solo polígono.

Una vez obtenidos los polígonos que representan los núcleos urbanos, consideraremos que su influencia sobre el entorno se extenderá en una distancia proporcional a su superficie. Así, se considerará que el área de influencia ha de ser igual a la superficie de la propia entidad. De esta forma, teniendo en cuenta la fórmula del área de una circunferencia:

$$A = \pi \cdot R^2$$

El radio de atracción a considerar para cada una de las entidades será:

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

De cara al trabajo no solo tendremos en cuenta la influencia de los núcleos rurales sobre el entorno más cercano, sino que además se considerará que todas aquellas zonas algo más alejadas pero que sean accesibles por vial asfaltado estarán sometidas también a la influencia del núcleo rural debido al fácil acceso desde el mismo. Por este motivo, se definirán dos zonas de influencia. La primera tendrá un radio proporcional a la superficie, tal y como se ha explicado, y la segunda tendrá un radio igual a tres veces el primer valor,

aunque dentro de esta segunda zona de influencia solo se tendrán en cuenta aquellas zonas ubicadas en el entorno de los viales asfaltados.

Así, una vez calculado el radio de influencia correspondiente a cada polígono, se generan las dos zonas de influencia para cada uno. Una vez obtenidas, para extraer únicamente las zonas influenciadas por las carreteras dentro de la segunda zona, se siguen los siguientes pasos:

1. Se genera una *Buffer* de 20 metros sobre la capa de carreteras obtenida en el apartado 3.4.
2. A través de la herramienta *Erase*, se elimina de la segunda zona de influencia la superficie correspondiente a la primera, para que ésta no esté contenida en la segunda. De esta forma se obtienen ambas zonas diferenciadas.
3. Con ambas zonas diferenciadas, se ejecuta la herramienta *Clip* sobre la segunda zona de influencia de cada polígono, utilizando como capa de referencia el *buffer* de carreteras obtenido en el paso 1. El resultado del proceso proporciona únicamente las áreas de la segunda zona de influencia que están afectadas por las carreteras.
4. A través de la herramienta *Merge* se unen todas las entidades, resultando un mapa con las zonas de influencia de los núcleos rurales según las consideraciones establecidas.

Como resultado final se obtienen todas las zonas influenciadas por los núcleos rurales en base a las consideraciones establecidas. Esta distribución se muestra en el Mapa 13, dentro del ANEXO III. La distribución de la superficie según esté o no influenciada por los núcleos rurales se muestra en la siguiente tabla.

Influencia de los núcleos rurales	Superficie	
	ha	%
Núcleos rurales	13229,80	5,05
Área de influencia de los núcleos rurales	47653,80	18,21
Zonas sin influencia de los núcleos rurales	200842,49	76,74
TOTAL	261726,09	100

Tabla 4.14. Distribución de la superficie según la influencia de los núcleos rurales.

4.13 CONCLUSIONES AL ANÁLISIS DE VARIABLES

En base a la caracterización de cada una de las variables que se ha ido viendo en los apartados anteriores, se pueden sacar varias conclusiones a tener en cuenta antes de proceder con el estudio definitivo de evolución potencial de los usos del suelo.

Por un lado, ha quedado patente el poco peso de algunas de las categorías, algunas de las cuales cuentan con muy pocos polígonos, lo que hace que cualquier conclusión que se pueda sacar sobre ellas no sea representativa. De esta manera, se considera que la mejor solución es agrupar las categorías actuales en unos usos más acotados, donde cada una de las categorías generadas tenga un peso importante dentro del total de la superficie considerada. Con esto se conseguirá por un lado una reducción de los usos, que favorecerá el manejo posterior de los datos, y por otro se ganará coherencia a la hora de realizar cualquier tipo de análisis sobre los mismos.

También se puede observar como la altitud y la pendiente son variables que caracterizan claramente casi todos los usos, por lo que serán determinantes a la hora de estudiar la posible evolución del aprovechamiento del terreno.

Por otro lado se puede observar como otras variables, como es el caso de la orientación, no son para nada determinantes a la hora de caracterizar claramente alguno de los usos. Por este motivo, y dado que el análisis posterior buscará caracterizar de manera clara las mejores condiciones para uno u otro aprovechamiento, esta variable no será tenida en cuenta.

4.14 USOS DEFINITIVOS DERIVADOS DEL SIOSE 2005 Y EL ANÁLISIS DE VARIABLES

En base a lo comentado en el apartado anterior, se procederá a una última clasificación de los usos del suelo derivados de la información SIOSE, obteniendo una distribución definitiva de los usos de partida.

Así, en el caso de los usos forestales, se hará únicamente una distinción entre el forestal de plantación, el forestal natural y el mosaico forestal. En el caso agrícola se considerarán todos los cultivos por igual, manteniendo la categoría de mosaico agrícola, que como se explicará a continuación, incluirá los polígonos catalogados como 'Mosaico agrario de prados'. En el caso ganadero se mantendrán los tres usos principales, además de un mosaico que agrupará todos los polígonos que no pertenecen claramente a alguna de las otras categorías.

De esta manera, las categorías definitivas serán las siguientes:

151. Forestal de plantación

152. Forestal natural

153. Mosaico forestal

251. Agrícola

252. Mosaico agrícola

351. Prados

352. Pastizal

353. Matorral

354. Mosaico ganadero

La asignación de polígonos a cada una de las nuevas categorías se hizo de la manera que se describe a continuación.

151. Forestal de plantación

Se incluyen en esta categoría todos los polígonos incluidos anteriormente en las categorías 101, 102, 103 y 108.

Además, se estudia qué polígonos de la categoría 107 (Matorral y pastizal procedente de cortas) cumplen con las condiciones para incluirse dentro de esta categoría, en base a la caracterización de usos en función en cada variable llevada a cabo en los apartados anteriores. Considerando como condiciones fundamentales la altitud menor o igual a 400 metros, la pendiente entre el 25% y el 45% y una parcelación igual o inferior a 5 parcelas por hectárea, los polígonos que cumplan con estas características se incluyen en esta categoría.

152. Forestal natural

Se incluyen en esta categoría todos los polígonos incluidos anteriormente en las categorías 104, 105, 106 y 109.

153. Mosaico forestal

Se incluyen en esta categoría todos los polígonos incluidos anteriormente en las categorías 110 y 111, así como los de la categoría 107 que no cumplen las condiciones para ser incluidos en la categoría 151.

251. Agrícola

Agrupar todos los polígonos incluidos anteriormente en las categorías 201, 202, 203, 204 y 205.

252. Mosaico agrícola

En esta categoría se incluyen todos los polígonos considerados anteriormente en la categoría 304 (Mosaico agrario de prados), con el objetivo de no perder su distinción, ya que en el contexto del área de trabajo tienen una destacada presencia, siendo en su mayor parte plantaciones de manzano, en combinación con prados.

351. Prados

Se incluyen en esta categoría todos los polígonos incluidos anteriormente en la categoría 301, además de algunos de los incluidos en la categoría 306.

Así, en función de la caracterización de los prados, se estudiarán todos los polígonos incluidos en la categoría 306. Dado que las condiciones más favorables para los prados son una altitud inferior a 600 metros y una pendiente igual o inferior a 45 %, todos aquellos polígonos que cumplan con estas consideraciones serán incluidos en esta categoría. De los polígonos restantes también se incluirán aquellos que no pasen a ser considerados como pastizal y contengan un 50 % o más de prados.

352. Pastizal

Se incluyen en esta categoría todos los polígonos incluidos anteriormente en la categoría 301, además de algunos de los incluidos en las categorías 305 y 306.

De esta manera, teniendo en cuenta las condiciones favorables para el pastizal, que son una altitud superior a los 400 metros, una pendiente superior a 35 % y

una parcelación baja o muy baja, se incluirán en esta categoría todos los polígonos de las categorías 304 y 305 que cumplan con estas consideraciones.

353. Matorral

Se incluyen en esta categoría todos los polígonos incluidos anteriormente en la categoría 303, además de algunos de los incluidos en la categoría 305.

Los polígonos de la categoría 305 a incluir, serán aquellos que cumplan con las características del matorral, que son una altitud superior a los 400 metros, una pendiente superior a 35 % y una parcelación baja o muy baja.

354. Mosaico ganadero

En esta categoría se incluirán todos los polígonos de las categorías 304 ó 305 que no hayan sido incluidos en los prados, el pastizal o el matorral según las consideraciones descritas anteriormente.

Una vez hechas estas consideraciones, la distribución de los polígonos dentro de estos usos definitivos es la siguiente:

Uso del suelo	Polígonos		Superficie	
	Número	%	ha	%
Forestal de plantación	834	4,11	12069,26	4,61
Forestal natural	1832	9,02	63782,90	24,37
Mosaico forestal	705	3,47	9796,50	3,74
Matorral	1800	8,86	41991,06	16,04
Mosaico ganadero	923	4,54	9296,52	3,55
Pastizal	746	3,67	12097,60	4,62
Prados	3201	15,76	47295,52	18,07
Mosaico agrícola	1136	5,59	20665,69	7,90
Agrícola	599	2,95	10059,76	3,84
Artificial	7403	36,45	26992,93	10,31
Otros usos	1132	5,57	7678,34	2,93
TOTAL	20311	100	261726,09	100

Tabla 4.15. Distribución de usos del suelo según la interpretación definitiva de la información SIOSE (fichero vectorial).

El resultado final obtenido puede verse con detalle en el Mapa 14 dentro del ANEXO III, donde se representa cada uno de los polígonos según su categoría. Para mejorar la visualización del mapa, se harán dos distinciones. Así, dentro de los núcleos rurales, se distinguirá entre los asentamientos periurbanos y los asentamientos rurales, considerando

‘Asentamientos Periurbanos’ todos aquellos que estando en los concejos de Oviedo, Gijón, Siero, Langreo, Mieres, Noreña o San Martín del Rey Aurelio se encuentren dentro de la sombra urbana o el periurbano externo, o los que sin estar en alguno de esos concejos estén dentro de la zona considerada como periurbano externo. El resto de núcleos rurales serán considerados ‘Asentamientos Rurales’. Por otro lado, dentro de la categoría ‘Otros Usos’ se distinguirá entre el agua y las coberturas húmedas y el resto de usos (roquedos, playas, etc.) a fin de obtener una mejor representación gráfica de ambas categorías.

Como se detallará en el siguiente apartado, de cara al estudio de evolución potencial de usos del suelo, se trabajará con ficheros *raster* de tamaño de celda 15x15 metros. Así, transformando el mapa obtenido a este formato, se obtiene la siguiente distribución de usos, que queda plasmada de cara a poder establecer las comparaciones oportunas con los resultados que se obtengan en el siguiente apartado.

Uso del suelo	Píxeles		Superficie	
	Número	%	ha	%
Forestal de plantación	536.320	4,61	12067,20	4,61
Forestal natural	2.835.441	24,38	63797,42	24,38
Mosaico forestal	435.384	3,74	9796,14	3,74
Matorral	1.866.210	16,04	41989,73	16,04
Mosaico ganadero	413.092	3,55	9294,57	3,55
Pastizal	537.550	4,62	12094,88	4,62
Prados	2.102.105	18,07	47297,36	18,07
Mosaico agrícola	918.669	7,90	20670,05	7,90
Agrícola	447.054	3,84	10058,72	3,84
Artificial	1.199.265	10,31	26983,46	10,31
Otros usos	341.183	2,93	7676,62	2,93
TOTAL	11.632.273	100	261726,14	100

Tabla 4.16. Distribución de usos del suelo según la interpretación definitiva de la información SIOSE (fichero *raster*).

5. ANÁLISIS MULTIVARIABLE DE LA POTENCIALIDAD DE USOS

5.1 OBJETO DEL ANÁLISIS

Tras llevar a cabo todos los pasos descritos con anterioridad, se dispone de un archivo por cada una de las variables que formarán parte del análisis de potencialidad de usos.

De cara a obtener unos resultados óptimos, en este momento se hace necesario desprenderse de los polígonos procedentes del SIOSE como unidades de trabajo, ya que si el análisis de potencialidad de usos se realiza sobre los polígonos, se pierde la posibilidad de discernir entre la variabilidad que pueda existir dentro de cada uno, sobretodo dentro de aquellos que cuentan con una amplia extensión. Es una medida obligada, ya que emplear como unidad mínima de información los polígonos SIOSE no sería lo más adecuado de cara a la finalidad del estudio.

Así, cada uno de los mapas representativos de cada variable será considerado en formato *raster* con un tamaño de celda de 15x15 metros, por lo que todas las variables se pasarán a este formato.

Se obtienen un total de 10 ficheros *raster*, cada uno de los cuales representa una de las variables a tener en cuenta dentro del estudio. Tras las conclusiones obtenidas en el *apartado 4.13*, estas variables serán: usos del suelo actuales, influencia urbana, altitud, pendiente, rugosidad, parcelación, erosión, potencialidad edáfica, productividad forestal e influencia de los núcleos rurales.

Así, el objetivo de este paso es analizar el uso potencial de cada uno de los píxeles, estableciendo unos condicionantes evolutivos para cada uno de los usos actuales.

5.2 PROCEDIMIENTO Y CRITERIOS A SEGUIR

El procedimiento para llevar a cabo el estudio de la potencialidad de usos se basará en el establecimiento de diferentes criterios evolutivos, que condicionaran la evolución o el mantenimiento de los usos actuales. Estos criterios se basarán en la caracterización de cada uso descrita en el *apartado 4* de esta memoria, gracias a la cual se conocen las condiciones en las que se desarrolla cada uso dentro de la zona de trabajo.

Así, para cada uno de los usos definitivos, descritos en el *apartado 4.14*, se estudiarán las diferentes posibilidades evolutivas o de mantenimiento de la actividad actual.

Dentro de cada uso los criterios se aplicarán por orden de importancia, de manera que todos aquellos píxeles clasificados según uno de los criterios, no podrán ser clasificados según otro posterior. En este punto, y dado que la influencia de los núcleos urbanos sobre su entorno, los dos primeros criterios a aplicar en todos los usos serán los referidos a la evolución de la actividad actual hacia un uso artificial. Estos criterios serán:

- **Criterio 1:** todos aquellos píxeles incluidos dentro del área considerada como 'Frente urbano' en el mapa de influencia urbana, tendrán una potencialidad de uso artificial, por lo que serán considerados como tales en el resultado final.
- **Criterio 2:** todos aquellos píxeles incluidos dentro del área considerada como 'Periurbano interno' en el mapa de influencia urbana, serán considerados como tales, entendiendo que pertenecen a zonas que mantendrán su uso actual a la espera de que futuras actuaciones urbanísticas conviertan ese suelo en artificial.

Una vez establecidos estos criterios, que serán los primeros en aplicar a cada uno de los usos, se explican el resto de condicionantes empleados dentro de cada uso actual. Todo el proceso se llevó a cabo a través de la herramienta *Raster Calculator*, que permite indicar todos los condicionantes considerados, generando un fichero *raster* por cada uno de los criterios establecidos, donde únicamente tendrán un valor asignado los píxeles que cumplan esa condición. Una vez descritos todos los criterios, en la *tabla 5.1* se muestra un resumen de todos los condicionantes tenidos en cuenta.

5.2.1 Potencialidad evolutiva del 'Forestal Natural'

Una vez aplicados los criterios de tendencia al uso artificial, se considera que las zonas de actual uso forestal natural pueden únicamente o bien mantenerse, o bien ser explotadas de forma productiva. Así, dentro de esta categoría, se estudiará qué zonas cumplen las condiciones más favorables para poder ser aprovechables de una forma más productiva. Los criterios, establecidos a partir de la caracterización de usos llevada a cabo anteriormente, son los siguientes:

- Altitud: ≤ 800 metros
- Pendiente: ≤ 45 % (límite de mecanización forestal)
- Erosión: ≤ 50 t/ha al año
- Potencialidad edáfica: Baja, Media, Alta o Muy Alta
- Productividad forestal: $\geq 4,5$ m³/ha al año
- Parcelación: ≤ 5 parcelas por hectárea

Así, todos los píxeles cuyo uso actual es 'Forestal Natural' que cumplan estas condiciones y no hayan sido considerados para transformarse en suelo artificial, serán clasificados como 'Forestal Natural Productivo'. El resto de los píxeles mantendrán su uso actual.

5.2.2 Potencialidad evolutiva del 'Forestal de Plantación'

En este caso, se estudiarán las zonas que por las características del terreno no puedan ser productivas, en cuyo caso evolucionarán hacia el 'Forestal Natural'. El resto de zonas, a excepción de las que tengan potencialidad de transformación a suelo artificial, se mantendrán como 'Forestal de Plantación'. Los criterios para estudiar las zonas no productivas, son los siguientes:

- Pendiente: > 45 %
- Erosión: > 50 t/ha al año
- Potencialidad edáfica: Nula o Muy Baja
- Productividad forestal: $< 4,5$ m³/ha al año

5.2.3 Potencialidad evolutiva del 'Mosaico Forestal'

Se estudiarán todos aquellos píxeles que cumplen las condiciones para que su arbolado sea productivo, que serán las mismas que las establecidas para el forestal natural (*apartado 5.2.1*). Los píxeles que cumplan estos criterios serán clasificados como 'Forestal de Plantación', donde se agruparán las masas de arbolado productivo, mientras que el resto se clasificarán como 'Forestal Natural', donde se agruparán todas las masas forestales destinadas a cumplir una labor de conservación.

5.2.4 Potencialidad evolutiva del 'Agrícola'

Para esta categoría, donde se agrupan todas las zonas destinadas actualmente a los cultivos, tras las consideraciones de la potencialidad de transformación en artificial, se estudiarán los condicionantes para el mantenimiento del uso agrícola.

Así, se considerará que todas aquellas zonas que en el mapa de influencia urbana caen dentro del periurbano externo, la sombra urbana o el rural intermedio, debido a sus

condiciones de accesibilidad, cercanía a los mercados y centros de transformación, así como su influencia urbana, mantendrán el aprovechamiento agrícola. De la misma forma, las zonas dentro del rural externo que estén dentro del área de influencia de los núcleos rurales, debido a su proximidad a los mismos para su explotación, también serán consideradas para mantener el uso agrícola.

El resto de zonas que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores, y dado que el aprovechamiento actual como cultivos las dota de unas condiciones favorables de suelo, se considerará que tienen una potencialidad de aprovechamiento como 'Forestal de Plantación'.

5.2.5 Potencialidad evolutiva del 'Mosaico Agrícola'

Para esta categoría se harán unas consideraciones similares a las del apartado anterior, de manera que todas las zonas que caen dentro del periurbano externo, la sombra urbana o el rural intermedio, o aquellas del rural externo con influencia de los núcleos rurales, mantendrán su uso actual.

Para el resto de zonas, se consideraron los criterios más favorables de altitud (≤ 800 metros) y pendiente ($\leq 45\%$), de cara a establecer aquellas zonas con potencialidad evolutiva hacia el 'Forestal de Plantación'. Las zonas restantes se consideraron potencialmente evolutivas hacia 'Forestal Natural', dado que su uso actual denota una buena calidad del suelo para este tipo de actividad.

5.2.6 Potencialidad evolutiva de los 'Prados'

Dentro de esta amplia categoría, una vez aplicadas las consideraciones de evolución potencial hacia el uso artificial, se tendrán en cuenta aquellas zonas que por sus condiciones tienen la potencialidad de ser aprovechadas, al menos en parte, para cualquier tipo de cultivo. Así, estas zonas, se considerará que tienen una potencialidad evolutiva hacia el 'Mosaico agrícola'. Las condiciones establecidas, que son las más favorables para el aprovechamiento de cultivos, son las siguientes:

- Altitud: ≤ 400 metros
- Pendiente: $\leq 15\%$
- Rugosidad: < 5 metros
- Influencia urbana: Sombra Urbana o Periurbano Externo

Del resto de prados, se harán unas consideraciones similares que para el 'Mosaico Agrícola'. Así, todas las zonas que caen dentro del periurbano externo, la sombra urbana o el rural intermedio, o aquellas del rural externo con influencia de los núcleos rurales, mantendrán su uso actual como prados.

Las zonas que cumplan los criterios más favorables de altitud (≤ 800 metros) y pendiente ($\leq 45\%$), se considerarán potencialmente evolutivas hacia el 'Forestal de Plantación'.

En este caso, también existe la posibilidad de que los prados restantes más favorables al uso como pastizal tengan una evolución potencial hacia el mismo. Así, se considerarán las condiciones más favorables para el pastizal, que son una altitud mayor de 800 metros y una pendiente igual o inferior al 45 %.

Una vez hechas todas las consideraciones anteriores, para los píxeles restantes se considerará que tienen una evolución potencial hacia el 'Forestal Natural'.

5.2.7 Potencialidad evolutiva del 'Pastizal'

Dentro del pastizal, una vez estudiada su posible evolución a suelo artificial, se analizará la posibilidad de mantenimiento del uso actual, para lo cual se considerarán todos los pastizales actuales con una altitud igual o superior a los 600 metros.

Del resto de zonas, se estudiará cuales cumplen las condiciones más favorables para evolucionar a un uso más productivo como es el agrícola. Para ello se consideran los siguientes criterios:

- Altitud: ≤ 200 metros
- Pendiente: $\leq 15\%$
- Erosión: ≤ 50 t/ha al año
- Potencialidad edáfica: Media, Alta o Muy alta

Una vez obtenidas las zonas con potencialidad evolutiva hacia el uso agrícola, el resto de píxeles serán considerados como potencialmente evolutivos hacia el uso forestal, distinguiendo entre aquellos que pudiesen tener un aprovechamiento productivo y los que no. Así, para que sean considerados como 'Forestal de Plantación' o productivo, deberán de cumplir los siguientes criterios. El resto serán considerados como 'Forestal Natural'.

- Pendiente: $\leq 45\%$
- Erosión: ≤ 50 t/ha al año
- Potencialidad edáfica: Baja, Media, Alta o Muy Alta
- Productividad forestal: $\geq 4,5$ m³/ha al año
- Parcelación: ≤ 5 parcelas por hectárea

5.2.8 Potencialidad evolutiva del 'Matorral'

En el caso del matorral, una vez analizada su posible transformación en suelo artificial, se estudiará primero su posible evolución potencial hacia otros usos, siendo residual el mantenimiento del uso actual.

Así, en un primer lugar, se estudiará qué zonas de matorral actual tienen potencialidad para convertirse en forestal productivo, que serán todos aquellos píxeles que cumplan las mismas condiciones establecidas para el forestal natural (*apartado 5.2.1*).

Del resto de zonas, se estudiará cuáles tienen la potencialidad de ser aprovechables como pastizal, para lo cual deberán de cumplir las condiciones más favorables para el aprovechamiento de este uso en cuanto a altitud (> 800 metros) y pendiente (<= 45 %).

Del resto de zonas, es decir, aquellas que no tienen potencialidad evolutiva hacia artificial, forestal productivo o pastizal, mantendrán su consideración actual como matorral. Sin embargo, cabe considerar que gran parte de este matorral que se mantendrá como tal, debería de considerarse como '*matorral de transición*', ya que previsiblemente evolucionará de forma natural hacia masas arboladas. En cualquier caso, debido a que se trata de un proceso natural difícil de cuantificar en base a las variables de trabajo, no se hará esta distinción en los resultados finales.

5.2.9 Potencialidad evolutiva del 'Mosaico Ganadero'

En el caso del mosaico ganadero, se llevará a cabo un estudio de potencialidad evolutiva similar al del pastizal. Así, en primer lugar, se estudiará qué zonas cumplen las condiciones establecidas en el *apartado 5.2.7* para evolucionar hacia un uso agrícola.

Para el resto de zonas, se aplicarán los mismos criterios que en el caso del pastizal (*apartado 5.2.7*) para localizar las zonas cuya evolución se estima hacia el forestal productivo.

De las zonas restantes se hará una pequeña distinción, ya que no todas serán consideradas 'Forestal Natural' como se hizo en el caso del pastizal. En este caso, solo serán considerados dentro de esta categoría aquellos píxeles restantes con una altitud inferior a los 1.200 metros. Los que no cumplan esta condición se estimarán potencialmente evolutivos hacia su uso como pastizal.

En este caso, no se considera la posibilidad del mantenimiento del uso.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

	Potencialidad de transformación	Inf. urbana	Altitud	Pendiente	Rugosidad	Parcelación	Pot. edáfica	Prod. forestal	Erosión	Inf. Rural
Forestal de plantación	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Forestal de plantación / productivo	RE, RI, SU, PE, PI	<= 800 m.	<= 45 %	-	<= 5 parc./ha	B, M, A, MA	>= 4,5 m³/ha año	<= 50 t/ha año	-
	Forestal natural / protector				Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					
Forestal natural	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Forestal natural / protector	RE, RI, SU, PE, PI	-	> 45 %	-	-	N, MB	< 4,5 m³/ha año	> 50 t/ha año	-
	Forestal de plantación / productivo				Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					
Mosaico forestal	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Forestal de plantación / productivo	RE, RI, SU, PE, PI	<= 800 m.	<= 45 %	-	<= 5 parc./ha	B, M, A, MA	>= 4,5 m³/ha año	<= 50 t/ha año	-
	Forestal natural / protector				Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					
Agrícola	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agrícola	RI, SU, PE	-	-	-	-	-	-	-	SI
	Forestal de plantación / productivo	RE	-	-	-	-	-	-	-	-
					Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					
Mosaico agrícola	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mosaico agrícola	RI, SU, PE	-	-	-	-	-	-	-	SI
	Forestal de plantación / productivo	RE, RI, SU, PE, PI	<= 800 m.	<= 45 %	-	-	-	-	-	-
					Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					
Prados	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mosaico agrícola	SU, PE	<= 400 m.	<= 15 %	< 5 m.	-	-	-	-	-
	Prados	RI, SU, PE	-	-	-	-	-	-	-	SI
	Forestal de plantación / productivo	RE, RI, SU, PE, PI	<= 800 m.	<= 45 %	-	-	-	-	-	-
	Pastizal	RE, RI, SU, PE, PI	> 800 m.	<= 45 %	-	-	-	-	-	-
					Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					
Pastizal	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pastizal	RE, RI, SU, PE, PI	>= 800 m.	-	-	-	-	-	-	-
	Agrícola	RE, RI, SU, PE, PI	<= 200 m.	<= 15 %	-	-	M, A, MA	-	<= 50 t/ha año	-
	Forestal de plantación / productivo	RE, RI, SU, PE, PI	-	<= 45 %	-	<= 5 parc./ha	B, M, A, MA	>= 4,5 m³/ha año	<= 50 t/ha año	-
					Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					
Matorral	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Forestal de plantación / productivo	RE, RI, SU, PE, PI	<= 800 m.	<= 45 %	-	<= 5 parc./ha	B, M, A, MA	>= 4,5 m³/ha año	<= 50 t/ha año	-
	Pastizal	RE, RI, SU, PE, PI	> 800 m.	<= 45 %	-	-	-	-	-	-
					Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					
Mosaico ganadero	Artificial	U	-	-	-	-	-	-	-	-
	Frente urbano (artificial)	FU	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agrícola	RE, RI, SU, PE, PI	<= 200 m.	<= 15 %	-	-	M, A, MA	-	<= 50 t/ha año	-
	Forestal de plantación / productivo	RE, RI, SU, PE, PI	-	<= 45 %	-	<= 5 parc./ha	B, M, A, MA	>= 4,5 m³/ha año	<= 50 t/ha año	-
	Forestal natural / protector	RE, RI, SU, PE, PI	< 1.200 m.	-	-	-	-	-	-	-
					Aquellos que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores					

Influencia urbana, RE: Rural Externo; RI: Rural Intermedio; SU: Sombra Urbana; PE: Periurbano Externo; PI: Periurbano Interno; FU: Frente Urbano; U: Urbano
 Potencialidad edáfica, N: Nula; MB: Muy Baja; B: Baja; M: Media; A: Alta; MA: Muy Alta

Tabla 5.1. Resumen de los criterios empleados para el estudio de la evolución potencial dentro de cada uso actual.

5.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez aplicados todos los condicionantes descritos anteriormente, en la siguiente tabla se muestra la superficie dentro del área de trabajo que fue clasificada bajo cada una de las consideraciones anteriores.

Uso actual	Potencialidad de transformación	Nº píxeles	Sup. (ha)	% transformación
Forestal de plantación	Forestal de plantación / productivo	533.159	11.996,08	0,00
	Artificial	680	15,30	0,13
	Frente urbano (artificial)	2.480	55,80	0,46
	Forestal natural / protector	1	0,02	0,00019
				0,59
Forestal natural	Forestal natural / protector	2.132.435	47.979,79	0,00
	Artificial	3.313	74,54	0,12
	Frente urbano (artificial)	13.482	303,35	0,48
	Forestal de plantación / productivo	686.211	15.439,75	24,20
				24,79
Mosaico forestal	Artificial	771	17,35	0,18
	Frente urbano (artificial)	2.415	54,34	0,55
	Forestal natural / protector	211.302	4.754,30	48,53
	Forestal de plantación / productivo	220.896	4.970,16	50,74
				100,00
Agrícola	Agrícola	409.077	9.204,23	0,00
	Artificial	10.763	242,17	2,41
	Frente urbano (artificial)	21.575	485,44	4,83
	Forestal de plantación / productivo	5.639	126,88	1,26
				8,49
Mosaico agrícola	Mosaico agrícola	821.057	18.473,78	0,00
	Artificial	19.216	432,36	2,09
	Frente urbano (artificial)	45.221	1.017,47	4,92
	Forestal de plantación / productivo	11.881	267,32	1,29
	Forestal natural / protector	21.294	479,12	2,32
				10,63
Prados	Prados	1.281.235	28.827,79	0,00
	Artificial	67.350	1.515,38	3,20
	Frente urbano (artificial)	155.664	3.502,44	7,41
	Mosaico agrícola	367.988	8.279,73	17,51
	Forestal de plantación / productivo	64.910	1.460,48	3,09
	Pastizal	31.444	707,49	1,50
	Forestal natural / protector	133.514	3.004,07	6,35
				39,05
Pastizal	Pastizal	432.393	9.728,84	0,00
	Artificial	647	14,56	0,12
	Frente urbano (artificial)	1.298	29,21	0,24
	Agrícola	1.676	37,71	0,31
	Forestal de plantación / productivo	32.770	737,33	6,10
	Forestal natural / protector	68.766	1.547,24	12,79
				19,56
Matorral	Matorral	1.434.885	32.284,91	0,00
	Artificial	2.987	67,21	0,16
	Frente urbano (artificial)	7.838	176,36	0,42
	Forestal de plantación / productivo	221.642	4.986,95	11,88
	Pastizal	198.858	4.474,31	10,66
				23,11
Mosaico ganadero	Artificial	4.742	106,70	1,15
	Frente urbano (artificial)	6.775	152,44	1,64
	Agrícola	9.435	212,29	2,28
	Forestal de plantación / productivo	106.782	2.402,60	25,85
	Forestal natural / protector	254.087	5.716,96	61,51
	Pastizal	31.271	703,60	7,57
				100,00

Tabla 5.2. Resultados de la clasificación de usos del suelo según su potencialidad evolutiva.

Agrupando los resultados por usos, obtenemos los resultados mostrados en la siguiente tabla, donde también se muestra la diferencia con respecto a la distribución de usos previa al análisis.

USO	SIOSE 2005		Potencial		Diferencia	
	Nº píxeles		Nº píxeles		Nº píxeles	%
Forestal de plantación	536.320	3.807.145	1.883.890	4.705.289	898.144	23,59
Forestal natural	3.270.825		2.821.399			
Agrícola	447.054	1.365.723	420.188	1.609.233	243.510	17,83
Mosaico agrícola	918.669		1.189.045			
Prados	2.102.105	4.918.957	1.281.235	3.410.086	-1.508.871	-30,67
Pastizal	537.550		693.966			
Matorral	2.279.302		1.434.885			
Artificial	1.199.265	1.199.265	1.566.482	1.566.482	367.217	30,62
Otros usos	341.183	341.183	341.183	341.183	0	0,00

Tabla 5.3. Agrupación de resultados por usos y comparación con el estado inicial.

El uso ganadero es el único que pierde parte de su superficie, mientras que el resto de usos, forestal, agrícola y artificial, aumentan la superficie ocupada.

Dentro de cada uno de los usos, también se puede estudiar la superficie que se estima que cambie su uso de forma sustancial. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Uso actual	Cambio de uso		
	Nº píxeles	Sup. (ha)	% del total
Forestal de plantación	3.160	71,10	0,03
Forestal natural	16.795	377,89	0,14
Mosaico forestal	3.186	71,69	0,03
Agrícola	37.977	854,48	0,33
Mosaico agrícola	97.612	2.196,27	0,84
Prados	820.870	18.469,58	7,06
Pastizal	105.157	2.366,03	0,90
Matorral	431.325	9.704,81	3,71
Mosaico ganadero	381.821	8.590,97	3,28
TOTAL	1.897.903	42.702,82	16,32

Tabla 5.4. Cambios sustanciales de usos del suelo.

Según el estudio realizado, se estima que un 16,32 % de la superficie dentro del área de estudio tiene la potencialidad de cambiar su uso, siendo el principal afectado los prados, que como se aprecia en la *tabla 5.2*, tienen unas buenas cualidades para ser aprovechados en combinación con cultivos.

Si además de considerar el cambio total de uso consideramos el cambio de aprovechamiento del terreno (es decir, incluyendo por ejemplo el forestal que pasa de natural a productivo), obtenemos la siguiente tabla.

Uso actual	Cambio de uso o aprovechamiento		
	Nº píxeles	Sup. (ha)	% del total
Forestal de plantación	3.161	71,12	0,03
Forestal natural	703.006	15.817,64	6,04
Mosaico forestal	435.384	9.796,14	3,74
Agrícola	37.977	854,48	0,33
Mosaico agrícola	97.612	2.196,27	0,84
Prados	820.870	18.469,58	7,06
Pastizal	105.157	2.366,03	0,90
Matorral	431.325	9.704,81	3,71
Mosaico ganadero	413.092	9.294,57	3,55
TOTAL	3.047.584	68.570,64	26,20

Tabla 5.5. Cambios de uso o aprovechamiento.

Debido a los cambios de aptitud en el uso forestal, que afectan principalmente al forestal natural con potencialidad de ser productivo, se obtiene como resultado que un 26,20 % del suelo tiene potencialidad para cambiar su aprovechamiento actual. Los prados y el forestal natural son los usos que pueden presentar más variación respecto a su distribución actual.

5.4 DEPURACIÓN DE RESULTADOS Y OBTENCIÓN DEL MAPA DEFINITIVO

Pese a que los resultados obtenidos han sido satisfactorios, cabe hacer sobre ellos alguna consideración antes de obtener el que será el resultado definitivo.

Así, en primer lugar se hará una mejor distinción dentro del uso forestal, distinguiendo entre las zonas con mayor o menor aprovechamiento en función del nivel de parcelación catastral.

Posteriormente, una vez agrupados todos los datos en los usos finales, se llevara a cabo una pequeña generalización del mapa resultante para evitar que existan píxeles sueltos.

5.4.1 Obtención de usos forestales definitivos

Tras llevar a cabo el estudio de potencialidad de usos, en el apartado forestal se distingue únicamente entre 'Forestal Natural', donde se agrupan todas aquellas masas forestales que por las características del terreno están destinadas a una labor de conservación, y 'Forestal de plantación', donde se agrupan todas aquellas masas forestales que cuentan con unas características apropiadas para su aprovechamiento productivo.

Dentro de esta segunda categoría, cabe hacer diferentes distinciones, teniendo en cuenta por un lado las masas forestales productivas de origen natural, y por otro el nivel de parcelación catastral, que condicionará las posibilidades de aprovechamiento productivo, ya que cuanto mayor sea la parcelación, más difícil será llevar a cabo labores de explotación.

Así, primero se distinguirá entre las zonas de arbolado de plantación más favorables, y las zonas consideradas como productivas que proceden del 'Forestal Natural'. Estas últimas se considerarán como 'Forestal Natural Productivo', entendiendo que son zonas productivas, pero no al nivel de las masas de plantación.

Una vez hecha la primera distinción, en el resto del 'Forestal de plantación' se estudiarán aquellas zonas más favorables a la explotación, es decir, aquellas con una baja parcelación catastral. Para ello, se tiene en cuenta que la unidad mínima de producción forestal se establece oficialmente en 10 ha (*Decreto 84/92, de 30 de diciembre, por el que se determina la Unidad Mínima de Cultivo agrícola y forestal; BOPA 29.01.1993*). Sin embargo, las características de parcelación del área de trabajo, hacen que se rebaje esta exigencia al valor de una parcela por hectárea. El resto de zonas que no cumplan esta condición serán consideradas como 'Forestal productivo condicionado'.

5.4.2 Obtención del mapa final

Una vez hechas todas las consideraciones necesarias sobre la distribución de usos, se procederá a la generación del mapa definitivo. Para ello, habrá que unir todos los ficheros *raster* que se fueron generando por cada uno de los criterios establecidos en el *apartado 5.2*, así como los resultantes de la consideración establecida en el *apartado 5.4.1*.

Con todos los *raster* preparados, a través de la herramienta *Data Management Tools* → *Raster* → *Raster Dataset* → *Mosaic To New Raster*, se genera un nuevo fichero que será el resultado de la unión de todas las consideraciones anteriores. En el nuevo mapa se distinguen todas las categorías según el uso potencial estimado, aunque debido a las características de éste, se aprecian algunos píxeles sueltos que deberían de ser asignados a la categoría más común en su entorno. Para conseguir esto se aplica un filtro de generalización a través de la herramienta *Spatial Analyst Tools* → *Generalization* → *Majority Filter*. Con esta herramienta, utilizando los ocho vecinos colindantes con cada

píxel, se le asigna a cada uno el valor mayoritario entre los de su entorno inmediato. Como resultado se obtiene un mapa más depurado, que será considerado como el mapa final definitivo del estudio de evolución potencial de usos del suelo. Cabe destacar que debido a esta generalización el número de píxeles en el mapa final disminuyó ligeramente, concretamente en 74 celdas, todas ellas ubicadas en los límites del área de trabajo, que representan apenas una superficie de 1,67 hectáreas.

El resultado obtenido se muestra en el Mapa 15, dentro del *ANEXO III*.

5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez obtenido el mapa anterior, la distribución de usos es la que se muestra en la siguiente tabla.

Uso	Nº píxeles	Sup. (ha)	%
Forestal natural	2.829.646	63.667,04	24,33
Forestal natural productivo	675.025	15.188,06	5,80
Forestal productivo condicionado	912.142	20.523,20	7,84
Forestal altamente productivo	280.207	6.304,66	2,41
Agrícola	422.035	9.495,79	3,63
Mosaico agrícola	1.190.065	26.776,46	10,23
Prados	1.294.494	29.126,12	11,13
Matorral	1.471.730	33.113,93	12,65
Pastizal	655.968	14.759,28	5,64
Artificial	1.306.625	29.399,06	11,23
Periurbano interno	253.807	5.710,66	2,18
Otros usos	340.455	7.660,24	2,93
TOTAL	11.632.199	261.724,48	100

Tabla 5.6. Distribución final de usos según la evolución estimada.

Agrupando estos resultados según categorías generales de aprovechamiento, podemos comparar los usos potenciales estimados a través del estudio con los usos actuales desglosados en el *apartado 4.15*. Para poder llevar a cabo esta comparación, se asemejará el mosaico forestal al 'Forestal Natural' y el mosaico ganadero al 'Matorral', ya que ambos mosaicos han desaparecido a la hora de hacer la distribución final de usos, y su composición se asemeja a la de los dos usos citados. También cabe tener en cuenta que debido al filtro aplicado en el *apartado 5.4.2*, la superficie ocupada por la categoría 'Otros Usos' ha variado mínimamente, aunque esta circunstancia no se tendrá en cuenta a la hora de comparar el estado actual y el potencial, ya que se considera que las zonas agrupadas dentro de esta categoría no sufrirán variación alguna.

Uso	DISTRIBUCIÓN ACTUAL		DISTRIBUCIÓN POTENCIAL		DIFERENCIA	
	Nº píxeles	Sup. (ha)	Nº píxeles	Sup. (ha)	ha	%
Forestal natural / conservación	3.270.825	73.593,56	2.829.646	63.667,04	-9.926,53	-13,49
Forestal de plantación / productivo	536.320	12.067,20	1.867.374	42.015,92	29.948,72	248,18
Agrícola	447.054	10.058,72	422.035	9.495,79	-562,93	-5,60
Mosaico agrícola	918.669	20.670,05	1.190.065	26.776,46	6.106,41	29,54
Prados	2.102.105	47.297,36	1.294.494	29.126,12	-18.171,25	-38,42
Matorral	2.279.302	51.284,30	1.471.730	33.113,93	-18.170,37	-35,43
Pastizal	537.550	12.094,88	655.968	14.759,28	2.664,41	22,03
Artificial	1.199.265	26.983,46	1.560.432	35.109,72	8.126,26	30,12
Otros usos	341.183	7.676,62	340.455	7.660,24		
TOTAL	11.632.273	261.726,14	11.632.199	261.724,48		

Tabla 5.7. Comparación entre la superficie ocupada por los usos actualmente y el aprovechamiento potencial estimado en el estudio.

El mayor aumento en el aprovechamiento del suelo se produce en el caso del forestal productivo, cuyo incremento potencial es de casi el 250 %. Este alto incremento explica en parte la disminución de la superficie ocupada por el forestal natural, ya que como se ha comentado en el apartado anterior, se entiende que una parte de la superficie ocupada en la actualidad por este uso tiene una potencialidad de aprovechamiento productivo. El resto del incremento se explica gracias a las aptitudes de acoger plantaciones forestales de zonas destinadas en la actualidad a usos menos productivos. De la misma forma cabe destacar que se han acotado aquellas áreas forestales que no deben ser sometidas a explotación.

En lo que respecta a los cultivos, se aprecia como sufren un ligero retroceso debido principalmente a la cercanía de muchos de los cultivos actuales a los núcleos urbanos, por lo que se estima que en un futuro sean absorbidos por el avance urbano. Sin embargo, sí que se aprecia un importante incremento en el 'Mosaico Agrícola', es decir, existen numerosas zonas con una buena aptitud a ser aprovechadas mediante la plantación de algún tipo de cultivo, mejorando su aprovechamiento actual.

En cuanto a los usos ganaderos, se puede apreciar cómo tanto los prados como el matorral disminuyen su presencia, debido a la incorporación de algunas de las zonas que ocupan actualmente a usos más productivos. Es el caso del pastizal, debe gran parte de su incremento a las zonas que en la actualidad están ocupadas por matorral, y que cumplen las condiciones más óptimas para ser aprovechables por medio de pastos.

Por su parte, se aprecia también un importante incremento de los usos artificiales, debido a la alta influencia de las grandes ciudades, que cuentan con un peso muy importante dentro del área de trabajo.

En definitiva, en los resultados se aprecia como la distribución de usos en el área de trabajo tiene una importante tendencia al aumento de las áreas artificiales en el entorno de

los núcleos urbanos, mientras que para el resto de usos se desprende que existe una importante porción del territorio que cumple con los condicionantes más adecuados para ofrecer un mejor aprovechamiento productivo, bien sea como forestal de plantación, como cultivo o como pasto.

5.6 RESULTADOS POR MUNICIPIOS DENTRO DE LA ZONA DE TRABAJO

Una vez obtenidos los resultados finales y la distribución de usos según la evolución potencial estimada, es el momento de analizar los resultados ciñéndose a los municipios objeto de estudio, hacia los cuales iba enfocado todo el trabajo.

Para llevar a cabo este análisis, el primer paso será obtener las estadísticas de la distribución de usos dentro de cada municipio, tanto para los usos derivados del análisis del SIOSE, como para los usos obtenidos tras el estudio de la potencialidad evolutiva. Para ello se emplea la herramienta *Spatial Analyst Tools* → *Zonal* → *Tabulate Area*, que genera una tabla donde se desglosa la información buscada.

En la *tabla 5.8* se muestra el resultado de la distribución de usos SIOSE 2005 dentro de cada municipio, mientras que en la *tabla 5.9* se muestra la distribución de usos por municipios según el estudio de la evolución potencial.

Para poder comparar los usos derivados del SIOSE y los potenciales, se tendrá en cuenta la misma consideración que en el *apartado 5.5*, asemejando el mosaico forestal al 'Forestal Natural' y el mosaico ganadero al 'Matorral'. Los resultados de esta comparación, que reflejan las variaciones de cada uso dentro de cada uno de los municipios, se muestran en la *tabla 5.10*.

Como se puede observar, pueden identificarse fácilmente los municipios en los que se estima que se produzcan algunos de los cambios comentados en los apartados anteriores, como el aumento del pastizal, que se reserva a los municipios de Caso, Laviana y Sobrecobio. También se aprecian las tasas de variación para cada municipio en los usos que se estima sufran un incremento general, como el forestal productivo, o en aquellos donde la pérdida del uso actual es generalizado, como los prados o el matorral. En el caso de los usos artificiales, se aprecia como el aumento afectará notablemente a todos los municipios, superando el 30 % sobre la ocupación artificial actual en ocho de ellos, y llegando incluso al 85 % en el caso de Noreña.

Municipio	Forestal de plantación	Forestal natural	Mosaico forestal	Agrícola	Mosaico agrícola	Prados	Pastizal	Matorral	Mosaico ganadero	Artificial	Playas / Roquedos	Agua y coberturas húmedas	TOTAL (ha)
Bimenes	0	970,85	57,49	7,04	21,08	1.158,30	475,90	148,37	156,60	264,13	0	10,98	3.270,74
Cabranes	90,70	1.301,67	411,14	377,08	915,77	318,06	21,22	237,29	24,32	157,37	0	14,99	3.869,60
Caso	6,01	13.106,59	5,11	25,38	197,66	2.450,03	3.101,65	8.499,38	883,91	247,73	1.894,52	281,97	30.699,92
Colunga	1.393,52	1.542,53	1.487,95	904,93	1.872,41	475,49	354,26	846,83	141,71	615,53	40,23	73,44	9.748,82
Gijón	1.286,46	577,01	985,10	787,61	1.550,00	5.129,39	59,60	672,21	601,11	6.341,45	32,27	221,65	18.243,86
Langreo	203,15	2.803,14	517,86	5,67	351,43	1.471,43	439,40	559,15	329,83	1.515,58	1,64	68,96	8.267,24
Laviana	335,07	4.302,09	82,24	98,44	283,73	3.226,55	854,46	2.439,29	417,89	634,75	261,14	114,75	13.050,38
Nava	229,64	2.263,59	278,03	482,90	1.662,05	1.568,75	235,62	1.663,27	399,56	606,83	32,78	143,53	9.566,53
Noreña	4,05	7,16	10,10	0	39,17	250,09	0	17,08	4,88	202,34	0	13,82	548,69
Piloña	368,66	7.893,86	972,38	1.158,39	3.092,85	3.207,08	1.555,11	7.809,98	1.040,51	959,51	113,24	300,15	28.471,73
SMRA	99,81	2.385,29	6,44	10,15	191,88	1.323,47	438,77	287,35	113,04	714,80	0	46,82	5.617,82
Sariego	18,83	136,17	110,57	66,85	317,03	1.297,15	53,96	287,35	45,18	222,05	0	26,87	2.581,99
Siero	393,44	2.840,67	682,67	308,03	878,27	9.013,86	137,14	1.674,02	854,62	4.020,39	0	258,05	21.061,15
Sobrescobio	0	2.579,90	2,50	66,74	33,82	567,38	1.071,81	1.931,22	159,17	78,64	368,01	107,37	6.966,54
Villaviciosa	4.986,72	2.327,09	2.379,35	4.941,83	4.984,58	2.274,86	88,90	1.480,21	198,32	2.839,48	69,41	727,56	27.298,31
TOTAL	9.416,05	45.037,60	7.988,92	9.241,02	16.391,72	33.731,89	8.887,79	28.552,97	5.370,64	19.420,56	2.813,24	2.410,90	189.263,30

Tabla 5.8. Superficie ocupada por cada uso dentro de cada municipio según los usos del suelo derivados del análisis del SIOSE 2005.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

Municipio	Forestal natural productivo	Forestal natural protección	Forestal productivo condicionado	Forestal altamente productivo	Agrícola	Mosaico agrícola	Prados	Pastizal	Matorral	Artificial	Periurbano interno	Asent. periurbanos	Asent. rurales	Playas / Roquedos	Agua y coberturas húmedas	TOTAL (ha)
Bimenes	471,87	818,28	178,72	74,14	0,05	40,23	1.041,44	276,68	66,29	44,44	22,93	30,80	193,93	0	10,96	3.270,74
Cabranes	711,47	845,82	440,53	49,86	374,60	886,50	289,40	0,00	67,86	29,79	29,14	5,96	123,77	0	14,90	3.869,60
Caso	713,97	13.474,82	90,34	24,48	17,91	135,50	1.666,49	5.080,61	7.040,45	127,51	22,93	3,15	127,80	1.892,32	281,72	30.699,99
Colunga	612,65	1.848,60	2.270,05	209,32	786,51	1.837,22	206,57	228,44	678,60	365,42	255,94	155,12	182,12	40,01	71,89	9.748,44
Gijón	347,42	875,81	1.950,62	588,98	584,44	2.077,65	2.678,99	0,16	308,72	5.112,27	1.284,59	2.017,22	165,98	32,15	218,39	18.243,38
Langreo	1.134,52	2.416,75	557,89	59,81	5,58	296,66	1.201,28	180,54	366,05	1.124,87	326,21	435,96	91,17	1,64	68,33	8.267,24
Laviana	850,03	4.475,77	546,84	124,63	76,39	281,12	2.475,41	1.042,61	2.067,71	236,61	76,66	112,43	308,68	260,89	114,64	13.050,38
Nava	1.103,09	1.525,41	735,19	460,51	439,65	2.094,73	805,95	222,26	1.170,54	163,24	209,30	215,96	244,67	32,78	143,28	9.566,53
Noreña	3,56	9,29	17,57	0	0	40,28	78,62	0	11,09	232,18	81,27	61,25	0	0	13,59	548,69
Piloña	2.214,18	7.791,26	1.258,40	941,22	1.120,14	3.125,84	2.188,19	1.268,37	7.000,83	297,63	158,63	136,96	556,49	112,97	300,62	28.471,73
SMRA	507,92	2.046,67	148,95	20,54	6,91	172,60	1.216,55	382,34	205,20	340,02	112,05	337,21	74,39	0	46,49	5.617,82
Sariego	78,50	153,25	222,89	88,67	65,88	753,89	689,02	37,37	149,31	98,60	77,69	53,35	86,60	0	26,98	2.581,99
Siero	1.678,55	1.935,79	1.383,28	243,47	352,06	3.641,42	4.678,74	50,65	1.179,88	2.199,65	1.283,85	1.900,31	276,62	0	256,91	21.061,15
Sobrescobio	431,21	2.394,90	32,00	15,17	60,17	25,74	415,26	1.246,10	1.768,86	43,92	19,31	5,90	33,48	367,38	107,17	6.966,54
Villaviciosa	861,55	2.938,55	6.166,85	1.181,68	4.798,46	5.245,16	1.570,55	0,11	503,87	672,59	333,00	727,16	1.502,35	68,78	727,34	27.297,97
TOTAL	11.720,48	43.550,96	16.000,09	4.082,47	8.688,74	20.654,51	21.202,43	10.016,24	22.585,25	11.088,72	4.293,47	6.198,71	3.968,03	2.808,92	2.403,18	189.262,17

Tabla 5.9. Superficie ocupada por cada uso dentro de cada municipio según el estudio de evolución potencial.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

Municipio	Forestal natural / conservación		Forestal de plantación / productivo		Agrícola		Mosaico agrícola		Prados		Pastizal		Matorral		Artificial	
	Dif. (ha)	%	Dif. (ha)	%	Dif. (ha)	%	Dif. (ha)	%	Dif. (ha)	%	Dif. (ha)	%	Dif. (ha)	%	Dif. (ha)	%
Bimenes	-210,06	-20,43	724,72	Total	-7,00	-99,36	19,15	90,82	-116,87	-10,09	-199,22	-41,86	-238,68	-78,26	27,97	10,59
Cabranes	-866,99	-50,62	1.111,16	92,45	-2,47	-0,66	-29,27	-3,20	-28,67	-9,01	-21,22	-100,00	-193,75	-74,06	31,30	19,89
Caso	363,13	2,77	822,78	99,28	-7,47	-29,43	-62,17	-31,45	-783,54	-31,98	1.978,97	63,80	-2.342,84	-24,97	33,66	13,59
Colunga	-1.181,88	-39,00	1.698,50	54,93	-118,42	-13,09	-35,19	-1,88	-268,92	-56,56	-125,82	-35,52	-309,94	-31,35	343,06	55,73
Gijón	-686,30	-43,93	1.600,56	55,44	-203,18	-25,80	527,65	34,04	-2.450,41	-47,77	-59,45	-99,74	-964,60	-75,75	2.238,62	35,30
Langreo	-904,25	-27,23	1.549,06	88,41	-0,09	-1,59	-54,77	-15,58	-270,16	-18,36	-258,86	-58,91	-522,92	-58,82	462,62	30,52
Laviana	91,44	2,09	1.186,43	77,98	-22,05	-22,40	-2,61	-0,92	-751,14	-23,28	188,15	22,02	-789,48	-27,63	99,63	15,70
Nava	-1.016,21	-39,98	2.069,15	90,01	-43,25	-8,96	432,68	26,03	-762,80	-48,62	-13,37	-5,67	-892,28	-43,26	226,33	37,30
Noreña	-7,97	-46,15	17,08	80,83	0	0	1,10	2,81	-171,47	-68,57	0	0	-10,87	-49,49	172,35	85,18
Piloña	-1.074,98	-12,12	4.045,14	91,65	-38,25	-3,30	32,99	1,07	-1.018,89	-31,77	-286,74	-18,44	-1.849,66	-20,90	190,19	19,82
SMRA	-345,06	-14,43	577,60	85,27	-3,24	-31,93	-19,28	-10,05	-106,92	-8,08	-56,43	-12,86	-195,19	-48,75	148,86	20,83
Sariego	-93,49	-37,89	371,23	95,17	-0,97	-1,45	436,86	137,80	-608,13	-46,88	-16,58	-30,73	-183,22	-55,10	94,19	42,42
Siero	-1.587,56	-45,06	2.911,86	88,10	44,03	14,30	2.763,16	314,62	-4.335,12	-48,09	-86,49	-63,07	-1.348,76	-53,34	1.640,03	40,79
Sobrescobio	-187,49	-7,26	478,37	Total	-6,57	-9,84	-8,08	-23,89	-152,12	-26,81	174,29	16,26	-321,53	-15,38	23,96	30,47
Villaviciosa	-1.767,89	-37,56	3.223,35	39,26	-143,37	-2,90	260,57	5,23	-704,32	-30,96	-88,79	-99,87	-1.174,66	-69,98	395,62	13,93

Tabla 5.10. Diferencias entre la ocupación de usos por municipio entre los datos SIOSE 2005 y la evolución potencial.

6. CONCLUSIONES

6.1 RESULTADOS OBTENIDOS

El estudio llevado a cabo en este trabajo ha servido para obtener como resultado un mapa de la potencialidad evolutiva de los usos del suelo, considerando y valorando diferentes variables territoriales.

El objetivo ha sido valorar la evolución “orgánica” de los usos del suelo, sin incorporar al modelo los aspectos de políticas con incidencia territorial como por ejemplo mas medioambientales, las de infraestructuras, las de promoción de suelo para actividades productivas o las de promoción y ayuda a determinados sectores económicos como las agrarias o forestales.

Tampoco se ha establecido ningún horizonte temporal para la materialización de esta evolución de los usos. Además de la influencia de las políticas sectoriales, la evolución de los usos y la intensidad de los cambios vendrá determinada por factores económicos y demográficos que no se han incluido en este modelo.

En cualquier caso, se considera que el resultado obtenido sirve de base para que en una fase posterior se desarrollen otros modelos en los que se incorporen los factores señalados.

Para la interpretación de los resultados cabe diferenciar entre el crecimiento de las áreas urbanas y la posible evolución del resto de áreas hacia usos con un mejor aprovechamiento.

En lo que respecta al crecimiento de las áreas urbanas, evaluado conforme al modelo descrito en el *apartado 4.11*, se puede apreciar una tendencia a la expansión en todos los

municipios considerados, superando en algunos casos el 40% sobre la superficie artificial actual. En cualquier caso, cabe tomar estos resultados con cautela, ya que si bien muestran las zonas que cumplen todas las condiciones para evolucionar hacia un uso artificial vinculado a los centros urbanos, como se ha comentado, esta evolución no está vinculada a un horizonte temporal determinado. Por lo tanto, éstas zonas deberían de considerarse como las más favorables para acoger en un futuro el crecimiento urbano, sin que pueda establecerse un periodo de tiempo concreto para ello.

Por lo que se refiere a los resultados obtenidos para el resto de los usos del suelo, se debe señalar que se ha optado por un principio moderado a la hora de considerar la intensidad de los cambios. Así, se han considerado los cambios propuestos por el modelo sobre las zonas que presentaban condiciones más claras para acoger un aprovechamiento más productivo. También se han tenido en cuenta las posibles evoluciones naturales que se puedan producir en zonas de difícil aprovechamiento productivo.

Así, puede apreciarse como algunos de los usos naturales actuales tienen las aptitudes necesarias para soportar un cierto grado de aprovechamiento, o incluso para transformarse a otros usos más productivos. Es el caso del forestal natural, donde casi un 25% del total actual tiene condiciones de aprovechamiento productivo, o el matorral, donde parte de las zonas cubiertas tienen condiciones para evolucionar hacia un uso más productivo como el forestal o el pastizal. Cabe tener en cuenta que el modelo productivo aplicado a estos ámbitos, dependerá de los condicionantes normativos vigentes o futuros.

Otro de los usos que sufre un importante descenso respecto a la ocupación actual es el de los prados, ya que algunas de estas zonas podrían evolucionar hacia un uso más productivo, mientras que otras tenderán de forma natural hacia la ocupación forestal, principalmente por abandono. En lo que respecta a los usos productivos, la principal evolución de los prados sería hacia un aprovechamiento mediante cultivos, ya que gran parte de los prados actuales presentan las condiciones necesarias para acoger estos usos más intensivos. Cabe señalar que el ámbito de estudio acoge la mayor parte de las plantaciones de manzano de la región, y este uso es objeto de una importante política de promoción.

El aprovechamiento agrícola también sufriría un ligero descenso en cuanto a su ocupación, aunque en este caso debido a la cercanía de estas áreas a los núcleos urbanos, lo que hace que se incluyan dentro las zonas de evolución artificial.

Por otro lado, se aprecia como el resto de los usos más productivos tendría un incremento de la superficie ocupada, denotando una capacidad productiva del terreno que no está siendo aprovechada en la actualidad. Así, las zonas de producción forestal podrían incrementarse hasta casi en un 250 % respecto a su distribución actual. El pastizal y mosaico agrícola también tendrían un aumento importante de su superficie, debido principalmente a la potencialidad de los prados y el matorral para evolucionar hacia estos usos más productivos.

6.2 UTILIDAD DEL TRABAJO

Pese a que los resultados obtenidos quedarían vinculados a diversas decisiones políticas y condiciones socio-económicas para que la evolución considerada pueda hacerse realidad, su análisis podría ser utilizado como base para llevar a cabo estas actuaciones, posibilitando una mejor planificación del territorio y un mejor aprovechamiento del suelo en función de sus condiciones.

Por tanto, el trabajo y sus resultados ofrecen una gran posibilidad para el desarrollo de nuevos análisis, mediante el cruce de las variables que se estimen oportunas para alcanzar un resultado o una información determinada, pudiendo ser identificada espacialmente. Así, estos análisis supondrían una potente herramienta para llevar a cabo diversos estudios territoriales o sectoriales, como por ejemplo el efecto territorial de políticas sectoriales o la identificación de ámbitos cuyos valores naturales se pudieran ver amenazados sin la adecuada intervención.

Además, el tratamiento de variables específicas permite su análisis de forma individual, permitiendo enfocar estos análisis o estudios territoriales hacia un fenómeno en concreto. Esto permite a su vez la caracterización del territorio en función de una variable del conjunto, o de una combinación específica de las mismas.

6.3 UTILIDAD DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA

La metodología desarrollada y las fuentes utilizadas en la modelización, permiten su aplicación a otros ámbitos territoriales.

Así, se ha conseguido clasificar los usos del suelo de forma semi-automática a partir de las coberturas SIOSE, para después analizar su distribución actual y su evolución potencial mediante el cruce con otras variables.

En este sentido, el SIOSE supone una buena fuente de información de partida, aunque a la hora de llevar a cabo los análisis definitivos, los polígonos SIOSE suponen un problema que obliga a recurrir al píxel como unidad mínima de información espacial y realizar los análisis finales sobre ficheros *raster*. Este problema es menor en las zonas artificiales, mucho más acotadas tanto cartográfica como temáticamente, que se ajustan mucho mejor a la realidad, aunque los problemas ocasionados por los polígonos de otro tipo de coberturas obliga a realizar el estudio sin tener en cuenta los límites polígonos SIOSE.

En cuanto al resto de fuentes utilizadas, cabe tener en cuenta el procesamiento requerido por cada una de ellas así como los formatos originales, que debieron de ser

homogeneizados para llevar a cabo el trabajo. En cualquier caso, este aspecto no debería de suponer ningún problema a la hora de seguir la metodología marcada en este trabajo, ya que teniendo en cuenta las consideraciones necesarias cualquier tipo de variable que cuente con una base cartográfica podría ser incluida en el estudio.

6.4 PROPUESTAS DE MEJORA

Tal y como se ha comentado en las conclusiones al trabajo, el estudio de la evolución potencial de los usos del suelo se ha llevado a cabo teniendo en cuenta únicamente variables físicas y territoriales.

Pese a que los resultados ofrecidos y la información derivada de los mismos se consideran de gran utilidad, podría matizarse y ajustarse aún más el resultado final, introduciendo variables de otro tipo, que puedan representarse cartográficamente. Sería el caso de planificaciones urbanísticas, legislación relativa a espacios protegidos, planificaciones económicas, información demográfica, etc.

Es decir, cualquier tipo de información que pueda ser tratada cartográficamente y que represente un fenómeno con capacidad para influir en el desarrollo territorial, podría ser incluida en el estudio como una variable más, siempre y cuando se sepa valorar su grado de influencia sobre los usos del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

PUBLICACIONES Y ARTÍCULOS

- [1] **Añó C. y Sánchez J.**, 2003. *Orientaciones al uso agrario. Una metodología para la planificación de usos del suelo en la Comunidad Valenciana*, (Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Biblioteca de Ciencias).
- [2] **Bosque J. y Moreno A.**, 2004. *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*, (Rama).
- [3] **Bryant C.R., Russwurm L.H. y McLellan A.G.**, 1982. *The city's countryside. Land and its management in the rural-urban fringe*, (Longman); en **Ponce P.J.**, 2000.
- [4] **Burrough P. A. y McDonell R.A.**, 1998. *Principles of Geographical Information Systems*, (Oxford University Press, New York), p. 190.
- [5] **Colina A., Fernández C., Fernández M., Finat A. y Álvarez M.A.**, 2011. *El proyecto SIOSE y sus aplicaciones en el Principado de Asturias* (XIV Congreso de la Asociación Española de Teledetección, Mieres (Asturias), 21-23 de septiembre de 2011), pag. 313-316.
(http://www.congreso2011.aet.es/docs/Teledetecci%C3%B3n%20Bosques%20y%20cambio%20clim%C3%A1tico-ed_digital.pdf)
Fecha de consulta: 5 de julio de 2012.
- [6] **Fernández J., Fernández P., Pelegrín B.**, 2000. *A continuous location model for siting a non-noxious undesirable facility within a geographical region* (European Journal of Operational Research), Vol. 121, pag. 259–274.
- [7] **Felicísimo A.M.**, 1994. *Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*, pag. 12-14;47-58.
(<http://www6.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf>)
Fecha de consulta: 5 de julio de 2012.

- [8] Galacho F.B. y Ocaña C., 2006. *Tratamiento con SIG y técnicas de evaluación multicriterio de la capacidad de acogida del territorio para usos urbanísticos: residenciales y comerciales*, en **Camacho M.T., Cañete J.A. y Lara J.J.** (Eds): *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas (Actas del XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Granada, pag. 1509-1525.)*
- [9] Goerlich F.J. y Cantarino I., 2010. *Un índice de rugosidad del terreno a escala municipal a partir de modelos de elevación digital de acceso público*, (Fundación BBVA).
(<http://www.fbbva.es/TLFU/tifu/esp/publicaciones/documentos/fichadoc/index.jsp?codigo=558>)
Fecha de consulta: 5 de julio de 2012.
- [10] Ministerio de Medio Ambiente, 2003. *Inventario nacional de erosión de suelos 2002-2012: Asturias 2003*, (Secretaría General de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Subdirección General de Montes).
- [11] Ministerio de Medio Ambiente, 2000. *Mapa de la Productividad Potencial Forestal de España*, (Secretaría General de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Parques Nacionales).
- [12] Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1992. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*, (Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente), pag. 190-195.
- [13] Ponce P.J., 2000. *Cambios sociales en los espacios periurbanos del país Valenciano: El Puig de Santa María*.
(<http://mural.uv.es/pepona/>)
Fecha de consulta: 5 de julio de 2012.
- [14] Riley S.J., DeGloria S.D. y Elliot R., 1999. *A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity*, (Intermountain Journal of Sciences, vol. 5, No. 1-4).
(<http://es.scribd.com/doc/70243534/Terrain-Ruggedness-Index>)
Fecha de consulta: 5 de julio de 2012.
- [15] Sánchez O. y Sánchez F., 2000. *Mapa de la productividad potencial forestal de España*, (Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría General de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza).

MATERIAL DOCENTE

- [16] Grané A. Departamento de Estadística, Universidad Carlos III de Madrid. *Análisis discriminante y clasificación.*

(http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/agrane/ficheros_docencia/MULTIVARIANT/tema8.pdf)

Fecha de consulta: 5 de julio de 2012.

- [17] Marín J.M. Departamento de Estadística, Universidad Carlos III de Madrid. *Análisis discriminante lineal.*

(<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/DM/tema1dm.pdf>)

Fecha de consulta: 5 de julio de 2012.

PÁGINAS WEB

- [18] ArcGIS Resoucre Centre, <http://resources.arcgis.com/>

Última consulta: 5 de julio de 2012.

- [19] Ayuda web ArcGIS, <http://resources.arcgis.com/es/content/web-based-help>

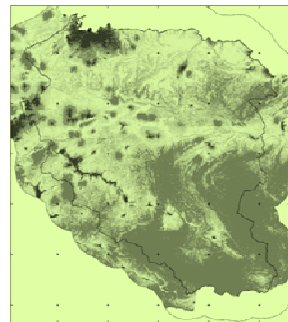
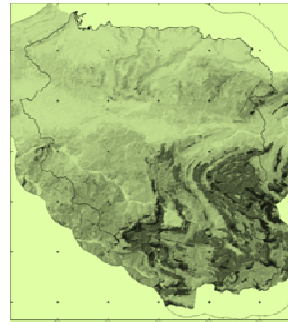
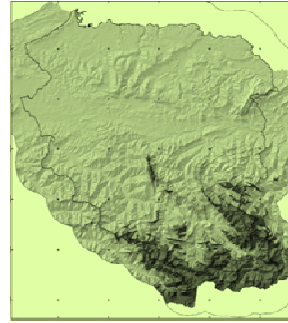
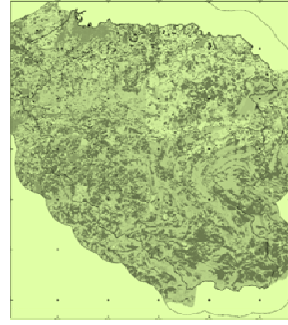
Última consulta: 5 de julio de 2012.

- [20] Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), <http://www.cnig.es>

Última consulta: 5 de julio de 2012.

- [21] Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE), <http://www.siose.es>

Última consulta: 5 de julio de 2012.



ANEXOS

- I. Descripción y codificación de coberturas y atributos presentes en el SIOSE.
- II. Tablas y gráficos de caracterización de las variables empleadas.
- III. Cartografía.



ANEXO I

Descripción y codificación de coberturas simples presentes en el SIOSE:

DESCRIPCIÓN DE LA COBERTURA		IDENT.		
Coberturas Artificiales	Edificación	EDF		
	Zona Verde Artificial y Arbolada Urbano	ZAU		
	Lámina de Agua Artificial	LAA		
	Vial, Aparcamiento o Zona Peatonal sin Vegetación	VAP		
	Otras Construcciones	OCT		
	Suelo No Edificado	SNE		
	Zonas de Extracción o Vertido	ZEV		
Cultivos	Cultivos Herbáceos	Arroz	CHA	
		Cultivos Herbáceos distintos del Arroz	CHL	
	Leñosos	Frutales	Frutales Cítricos	LFC
			Frutales No Cítricos	LFN
		Viñedo	LVI	
		Olivar	LOL	
		Otros Leñosos	LOC	
	Prados	PRD		
Pastizal	PST			
Arbolado Forestal	Frondosas	Frondosas Caducifolias	FDC	
		Frondosas Perennifolias	FDP	
	Coníferas	CNF		
Matorral	MTR			
Terrenos sin Vegetación	Playas, dunas y arenales	PDA		
	Suelo Desnudo	SDN		
	Zonas Quemadas	ZQM		
	Glaciares y Nieves permanentes	GNP		
	Ramblas	RMB		
	Roquedos	Acantilados Marinos	ACM	
		Afloramientos Rocosos y Roquedos	ARR	
Canchales		CCH		
Coladas Lávicas		CLC		
Coberturas Húmedas	Humedales Continentales	Zonas Pantanosas	HPA	
		Turberas	HTU	
		Salinas Continentales	HSA	
	Humedales Marinos	Marismas	HMA	
		Salinas Marinas	HSM	
		Cursos de Agua	ACU	
Coberturas de Agua	Aguas Continentales	Láminas de Agua	Lagos y Lagunas	ALG
			Embalses	AEM
		Lagunas Costeras	ALC	
	Aguas Marinas	Estuarios	AES	
		Mares y Océanos	AMO	

Descripción y codificación de coberturas compuestas presentes en el SIOSE:

DESCRIPCIÓN DE LA COBERTURA			IDENT.		
No Predefinida	Asociación		A		
	Mosaico	Regular	R		
		Irregular	I		
Predefinida	Dehesa		DHS		
	Olivar-Viñedo		OVD		
	Asentamiento Agrícola Residencial		AAR		
	Huerta Familiar		UER		
	Artificial	Urbano Mixto	Casco	UCS	
			Ensanche	UEN	
			Discontinuo	UDS	
		Industrial	Polígono Industrial Ordenado	IPO	
			Polígono Industrial sin Ordenar	IPS	
			Industria Aislada	IAS	
		Primario	Agrícola, Ganadero	PAG	
			Forestal Primario	PFT	
			Minero Extractivo	PMX	
			Piscifactoría	PPS	
		Terciario	Comercial y Oficinas	TCO	
			Complejo Hotelero	TCH	
			Parque Recreativo	TPR	
			Camping	TCG	
		Equipamiento Dotacional	Administrativo Institucional	EAI	
			Sanitario	ESN	
			Cementerio	ECM	
			Educación	EDU	
			Penitenciario	EPN	
			Religioso	ERG	
			Cultural	ECL	
			Deportivo	EDP	
			Campo de Golf	ECG	
			Parque Urbano	EPU	
		Infraestructuras	Transporte	Red Viaria	NRV
				Red Ferroviaria	NRF
				Portuario	NPO
				Aeroportuario	NAP
Energía			Eólica	NEO	
			Solar	NSL	
			Nuclear	NCL	
			Eléctrica	NEL	
	Térmica		NTM		
	Hidroeléctrica		NHD		
	Gasoducto Oleoducto		NGO		
Telecomunicaciones			NTC		
Suministro de Agua	Depuradoras y Potabilizadoras		NDP		
	Conducciones y Canales		NCC		
	Desalinizadora		NDS		
Residuos	Vertedero y Escombrera	NVE			
	Plantas de Tratamiento	NPT			

Descripción y codificación de atributos para las coberturas SIOSE:

	ATRIBUTOS		IDENT.
tipoEdificación	Edificio Aislado		ea
	Edificio entre Medianeras		em
	Vivienda Unifamiliar	Aislada	va
		Adosada	vd
	Nave		nv
enConstrucción	En Construcción		ec
irrigación	Secano		sc
	Regadío	Regado	rr
		No Regado	m
abancalado	Abancalado		ab
esForzado	Forzado		fz
plantacion	Plantación		pl
fomaciónDeRibera	Formación de Ribera		fr
funciónDeCortafuegos	Función de Cortafuegos		fc
cortas	Cortas		ct
procedenciaDeCultivo	Procedencia de Cultivo		pc
altaMontaña	Alta Montaña		am
esRoturadoNoAgricola	Roturado No Agrícola		ra
esZonaErosionada	Zonas Erosionadas		ze
esCuaternaria	Cuaternarias		cu

ANEXO II

En este Anexo se muestran las tablas y los gráficos de la caracterización de las variables según los usos del suelo, detallada en el *apartado 4* de la memoria.

El orden en el que se muestran es el siguiente:

- Caracterización de la **altitud** (ver *apartado 4.3*)
- Caracterización de la **pendiente** (ver *apartado 4.4*)
- Caracterización de la **orientación** (ver *apartado 4.5*)
- Caracterización de la **rugosidad** (ver *apartado 4.6*)
- Caracterización de la **erosión laminar y en regueros** (ver *apartado 4.7*)
- Caracterización de la **potencialidad edáfica** (ver *apartado 4.8*)
- Caracterización de la **productividad forestal** (ver *apartado 4.9*)
- Caracterización de la **parcelación catastral** (ver *apartado 4.10*)

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

Uso	ALTITUD media (en metros)									TOTAL
	Distribución de los usos en % según tramos de altitud									
	<200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	>1600	
101	61,20	8,33	30,47							100
102	59,65	37,57	2,78							100
103	1,20	9,50	79,49	6,67	3,14					100
104	5,45	25,00	18,35	17,37	16,04	5,44	11,23	1,02	0,10	100
105	52,31	42,73	3,84	1,12						100
106			100,00							100
107	33,70	42,87	22,51	0,92						100
108	0,00	21,16	40,75	4,12	16,86	17,11				100
109	19,79	32,26	7,99	13,18	26,32	0,28	0,17			100
110	41,33	50,34	7,83	0,18	0,32					100
111	51,94	28,13	19,48		0,25			0,19		100
201	74,96	22,89		2,14						100
202	67,05	27,64	2,12	3,20						100
203	87,88	12,12								100
204	85,23	13,06	1,31	0,40						100
205	66,49	30,31	2,34	0,86						100
301	29,13	36,98	16,86	10,80	5,16	1,02	0,05			100
302	3,42	6,67	12,45	25,80	24,51	9,55	8,69	6,42	2,48	100
303	5,26	11,60	17,67	18,34	16,29	10,56	6,05	9,88	4,35	100
304	45,76	45,63	6,89	1,21	0,51					100
305	6,82	15,14	13,88	19,59	16,35	7,78	6,41	8,75	5,28	100
306	18,02	26,22	22,38	16,36	13,36	3,21	0,44			100
TOTAL	20,75	27,01	15,38	12,89	10,76	4,37	4,82	2,78	1,25	100

Tabla II.1. Distribución de la altitud según los usos del suelo.

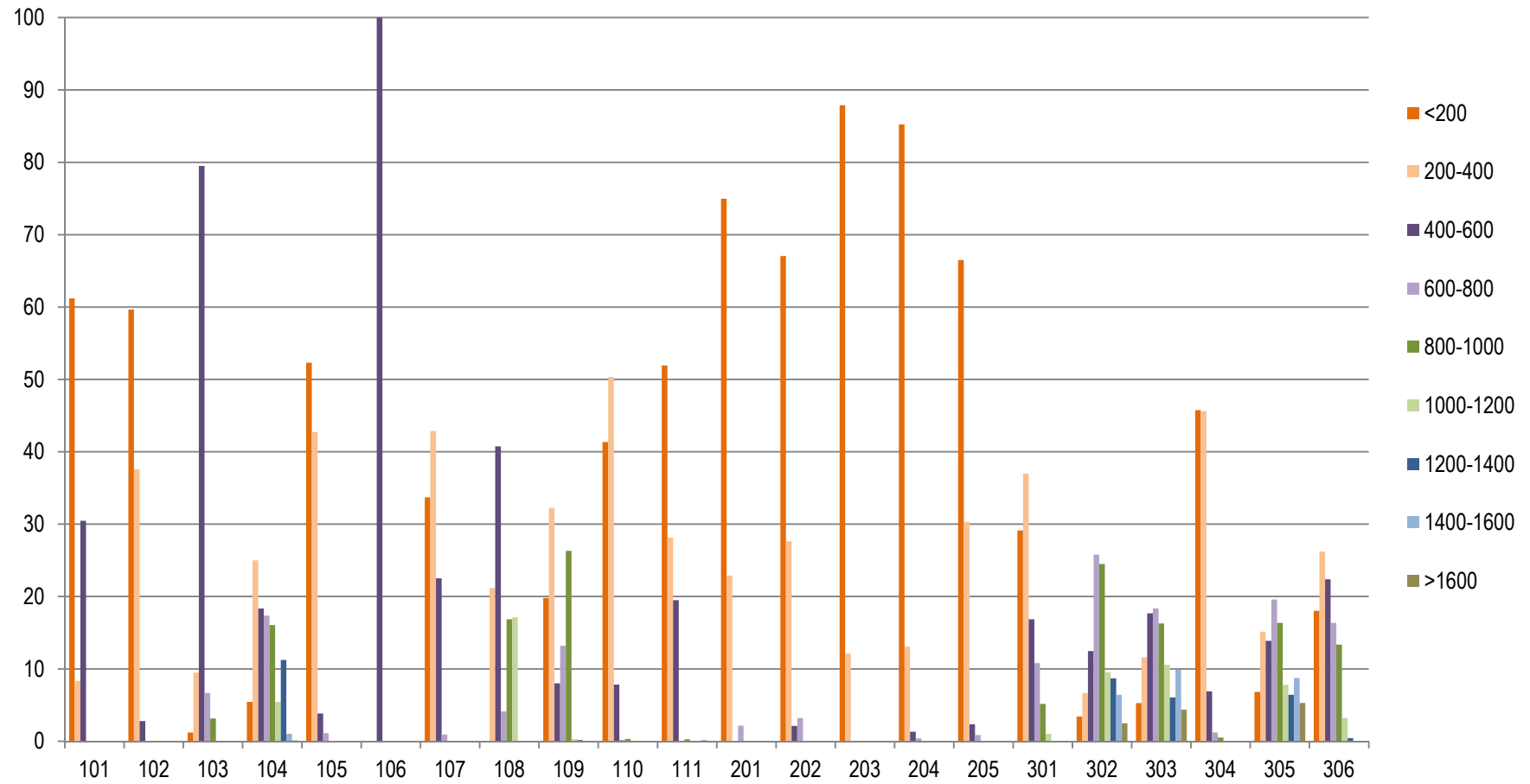


Figura II.1. Distribución de la altitud según los usos del suelo.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

Uso	PENDIENTE media (en %)							TOTAL
	Distribución de los usos en % según tramos de pendiente							
	<3	3-8	8-15	15-25	25-35	35-45	>45	
101	18,79		32,48	18,59	8,24	7,65	14,26	100
102	0,34	1,63	2,20	11,26	36,53	28,40	19,64	100
103			0,65	9,78	7,90	43,65	38,03	100
104	0,01	0,09	0,36	1,70	7,46	15,67	74,71	100
105		2,40	9,04	8,78	27,14	26,20	26,44	100
106				100,00			0,00	100
107		2,27	4,14	13,21	35,81	26,34	18,23	100
108			11,74		9,42	10,50	68,34	100
109		0,67	0,81	2,35	6,45	35,39	54,33	100
110		0,15	1,79	7,56	21,50	36,89	32,11	100
111	1,35	2,32	3,22	13,16	27,08	19,54	33,33	100
201	4,07	18,46	22,18	21,97	26,84	5,45	1,03	100
202	15,70	37,02	32,43	11,97	2,88			100
203	15,37	53,15	27,56	2,63	1,29			100
204	1,46	5,84	42,10	21,07	26,44	3,09		100
205	1,50	5,95	46,42	29,39	13,44	3,26	0,05	100
301	1,13	5,51	17,09	27,61	24,18	19,06	5,42	100
302	0,06	0,34	0,80	7,75	12,68	27,16	51,22	100
303	0,04	0,66	1,92	3,76	5,95	12,45	75,22	100
304	0,61	4,56	13,45	45,87	24,91	7,54	3,05	100
305	0,17	0,50	2,33	3,97	7,80	18,75	66,49	100
306	0,62	2,54	4,13	14,66	26,99	33,90	17,15	100
TOTAL	0,46	2,19	7,27	13,51	14,95	17,42	44,20	100

Tabla II.2. Distribución de la pendiente según los usos del suelo.

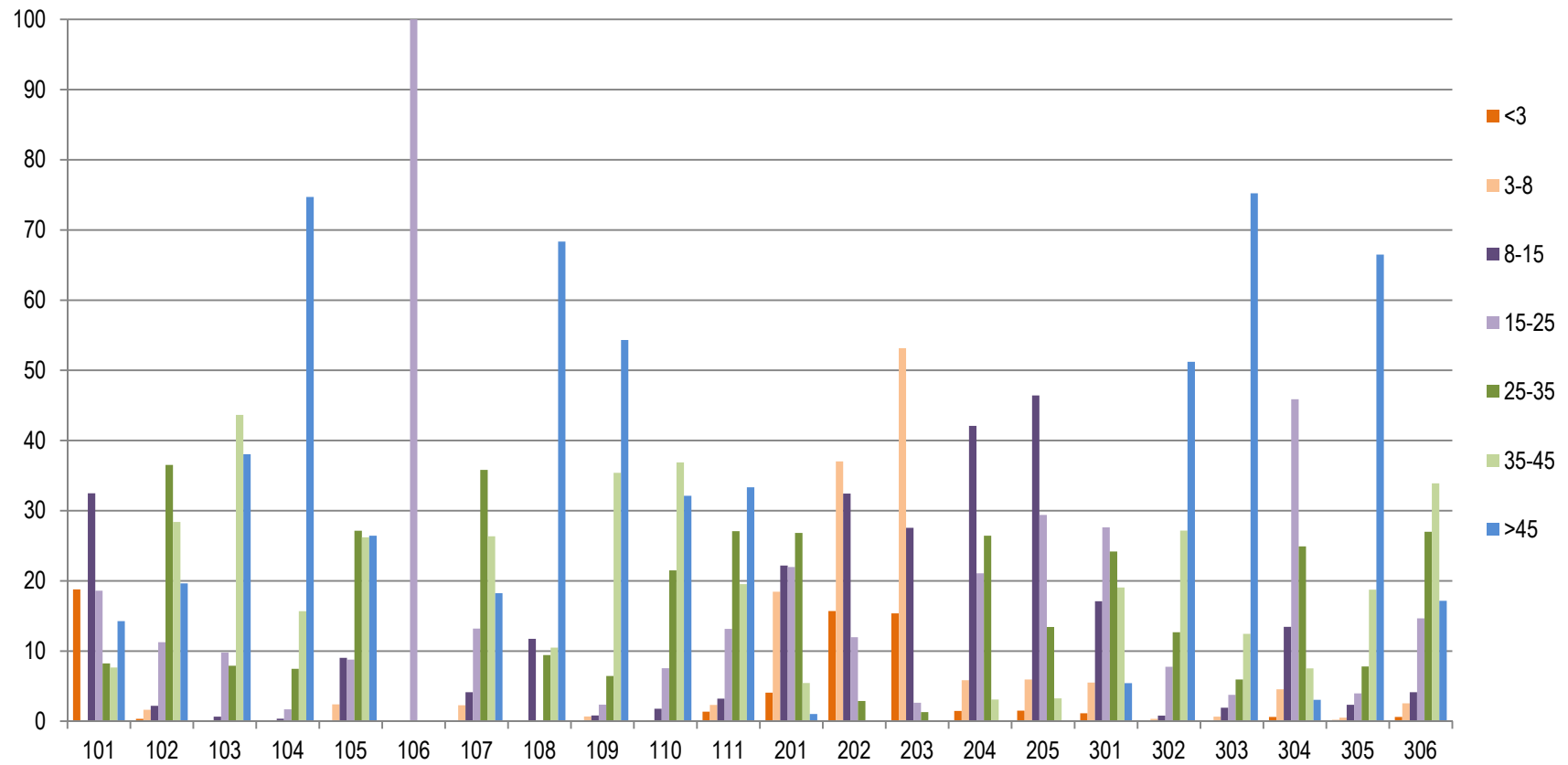


Figura II.2. Distribución de la pendiente según los usos del suelo.

Uso	ORIENTACION Principal					TOTAL
	Distribución de los usos en % según orientación					
	<i>Norte</i>	<i>Este</i>	<i>Sur</i>	<i>Oeste</i>	<i>Todas</i>	
101	38,43	7,65	29,51	24,41		100
102	31,12	20,37	20,85	27,67	0,0000028	100
103	29,75	13,86	27,12	29,27		100
104	55,46	17,63	6,55	20,35	0,02	100
105	37,19	16,69	12,92	33,21		100
106		100,00				100
107	19,18	27,85	17,35	35,62		100
108	9,42	30,25	45,71	14,62		100
109	46,96	13,18	19,08	20,78		100
110	35,26	26,02	17,93	20,79		100
111	40,31	22,78	21,04	15,88		100
201	17,83	23,16	32,11	26,91		100
202	38,15	7,44	25,73	28,68		100
203	20,40	28,48	40,01	11,11		100
204	41,87	19,41	26,03	12,69		100
205	48,74	9,99	30,89	10,37		100
301	17,72	16,73	39,77	25,77		100
302	21,44	30,36	18,69	29,51		100
303	29,27	16,32	24,75	29,65		100
304	33,43	16,05	31,48	19,03		100
305	25,17	17,41	34,83	22,59	0,0000038	100
306	20,35	21,30	27,80	30,55		100
<i>TOTAL</i>	34,95	17,72	23,77	23,56	0,0059	100

Tabla II.3. Distribución de la orientación según los usos del suelo.

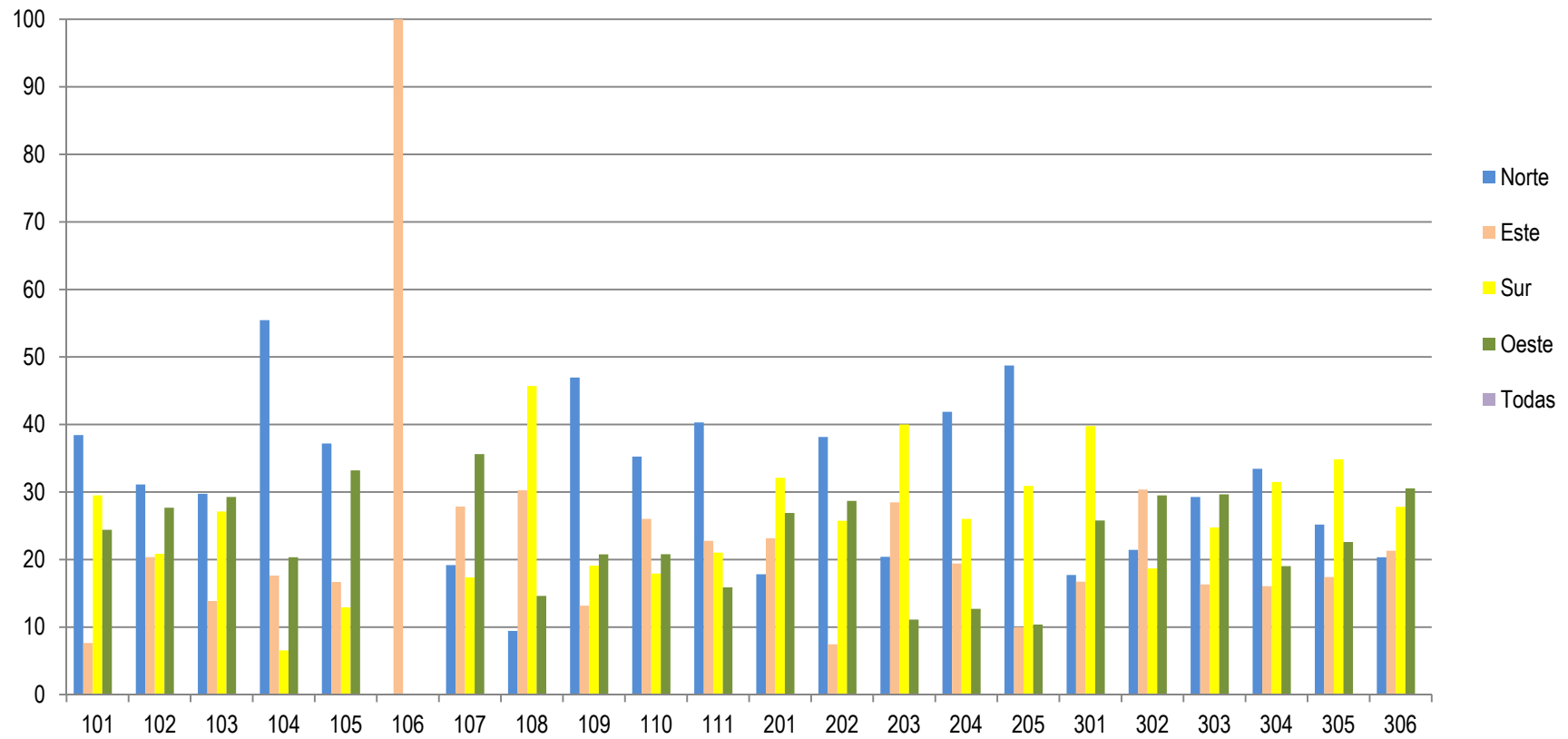


Figura II.3. Distribución de la orientación según los usos del suelo.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

Uso	RUGOSIDAD media (en metros)							TOTAL
	Distribución de los usos en % según tramos de rugosidad							
	0 - 0,83	0,83 - 2,50	2,50 - 4,17	4,17 - 5,84	5,84 - 7,51	7,51 - 9,18	> 9,18	
101	18,79	34,85	24,45	21,91				100
102	1,12	10,50	47,55	31,44	8,45	0,94		100
103	0,26	3,48	26,36	36,88	30,99	1,86	0,17	100
104	0,10	1,44	10,25	27,24	34,32	23,69	2,97	100
105	3,98	10,83	39,61	22,61	22,96			100
106				100,00				100
107	1,59	7,16	43,56	38,44	6,80	2,46		100
108		11,74		19,92	68,34			100
109	0,32	4,15	15,97	40,98	11,67	26,91		100
110	0,29	8,32	34,63	46,14	8,45	2,04	0,13	100
111	2,70	11,73	35,07	23,17	27,22	0,04	0,08	100
201	13,83	38,56	38,12	7,33	2,16			100
202	35,51	46,31	13,05	5,13				100
203	20,67	68,60	9,45	1,29				100
204	4,13	51,49	27,72	14,89	1,77			100
205	5,03	60,15	25,66	8,50	0,66			100
301	4,39	32,79	25,89	25,09	10,66	1,05	0,13	100
302	0,56	0,81	10,37	34,43	37,33	13,35	3,14	100
303	0,56	4,49	7,88	14,96	32,33	33,60	6,19	100
304	2,36	33,23	45,30	14,99	3,56	0,48	0,09	100
305	0,53	5,06	8,40	24,92	28,08	20,56	12,45	100
306	2,71	10,95	24,42	34,30	22,06	4,26	1,31	100
TOTAL	1,73	14,36	19,81	24,21	22,30	14,55	3,04	100

Tabla II.4. Distribución de la rugosidad según los usos del suelo.

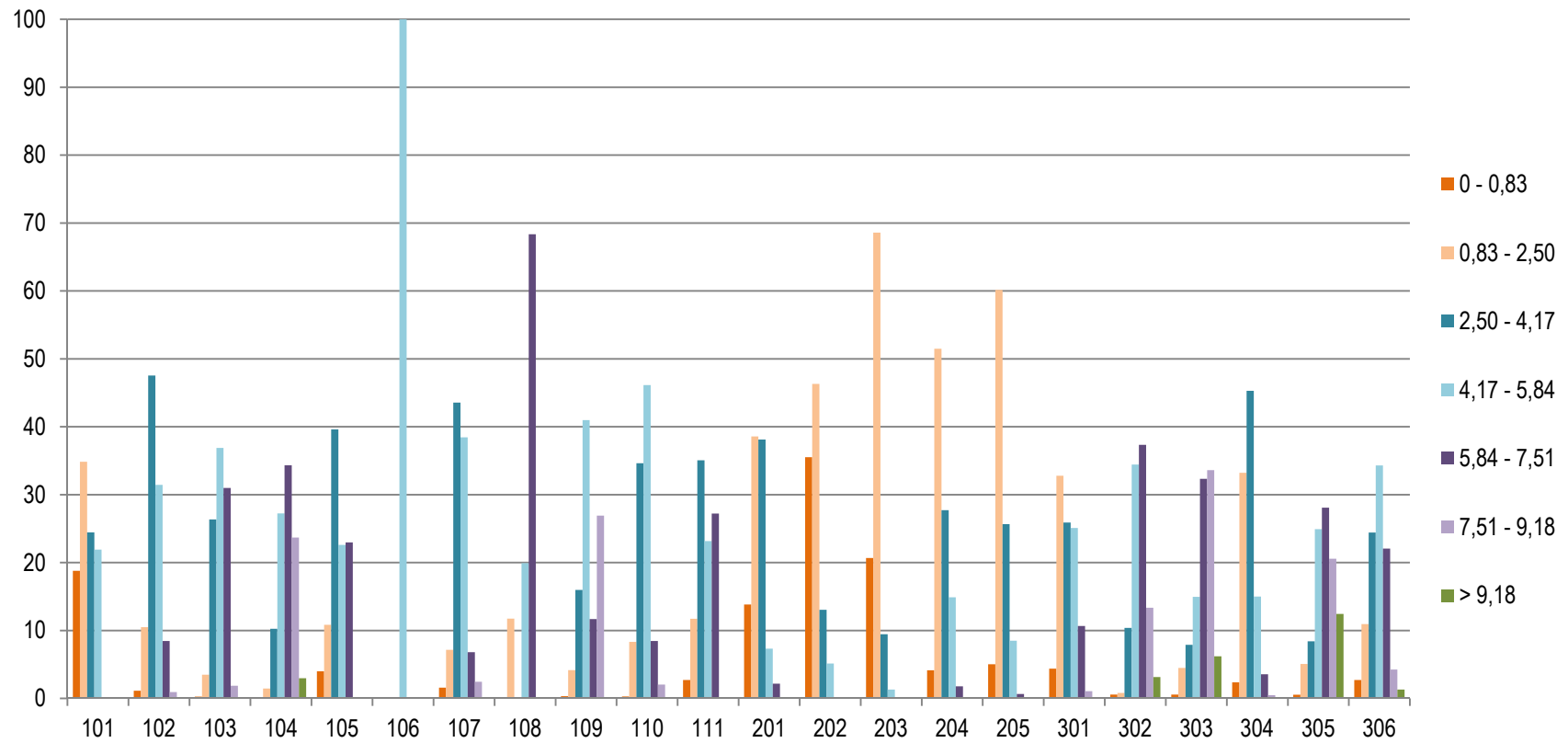


Figura II.4. Distribución de la rugosidad según los usos del suelo.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

Uso	EROSIÓN media (en t/ha al año)							TOTAL
	Distribución de los usos en % según tramos de erosión							
	0-5	5-10	10-25	25-50	50-100	100-200	>200	
101	22,14	42,51	16,54	2,61	16,21			100
102	28,99	33,13	33,04	4,15	0,59	0,08	0,03	100
103	11,33	30,16	57,80	0,71				100
104	2,78	14,34	79,70	2,73	0,45		0,003	100
105	29,88	23,01	41,22	5,89				100
106	100,00							100
107	29,77	40,29	25,37	3,81	0,76			100
108	21,16	57,86	20,98					100
109	4,65	19,34	74,43	0,77	0,65	0,15		100
110	15,17	30,90	47,53	5,52	0,84	0,04		100
111	28,84	29,94	39,00	1,56	0,57	0,09		100
201	26,44	22,25	28,83	16,98	5,50			100
202	31,40	20,98	28,28	16,88	1,24	1,22		100
203	56,87	20,85	19,66	2,62				100
204	5,30	6,51	55,36	29,82	3,01			100
205	7,24	29,06	37,73	19,36	6,49	0,11		100
301	7,01	9,20	31,73	26,70	22,51	2,84	0,02	100
302	32,85	38,39	19,06	4,19	4,25	1,26		100
303	38,43	41,70	16,00	2,30	1,38	0,18		100
304	5,34	7,74	35,28	41,56	9,47	0,60		100
305	32,74	40,48	19,76	4,50	2,05	0,48		100
306	10,22	8,94	21,16	30,59	25,88	3,21		100
TOTAL	15,44	22,22	42,29	12,50	6,75	0,80	0,005	100

Tabla II.5. Distribución de la erosión laminar y en regueros según los usos del suelo.

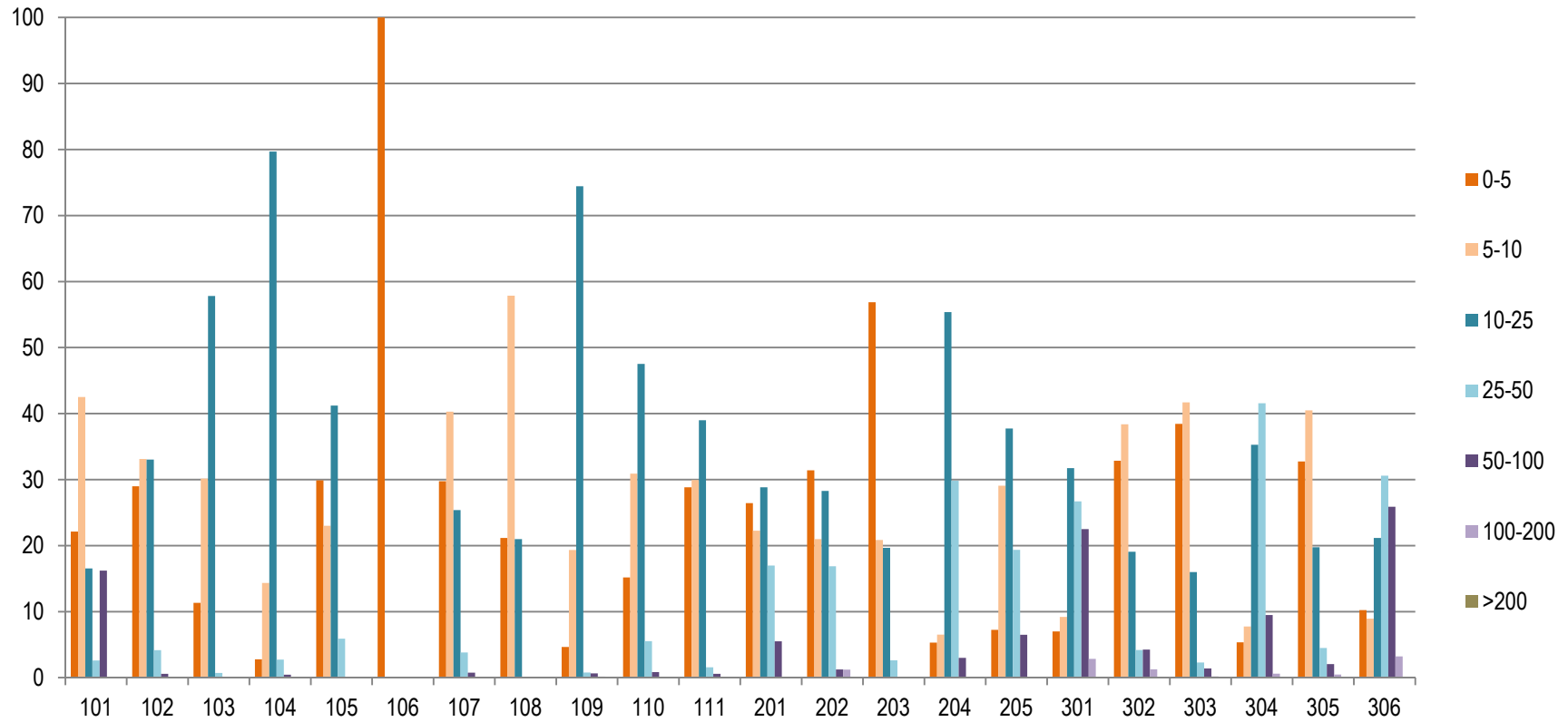


Figura II.5. Distribución de la erosión laminar y en regueros según los usos del suelo.

Uso	POTENCIALIDAD EDÁFICA media						TOTAL
	Distribución de los usos en % según tramos de potencialidad edáfica						
	<i>Nula</i>	<i>Muy Baja</i>	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>	<i>Muy Alta</i>	
101		10,84	8,72	61,65		18,79	100
102	0,25	2,18	23,80	71,14	2,73	0,02	100
103		16,46	8,27	74,82	0,45		100
104	0,54	3,99	20,30	71,83	3,28	0,05	100
105		0,42	12,84	75,26	11,47		100
106				100,00			100
107		11,02	21,86	59,67	7,45		100
108		8,28	31,40	60,32			100
109		17,53	36,23	39,09	7,06	0,10	100
110		4,12	16,35	73,75	5,78		100
111		3,52	31,37	59,77	5,34		100
201	4,68		8,40	42,58	41,69	5,00	100
202	12,11		11,47	33,49	34,41	14,57	100
203	2,59		26,91	36,38	28,48	6,94	100
204	1,75		50,47	13,16	32,10	3,39	100
205	0,13	0,29	28,93	37,28	27,86	5,58	100
301	0,05	0,50	7,45	73,89	16,35	1,76	100
302	0,32	9,98	22,81	60,44	5,87	0,58	100
303	5,04	43,33	18,43	30,65	2,44	0,11	100
304	0,03	0,38	8,36	68,13	21,41	1,72	100
305	15,03	22,59	23,91	35,21	2,99	0,26	100
306	0,27	3,08	14,24	69,85	11,99	0,71	100
<i>TOTAL</i>	2,28	10,94	17,35	59,76	8,78	0,85	100

Tabla II.6. Distribución de la potencialidad edáfica según los usos del suelo.

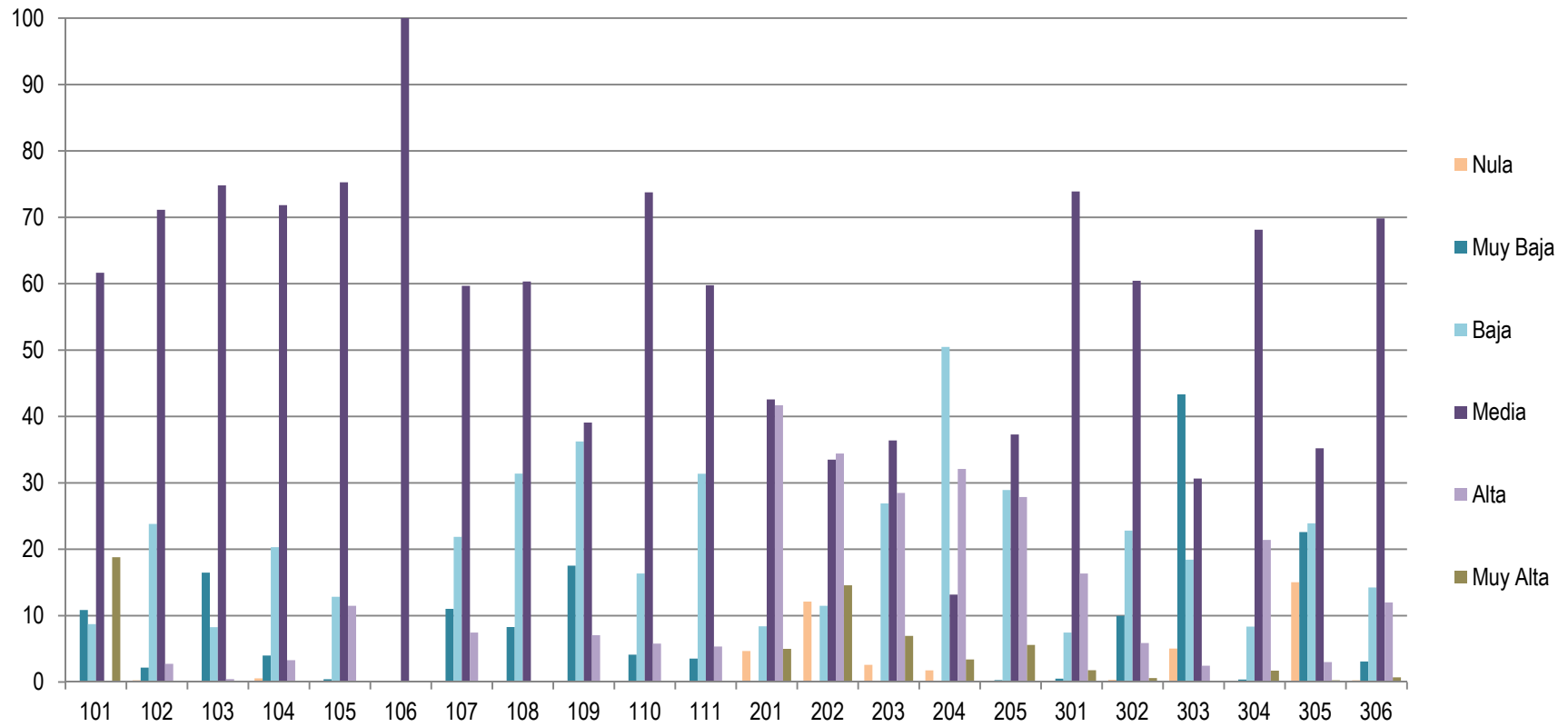


Figura II.6. Distribución de la potencialidad edáfica según los usos del suelo.

Evolución potencial de los usos del suelo en Asturias a través del análisis de variables territoriales

Uso	PRODUCTIVIDAD FORESTAL media (en m ³ /ha al año)											TOTAL	
	Distribución de los usos en % según tramos de productividad forestal												
	<0,50	1,00-1,50	2,25-3,00	3,00-3,75	3,75-4,50	4,50-5,25	5,25-6,00	6,00-6,75	6,75-7,50	7,50-8,25	8,25-9,00		>9
101					21,17			2,61			42,41	33,81	100
102	0,0000028				0,85	7,30	1,33	6,44	3,63	6,37	45,55	28,53	100
103					1,18	15,08	4,47	0,78	3,49	5,12	11,27	58,61	100
104	0,01	0,01		0,16	0,84	3,30	1,88	4,01	4,16	9,48	14,78	61,38	100
105					8,83	11,00		12,64	16,92	0,48	35,37	14,74	100
106									100,00				100
107					0,24	7,84	1,96	2,44	5,13		52,46	29,92	100
108					11,74	18,78		31,40			33,97	4,12	100
109					3,93	2,35	1,18	4,79	4,19	30,12	12,24	41,21	100
110					1,12	10,34	7,29	10,78	13,91	4,66	23,41	28,50	100
111					0,49	12,04	2,15	11,35	3,17	2,25	27,37	41,19	100
201					5,19	8,89	0,52	9,40	2,15	1,65	18,71	53,49	100
202					0,35	7,17	2,15	12,23	0,65	7,71	10,25	59,49	100
203					1,10	14,18		18,46	1,11		21,57	43,57	100
204					0,23	7,76		14,76	2,22	4,14	53,19	17,71	100
205					0,21	3,05	4,26	8,98	6,63	5,71	37,88	33,28	100
301				0,05	6,03	3,74	2,10	8,45	6,95	9,29	16,07	47,32	100
302				0,25	2,96	5,75	0,71	6,21	2,76	5,65	7,78	67,92	100
303	0,01		0,02	0,64	6,67	11,08	6,49	8,97	12,33	8,80	7,90	37,10	100
304	0,01			1,00	2,01	10,73	4,83	7,47	12,34	5,32	20,09	37,20	100
305	0,0000038			0,28	3,21	4,82	6,11	6,07	9,37	5,26	8,59	56,28	100
306				0,03	4,40	2,90	4,59	4,83	4,66	4,26	8,93	65,40	100
TOTAL	0,0033	0,0018	0,0028	0,18	3,23	6,10	3,55	6,80	7,44	7,86	16,24	48,59	100

Tabla II.7. Distribución de la productividad forestal según los usos del suelo.

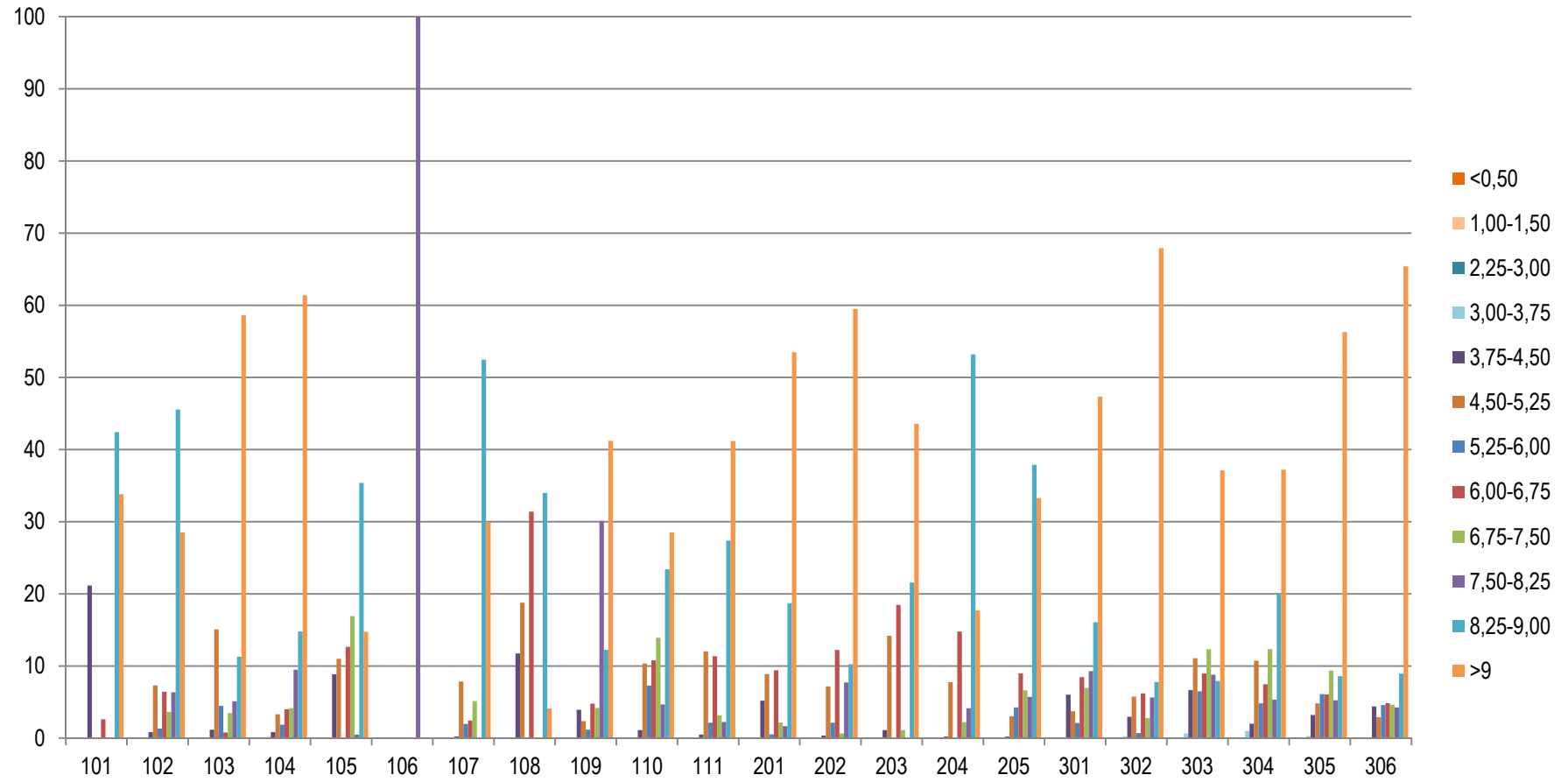


Figura II.7. Distribución de la productividad forestal según los usos del suelo.

Uso	ÍNDICE DE PARCELACIÓN (en parcelas por hectárea)						TOTAL
	Distribución de los usos en % según tramos de parcelación catastral						
	<1	1-2	2-3,5	3,5-5	5-10	>10	
101	69,76	2,38	3,35	21,91	2,61		100
102	11,38	22,90	41,05	16,84	7,69	0,14	100
103	69,68	3,52	21,97	4,12	0,71	0,00	100
104	38,28	15,73	23,77	15,74	6,32	0,17	100
105	17,67	15,22	23,17	14,72	27,72	1,50	100
106				100,00			100
107	35,10	23,84	20,94	13,42	6,27	0,43	100
108	61,91	33,97	4,12	0,00	0,00	0,00	100
109	42,26	12,42	22,85	11,32	10,99	0,15	100
110	9,06	10,49	34,38	34,37	11,62	0,08	100
111	6,30	10,02	57,82	16,09	9,64	0,13	100
201	12,39	13,02	36,73	18,86	16,59	2,40	100
202	13,07	16,18	20,12	7,91	30,74	11,98	100
203	12,97	30,03	18,57	16,90	21,53		100
204	0,00	4,98	39,48	21,49	31,07	2,98	100
205	1,21	11,59	45,31	20,81	17,78	3,31	100
301	2,65	18,11	39,35	21,70	16,97	1,20	100
302	71,77	13,51	9,78	3,18	1,75	0,01	100
303	79,09	11,66	6,08	2,32	0,84	0,01	100
304	0,63	7,50	45,58	24,10	20,86	1,34	100
305	71,41	11,23	10,35	4,46	2,45	0,10	100
306	5,78	22,04	36,31	22,44	12,37	1,06	100
TOTAL	34,07	14,27	26,80	14,93	9,32	0,61	100

Tabla II.8. Distribución de la parcelación catastral según los usos del suelo.

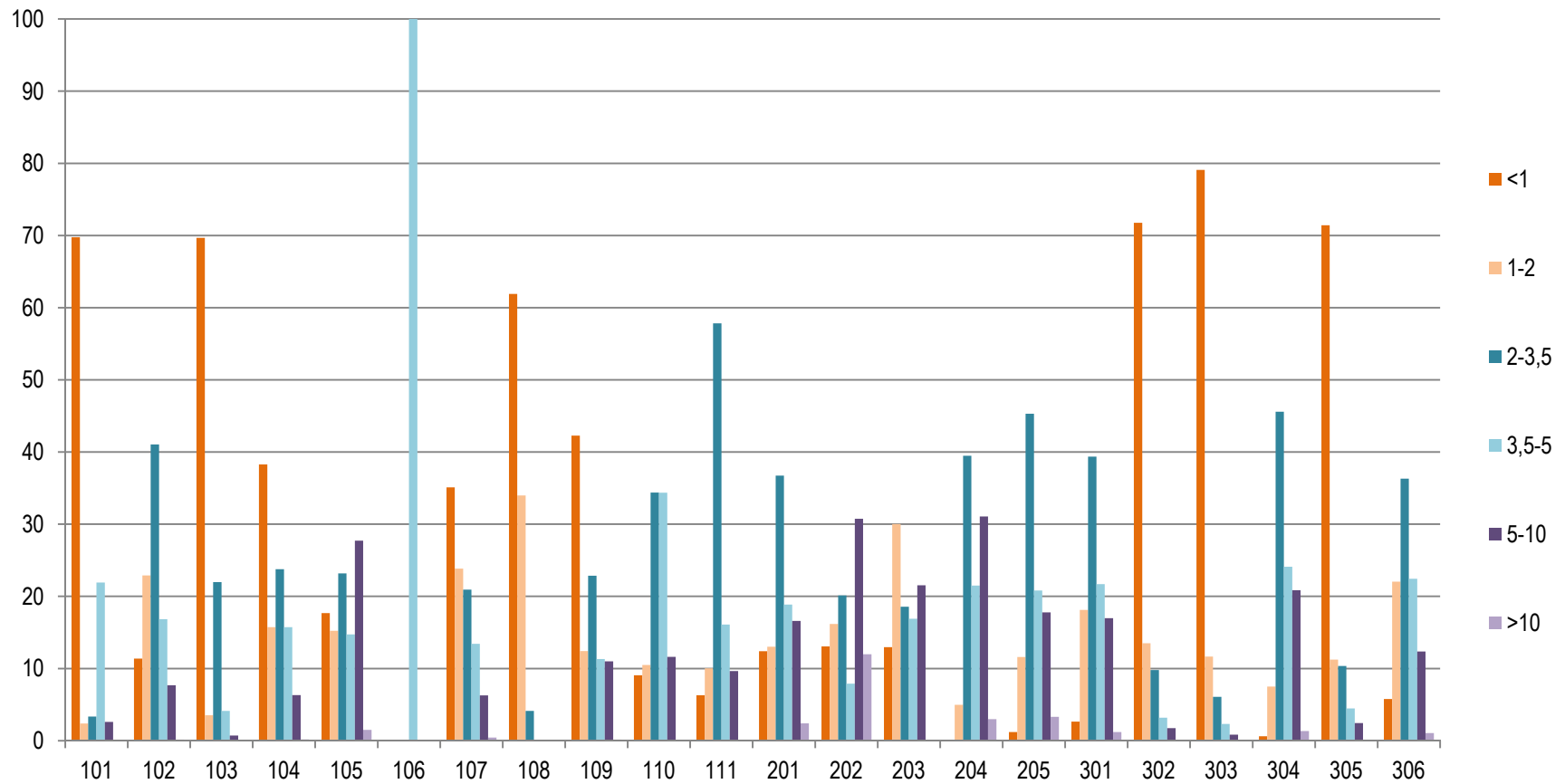


Figura II.8. Distribución de la parcelación catastral según los usos del suelo.

ANEXO III

En este Anexo se incluyen todos los mapas generados durante el trabajo.

La relación de los mismos es la siguiente:

Mapa 1: Localización de la zona de estudio. (Ver *apartado 2.1*).

Mapa 2: Tipos de coberturas de los polígonos SIOSE en el área de trabajo. (Ver *apartado 3.1*).

Mapa 3: Usos del suelo en el área de trabajo (Primera interpretación). (Ver *apartado 4.2*).

Mapa 4: Altitudes en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.3*).

Mapa 5: Pendientes en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.4*).

Mapa 6: Orientaciones en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.5*).

Mapa 7: Rugosidad en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.6*).

Mapa 8: Erosión laminar en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.7*).

Mapa 9: Potencialidad edáfica en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.8*).

Mapa 10: Productividad forestal en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.9*).

Mapa 11: Grado de parcelación en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.10*).

Mapa 12: Influencia urbana y de otros usos artificiales en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.11*).

Mapa 13: Influencia de los núcleos rurales en el área de trabajo. (Ver *apartado 4.12*).

Mapa 14: Usos del suelo en el área de trabajo (Segunda interpretación). (Ver *apartado 4.14*).

Mapa 15: Evolución potencial de los usos del suelo en el área de trabajo. (Ver *apartado 5.4*).

RESUMEN / ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

- 1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVO
- 1.2 METODOLOGÍA
- 1.3 INFORMACIÓN A EMPLEAR
- 1.4 SISTEMA DE COORDENADAS
- 1.5 SOFTWARE UTILIZADO

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

3. INFORMACIÓN DE BASE Y PROCESADO

- 3.1 SIOSE
- 3.2 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES
- 3.3 CARTOGRAFÍA CATASTRAL
- 3.4 CARTOGRAFÍA DE CARRETERAS
- 3.5 MAPA DE POTENCIALIDAD EDÁFICA
- 3.6 MAPA DE EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS
- 3.7 MAPA DE PRODUCTIVIDAD FORESTAL

4. VARIABLES PARA EL ESTUDIO DE LA POTENCIALIDAD DE USOS

- 4.1 VARIABLES A EMPLEAR
- 4.2 USOS DEL SUELO ACTUALES
- 4.3 INFLUENCIA DE LA ALTITUD
- 4.4 INFLUENCIA DE LA PENDIENTE
- 4.5 INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN
- 4.6 INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD
- 4.7 INFLUENCIA DE LA EROSIÓN LAMINAR Y EN REGUEROS
- 4.8 INFLUENCIA DE LA POTENCIALIDAD EDÁFICA
- 4.9 INFLUENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD FORESTAL
- 4.10 INFLUENCIA DE LA PARCELACIÓN CATASTRAL
- 4.11 INFLUENCIA DE LOS NÚCLEOS URBANOS Y OTRAS ZONAS ARTIFICIALES
- 4.12 INFLUENCIA DE LOS NÚCLEOS RURALES
- 4.13 CONCLUSIONES AL ANÁLISIS DE VARIABLES
- 4.14 USOS DEFINITIVOS DERIVADOS DEL SIOSE 2005 Y EL ANÁLISIS DE VARIABLES

5. ANÁLISIS MULTIVARIABLE DE LA POTENCIALIDAD DE USOS

- 5.1 OBJETO DEL ANÁLISIS
- 5.2 PROCEDIMIENTO Y CRITERIOS A SEGUIR
- 5.3 RESULTADOS OBTENIDOS
- 5.4 DEPURACIÓN DE RESULTADOS Y OBTENCIÓN DEL MAPA DEFINITIVO
- 5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 5.6 RESULTADOS POR MUNICIPIOS DENTRO DE LA ZONA DE TRABAJO

6. CONCLUSIONES

- 6.1 RESULTADOS OBTENIDOS
- 6.2 UTILIDAD DEL TRABAJO
- 6.3 UTILIDAD DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA
- 6.4 PROPUESTAS DE MEJORA

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- ANEXO I
- ANEXO II
- ANEXO III

