

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESTUDIO MEDIANTE GIS DE LA URBANIZABILIDAD EN EL CONCEJO DE NAVIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

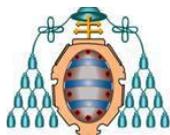
**ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES
MASTER EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**AUTOR: JAVIER VIÑUELA ÁLVAREZ
DIRECTOR: SILVERIO GARCÍA CORTÉS
TECNIA INGENIEROS S.A.**

JULIO 2013

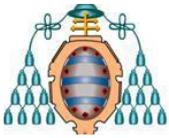
*Trabajo fin de Master realizado
en colaboración con la empresa
Tecnia Ingenieros S.A.*

En petición del Ayuntamiento de Navia

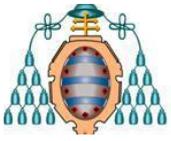


ÍNDICE GENERAL

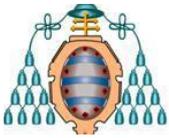
| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 1.1. RESUMEN | 4 |
| 1.2. OBJETIVOS | 6 |
| 1.3. LOCALIZACIÓN | 7 |
| 2. PROCEDIMIENTO | 9 |
| 2.1. RECOGIDA DE INFORMACIÓN | 10 |
| 2.1.1. DIVISIONES ADMINISTRATIVAS | 10 |
| 2.1.2. DATOS HIDROLÓGICOS | 11 |
| 2.1.3. DATOS FÍSICOS Y AMBIENTALES | 12 |
| 2.1.4. INFRAESTRUCTURAS Y CAMINOS..... | 13 |
| 2.1.5. CONSTRUCCIONES..... | 14 |
| 2.2. CONCEPTO IMPLEMENTACIÓN EN ARCGIS | 15 |
| 2.2.1. CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA..... | 15 |
| 2.2.2. CONVERSIÓN DE LOS DGN A SHAPEFILE | 17 |
| 2.2.3. VISUALIZACIÓN DE TABLAS DE DATOS..... | 19 |
| 2.2.4. DIGITALIZACIÓN DE INFORMACIÓN | 20 |
| 2.3. CÁLCULO DE LOS MODELOS | 22 |
| 2.3.1. MDE Y DERIVADOS..... | 22 |
| 2.3.2. MAPA DE VEGETACIÓN | 26 |
| 2.3.3. ZONAS CON RIESGO DE INUNDACIÓN | 29 |
| 2.3.4. ZONAS AFECTADAS POR LOS RÍOS | 30 |
| 2.3.5. VÍAS DE COMUNICACIÓN | 31 |
| 2.3.6. RIESGO DE INCENDIOS | 32 |
| 2.3.7. MAPA DE PÉRDIDA ECONÓMICA | 38 |
| 2.3.8. CALIDAD DEL PAISAJE | 39 |
| 2.3.9. INTERÉS PARA LA CONSERVACIÓN..... | 44 |
| 2.3.10. CALIDAD AGROLÓGICA DEL SUELO | 60 |
| 2.3.11. ACCESIBILIDAD A EDIFICACIONES..... | 61 |
| 2.3.12. MODELOS RESTRICTIVOS | 63 |
| 2.3.13. TABLA RESUMEN | 64 |



| | |
|------------------------------------|----|
| 2.4. CÁLCULO DEL MODELO FINAL..... | 65 |
| 2.4.1. MODELO DE APTITUD | 66 |
| 2.4.2. MODELO DE IMPACTO | 68 |
| 2.4.3. MODELO DE RESTRICCIÓN | 69 |
| 2.4.4. CAPACIDAD DE ACOGIDA | 70 |
| 3. RESULTADOS | 73 |
| 3.1. ZONAS URBANIZABLES | 74 |
| 4. CONCLUSIONES..... | 75 |
| 4.1. CONCLUSIONES GENERALES | 76 |
| 4.2. ANALIZANDO LOS DATOS | 76 |
| 4.3. URBANIZAR NUEVAS ZONAS | 78 |
| 5. BIBLIOGRAFÍA..... | 79 |
| 6. ANEXO: PLANO FINAL..... | 81 |



1. INTRODUCCIÓN



1.1: RESUMEN

El Ayuntamiento de Navia necesita conocer cuáles son las zonas del Concejo de Navia que mejor se pueden urbanizar. Para ello se han tenido en cuenta una serie de factores, como la inundabilidad de los ríos pertenecientes al concejo, la vegetación, la fauna...etc

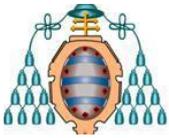
Con motivo de la gran cantidad de datos y cálculos que habría que hacer para tener en cuenta todos los factores realizados, se ha optado por efectuar dicho análisis con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica. Se ha utilizado el programa ArcGIS para ello, y se han pasado a shapefile todas las capas digitalizadas previamente.

Se han utilizado los shapefiles tratados con diversas herramientas propias de un programa SIG, para calcular finalmente la capacidad de acogida urbanística del concejo acorde a factores ambientales, administrativos y legales.

Para ello se han dividido los shapefiles en tres clases distintas. En el primer grupo estableceríamos todos aquellos que aportasen información sobre las zonas idóneas para urbanizar en ellas. El segundo grupo consistiría en las capas que aportasen la información opuesta: aquellas zonas que albergasen una información que implicase que no se debería urbanizar allí, ya sea por riesgos, protección ambiental o valor de la zona. Por último, el tercer grupo corresponde a aquellas capas que hacen imposible urbanizar en las zonas que representan.

El modelo se ha calculado utilizando el método de la distancia más corta entre las dos primeras capas finales (es decir, las de idoneidad y riesgo), habiéndose creado un modelo resultante que mostrase la capacidad de acogida urbanística del concejo, teniéndose en cuenta que se pudiese urbanizar en todas las zonas.

Para calcular el modelo final, se ha recortado el modelo de capacidad de acogida por la combinación de todas las capas que representaban restricciones, para así crear un modelo de capacidad de acogida que tenga en cuenta las restricciones físicas y legales a la hora de urbanizar un territorio.



1.1.1: ABSTRACT

Navia City Council needs to know which areas of Navia Council can best develop. This has been taken into account a number of factors, such as the flooding of the rivers belonging to the council, vegetation, fauna ... etc

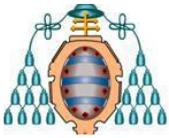
Due to the large amount of data and calculations should be done to take into account all factors made, we decided to perform the analysis with the help of a Geographic Information System. We used the ArcGIS program, and passed all layers shapefile previously digitized.

We used the shapefiles treated with various tools of a GIS program to calculate finally the reception capacity urban council according to environmental, administrative and legal.

It has been divided into three distinct shapefile classes. In the first group would settle all those stakeholders to provide information on urbanized areas suitable for them. The second group consists of the stakeholders to provide information layers opposite: to cherish those areas information that imply that you should not develop there, either by risks, environmental protection or value of the area. Finally, the third group includes those layers that make it impossible to develop in the areas they represent.

The model was calculated using the method of the shortest distance between the first two toppings (ie suitability and risk), having created a model that showed the capacity resulting host council planning, taking into account that could develop in all areas.

To calculate the final model, the model has reduced carrying capacity by combining all layers representing constraints in order to create a carrying capacity model that takes into account the physical and legal restrictions when it comes to develop a territory.



1.2: OBJETIVOS

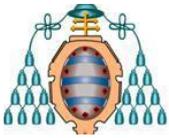
El proyecto ha contado con una serie de objetivos, tanto finales como parciales.

En primer lugar, se precisa buscar los datos suficientes para realizar el estudio con un nivel de detalle suficiente como para que éste sea útil. Para ello se habrá de recoger datos tanto en campo como de varios tipos de fuentes, teniendo en muchos casos que digitalizar información para crear archivos vectoriales.

Por otra parte, una vez se haya recopilado la suficiente información, habrá que tratarla de modo que sea compatible y coherente en un entorno SIG. En este caso, ya que se está utilizando el programa ArcGIS, se transformarán los archivos digitalizados, las tablas con información...etc, en archivos shape. Este objetivo parcial no se cumple sólo transformando archivos vectoriales en shape, sino que también es necesaria una conversión e interpretación de datos, una depuración de los mismos y, en muchos casos, uniones y registros nuevos aportando datos encontrados en diversas fuentes.

El último objetivo parcial que se tendrá será el tratamiento de los shapefiles ya creados de modo que sea posible utilizarlos en el análisis final que permitirá calcular la capacidad de acogida. Para ello se utilizarán herramientas propias de ArcGIS, así como métodos de estudio consultados en diversos artículos científicos.

El objetivo final será el de conocer las zonas del concejo de Navia que más se presten a ser urbanizadas. Para ello se buscará obtener un modelo final de capacidad de acogida, que constará de diez clases, las cuales indicarán la mejor o peor disposición de la zona que representan a ser urbanizadas. Así, obtendremos las mejores y peores zonas, pero también una serie de zonas intermedias que podrían ser objeto de estudio en caso de ser una zona en la que resultase interesante construir.



1.3: LOCALIZACIÓN

El estudio se realizará en el municipio de Navia, que está situado en la costa occidental del Principado de Asturias, con una extensión aproximada de 63 km².

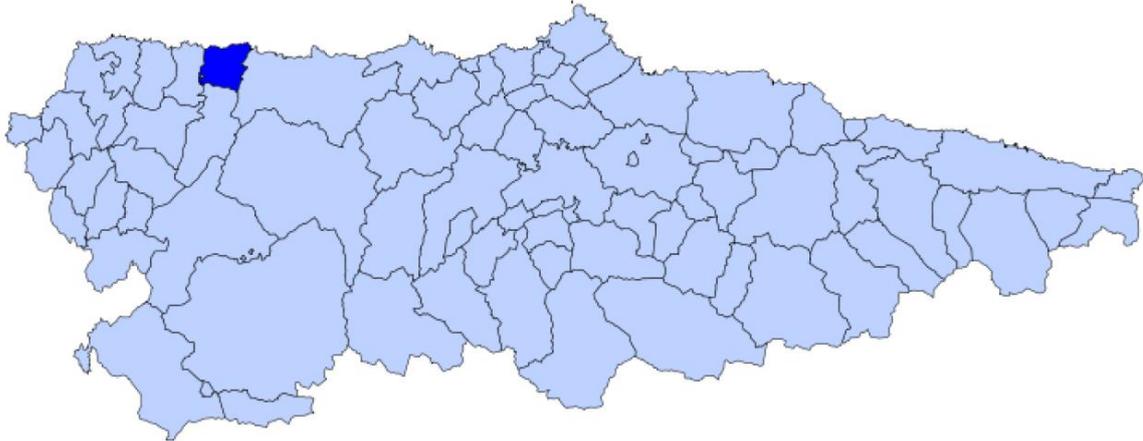


Figura 1: Situación Municipio de Navia 1

1.3.1: POBLACIONES

La principal localidad de este municipio es Navia, capital del concejo, contando con 3915 habitantes de los 9015 que consta la totalidad del municipio.

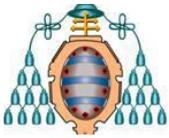


Figura 2-1: Ortofoto de Navia



Figura 2-2: Vista de Pájaro de Navia

Otras importantes localidades del concejo son Puerto de Vega (1837 habitantes) y Villapedre (700 habitantes).



1.3.2: LUGARES DE INTERÉS

El Concejo de Navia cuenta con una serie de lugares de interés, como vértices geodésicos y reservas naturales.

Playa de Frexulfe

Está cerca de la aldea de Frejulfe, perteneciente a la parroquia de Piñera y en ella desemboca el río Frejulfe. Es considerado reserva natural protegida.

Reserva Natural de Barayo

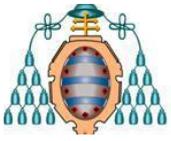
Clasificada como Reserva Natural Parcial, está dotada de una exuberante zona de dunas y marismas, de gran valor ecológico y paisajístico, además de un entorno poblado de matorrales, bosques, acantilados, etc. Es un sistema ecológico único, que representa un magnífico ejemplo de la vegetación de dunas y playa, con especies botánicas de enorme interés y gran variedad. Conservada en estado semisalvaje, objeto de estudio y ordenación debido a su situación y variada flora.

Vértices geodésicos

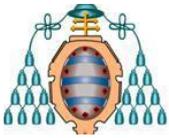
- Salgueiro
- Sierra

1.3.3: RÍOS PRINCIPALES

- Río Navia: Forma la Ría de Navia, elemento principal del concejo y lugar para el pueblo del mismo nombre. Además, funciona como frontera natural entre dicho concejo y el de Coaña.
- Río Barayo: Desemboca en la playa del mismo nombre, es la frontera natural entre el concejo de Navia y el de Valdés.
- Río Frexulfe: Desemboca en la playa del mismo nombre



2. PROCEDIMIENTO



2.1: RECOGIDA DE INFORMACIÓN

En primer lugar, se ha elaborado un estudio detallado sobre qué información podría ser de utilidad y cómo conseguirla.

2.1.1: DIVISIONES ADMINISTRATIVAS Y ZONAS PROTEGIDAS

En primer lugar se deberá de tener en cuenta el entorno en el que se realizará el trabajo. Tanto la división del concejo, que es la unidad administrativa en la que se ha hecho el estudio, como la información administrativa y las zonas restringidas que se encuentran en él.

2.1.1.1: División del concejo

Será el dato más importante a tener en cuenta, ya que delimita la zona que vamos a estudiar. Se puede digitalizar de cualquier mapa u obtener ya como formato vectorial.

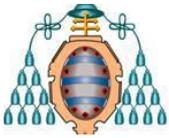
2.1.1.2: Datos del Catastro de urbana y de rústica

Esta información se ha extraído del Catastro del Ayuntamiento de Navia. En él se muestran las zonas pertenecientes a suelo urbano y las pertenecientes a suelo rural. Además, se muestran las divisiones de las fincas y los edificios respectivamente. También cuenta con información sobre viales en la parte del catastro de rústica.

2.1.1.3: Espacios protegidos

Independientemente de su capacidad de carga ambiental de ciertas zonas, no se podrá urbanizar en ellas por estar situadas en espacios protegidos. Dichos espacios protegidos se encuentran en distintos catálogos que se habrán de consultar.

- Reservas naturales: Entrarán en este apartado las reservas naturales protegidas de Barayo y Frexulfe.
- Mapa del POLA (Plan Territorial Especial de Ordenación del Litoral de Asturias): Este mapa es el principal que se ha seguido a la hora de delimitar espacios en los que está prohibido construir.
- Protección BIC (Bienes de Interés Cultural): Esta información se obtendrá del catálogo de Bienes de Interés Cultural,



2.1.1.4: Calificación del suelo

Para el estudio de cada zona a un nivel más detallado, y sabiendo la capacidad de acogida del suelo, se podría proceder a conocer la calificación del suelo que tiene cada zona para saber si es posible, de un modo legal, construir en ella.

2.1.1.5: Mapa de Asturias

Esta información sólo será necesaria a nivel de composición de mapa, para agregar, además de un mejor aspecto visual, una coherencia espacial del Concejo de Navia.

2.1.2: DATOS HIDROLÓGICOS

Gran parte de la información necesaria para este estudio tiene que ver con el agua, tanto los ríos y la costa como las zonas inundables y de riadas.

2.1.2.1: Ríos y línea de costa

Por una parte, los ríos son cruciales para el apartado ambiental, ya que, además de no poder urbanizar encima de ellos y tener que respetar un radio mínimo de influencia en ellos, cuentan con fauna y flora específicas que nos es importante conocer.

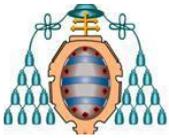
En cuanto a la línea de costa, será un factor claramente determinante, ya que el grado en que afecta a la legislación y vegetación en torno a ella es aún mayor. La zona costera es una de las zonas más protegidas por la legislación, y la vegetación de los acantilados tiene una riqueza y una rareza que se deberá conservar.

2.1.2.2: Zonas con excesiva torrencialidad

A la hora de levantar nuevas zonas urbanas, deberá de tenerse en cuenta que hay ciertas zonas con una torrencialidad demasiado elevada, que podría generar riesgos que se deberían evitar. De ese modo, se evitarán dichas zonas, obtenidas en formato vectorial.

2.1.2.3: Inundabilidad

Al igual que con la torrencialidad, se deberán evitar las zonas con grandes riesgos. Esta información se obtiene en varias clases según su frecuencia de inundación.



2.1.3: DATOS FÍSICOS Y AMBIENTALES

El ámbito más importante, variado y extenso del análisis. Compone el grueso de información que, tras un tratamiento previo, se habrá de introducir en el cálculo de la capacidad de carga. Mucha de esta información ha sido proporcionada de forma directa, pero en muchos casos se ha tenido que calcular, digitalizar, buscar y transformar para adecuarse a lo buscado.

2.1.3.1: Altura representada por curvas de nivel

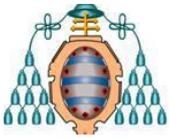
Para el cálculo de un gran número de factores a tener en cuenta en el análisis final se deberá de poseer un modelo digital de elevaciones, pendientes, orientaciones...etc. Estos modelos se calculan conociendo las alturas de los puntos. Dicha información se obtiene de un mapa topográfico de la zona, obtenido combinando las hojas del IGN correspondientes a la cartografía 1:25000

2.1.3.2: Vegetación

A nivel ambiental, será crucial conocer la vegetación de cada zona: su rareza, su ubicación, su tipo y vulnerabilidad. Dicho mapa se utilizará tanto por sí solo como combinado con varios otros modelos para generar un gran número de modelos derivados de él (p.e. riesgo de incendios o calidad paisajística)

2.1.3.3: Capacidad Agrológica

Es la idoneidad que el suelo presenta para el cultivo u otros usos específicos, como la construcción. Los contaminantes de la capacidad agrológica de un suelo son todos aquellos elementos físicos que varían su inclusión en una clase agrológica determinada. Entre ellos están la variación del riesgo de erosión, el incremento del exceso de agua de la hidromorfia, el incremento de las limitaciones del suelo en la zona radical o las inclemencias climáticas. En conclusión, será un factor muy a tener en cuenta para el estudio.



2.1.3.4: Especies animales

La riqueza faunística, la rareza y la delimitación de los corredores ecológicos serán aspectos muy a tener en cuenta. Se calculará el hábitat potencial de cada especie de modo acorde con un archivo de avistamientos y una fórmula proporcionada por el INDUROT.

2.1.4: INFRAESTRUCTURAS Y CAMINOS

La influencia de los caminos y las infraestructuras deberá tenerse en cuenta tanto por el impacto que generan en el medio ambiente, como por la imposibilidad legal que existe a la hora de construir demasiado cerca de ellos. Además, se intentará no edificar en una zona demasiado aislada.

2.1.4.1: Viales de rústica y Ejes de Carretera

Los viales de rústica también se extraerán de la información proporcionada por el catastro (en este caso, del catastro de rústica). Los ejes de carretera se han utilizado únicamente como complemento al resto de viales representados en las demás capas.

2.1.4.2: Líneas de ferrocarril

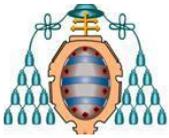
Se extrae de la digitalización de un mapa específico. A efectos prácticos se las tratará como si fueran carreteras.

2.1.4.3: Servicios generales

La información relacionada con los servicios generales que se ha extraído para el Concejo de Navia, que contiene información sobre las carreteras nacionales, regionales, locales, autopistas y autovías en un mismo archivo, se utilizará para crear zonas de delimitación ilegal por proximidad a las mismas, zonas óptimas y zonas incomunicadas.

2.1.4.4: Camino de Santiago

Este camino se ha tomado principalmente para respetarlo a él y a sus proximidades, evitando así construir cerca de una senda protegida.



2.1.5: CONSTRUCCIONES

En este apartado se desglosan los distintos tipos de edificaciones que se encuentran en el concejo de Navia. Estos se tendrán en cuenta a la hora de edificar sobre ellos, evitándolo en la medida de lo posible.

2.1.5.1: Edificios

La principal capa de edificios se ha obtenido digitalizándose estos desde una cartografía en la que apareciesen plenamente visibles.

2.1.5.2: Planta biogás

La planta de biogás que posee este concejo se ha representado en una capa aparte, para poder darle un tratamiento especial en caso de ser necesario (ya que es un elemento más delicado y peligroso que una edificación cualquiera).

2.1.5.3: Granjas

También se ha incluido en el apartado de construcciones el conjunto de zonas dedicadas a la ganadería, ya que habrá que tener en ellas cuidado especial para evitar dañarlas.

2.1.5.4: Instalaciones

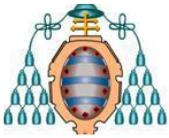
Las instalaciones se han incluido en una capa diferente de los edificios, aunque el uso que se le ha dado es semejante.

2.1.5.5: Portuario

Aunque en este caso la información no tenga tanta utilidad como la demás, ya que las zonas portuarias se encuentran en zonas ya urbanizadas y/o en zonas con protección costera, también se incluirá en una capa.

2.1.5.6: Yacimientos arqueológicos

Por último, se incluirá una capa con los yacimientos del concejo. Estos yacimientos se respetarán más que cualquier otra edificación.



2.2: IMPLEMENTACIÓN EN ARCGIS

Una vez se ha elegido y obtenido la información que se va a utilizar para el estudio, el siguiente paso será implementar dicha información en el programa que se va a utilizar para el estudio. Se ha optado por emplear ArcGIS por una serie de motivos que lo hacían preferible a otros programas.

- Principalmente, el trabajo fue realizado durante las prácticas externas en la empresa Tecnia Ingenieros S.A. Dicha empresa utiliza ArcGIS para este tipo de trabajos.
- Además, el programa ArcGIS tiene una perfecta implementación de una serie de módulos con los que realizar fácilmente una gran variedad de operaciones tanto para formatos ráster como para vectoriales.

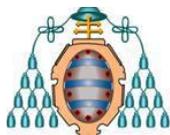
2.2.1: CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

El primer paso será crear una Geodatabase, es decir, una Base de Datos Geográfica. Así, se podrá trabajar en un espacio de trabajo adecuado para el tipo de estudio que se está realizando, acelerando y realizando los pasos, tanto intermedios como finales, de manera ordenada.

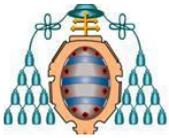
Mientras que los shapefiles principales se han situado en la propia geodatabase, hay ciertos modelos derivados que han necesitado un gran número de cálculos y archivos propios para generarse. Para este tipo de estudios parciales se ha creado una serie de datasets de entidades en los cuales agrupar todos los archivos por estudio o clase.

El principal problema de los Datasets es que sólo aceptan shapefiles vectoriales, y no archivos en formato ráster. Para tener ordenados este tipo de formatos se pueden realizar dos acciones. La primera sería crear carpetas fuera de la geodatabase para cada operación. La segunda sería nombrar a cada ráster empleando prefijos para que estén juntos en el listado de la geodatabase. Se ha optado por el segundo método ya que es el que permite almacenar también los archivos ráster en la geodatabase de Navia.

El resultado de la creación de la base de datos sería el siguiente:



| BASE DE DATOS GEOGRÁFICA NAVIA.GDB | | |
|---|---|---|
| Dataset de entidad | Descripción | |
| Límites Administrativos | En ella, para simplificar su ubicación, se han incluido todos los límites que se poseen: el límite del concejo y el mapa de Asturias. | |
| Viales | Se han incluido todos los shapefiles que contengan información sobre los viales del concejo: todos los servicios generales, carreteras secundarias, vías de ferrocarril... | |
| Corredores Ecológicos | Se ha utilizado para guardar todos los shapefiles que se han utilizado para el cálculo del modelo de corredores ecológicos | |
| ARCHIVOS RÁSTER DE NAVIA.GDB | | |
| Prefijo | Descripción | |
| URB- | Este prefijo se le ha dado a los modelos derivados finales creados, a los que, para implementarlos en el cálculo de la capacidad de acogida sólo les falta la reclasificación en un único rango de valores. | |
| ACOGIDA- | -AP- | Modelos listos para calcular el modelo de aptitud para el cálculo de la capacidad de acogida. |
| | -IM- | Modelos listos para calcular el modelo de impacto para el cálculo de la capacidad de acogida. |
| | -NO- | Modelos listos para calcular el modelo de restricción para el cálculo de la capacidad de acogida. |
| COMB- | Modelos ráster utilizados para el cálculo del modelo de combustibilidad. | |
| HABITAT- | Modelos relacionados con el cálculo de los corredores ecológicos y la riqueza faunística del concejo, especialmente con los hábitats potenciales de las especies. | |
| MDE- | Modelos derivados del Modelo Digital de Elevaciones, incluyéndose éste con varias extensiones y resoluciones. | |



2.2.2: CONVERSIÓN DE LOS DGN EN SHAPEFILE

Una vez se ha creado la estructura principal de la base de datos geográfica que albergará el estudio al completo, se ha procedido a añadir toda la información que se ha ido recopilando en la primera fase del proyecto.

El proceso más habitual que se ha realizado para implementar la información en el programa ha sido la importación de archivos .dgn para convertirlos, tras un mayor o menos tratamiento intermedio, a shapefiles listos para operar con ellos. Esto se debe a que la mayor parte de información inicial se ha obtenido o digitalizando utilizando este método.

Para todos ellos se ha seguido un procedimiento estándar:

- En primer lugar, se ha abierto el .dgn con el software CAD Microstation para comprobar qué información exacta posee cada fichero, así como su adecuación para el trabajo y sus propiedades.
- Después, se carga el archivo DGN con el catálogo de ArcMap (también se podría utilizar ArcCatalog, pero en este caso se ha optado por usar el catálogo integrado en ArcMap). Así, el archivo se visualizará en un programa de GIS.
- En caso de ser necesarias, se realizan las modificaciones necesarias, que pueden ser de distintos tipos:
 - Cambio del Sistema de Coordenadas
 - Unión de capas
 - División de capas
 - Filtrado de capas
- Por último, con el archivo listo para convertir, se procede a exportar los datos como shapefile, dándole un nombre adecuado y organizándolo en el lugar adecuado de la geodatabase previamente creada.

El procedimiento se ha realizado para todos los archivos .dgn que se consideren necesarios para el estudio.

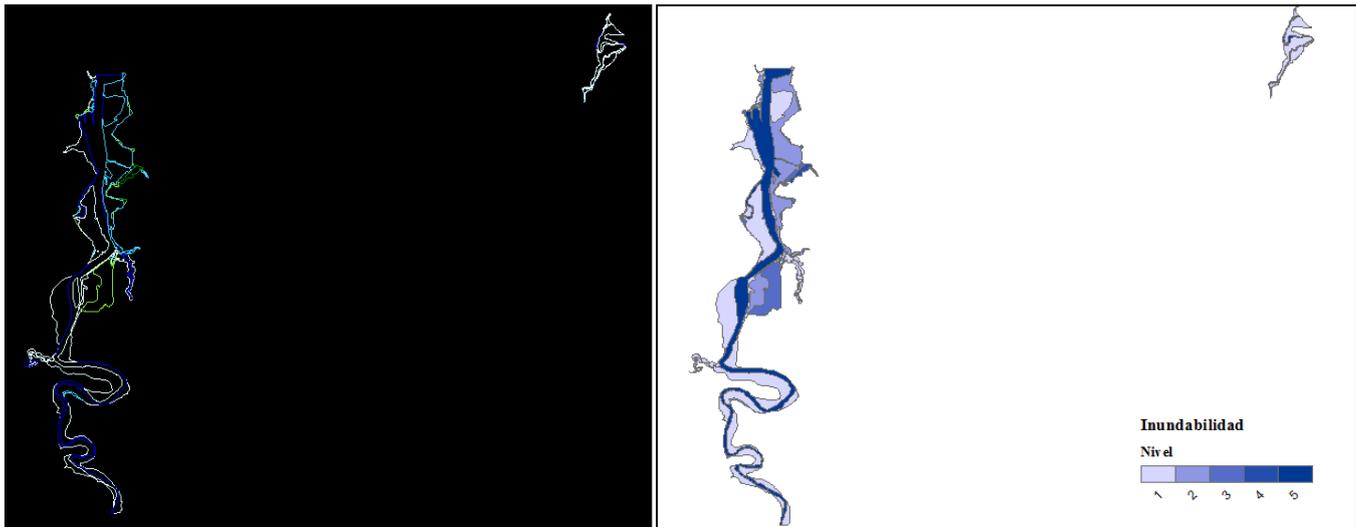
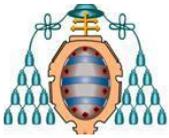


Figura 3-1: Inundabilidad en formato dgn

Figura 3-2: Inundabilidad exportado a ArcMap

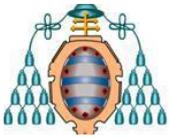
2.2.2.1: Cambio del Sistema de Coordenadas

Uno de los problemas que se han encontrado a la hora de convertir cada uno de los archivos que tenemos a shapefiles es que, al provenir de una gran cantidad de fuentes distintas, no todos estarán en el mismo sistema de coordenadas. Para homogeneizar el resultado, se ha utilizado la proyección UTM ETRS89 29-N.

Con el programa ArcGIS, utilizado para realizar todo el análisis, se podría transformar cada archivo que estuviese en distinto sistema de coordenadas. Sin embargo, se ha optado por utilizar el programa Global Mapper, ya que es mucho más rápido y sencillo de utilizar en cuanto a cambios de sistemas de coordenadas en archivos vectoriales. Como también trabaja en formato shape, del mismo modo que ArcGIS, no es necesaria ninguna conversión de archivos para pasar de un programa a otro.

2.2.2.2: Unión y división y filtrado de la información por capas

También ocurre que, en ocasiones, la disposición de la información que poseemos en los archivos vectoriales .dgn no se corresponde con la que deseamos para nuestro estudio. En muchos casos, el archivo de microstation tendrá más de un grupo de elementos. En otros casos, combinaremos dos archivos de microstation para crear un mismo shapefile. En la mayoría de los casos, lo que habrá que hacer es filtrar los datos, exportando a shapefile sólo los datos que nos interesen y desechando el resto.



2.2.3: VISUALIZACIÓN DE TABLAS DE DATOS

Cuando la información buscada es de tipo puntual, ésta suele ser proporcionada como hoja de cálculo Excel o como tabla de texto, con un elemento en cada fila y un atributo en cada columna, incluyéndose las coordenadas X e Y. Estos archivos se exportarán como shapefile de un modo distinto que los .dgn vistos anteriormente.

- En primer lugar, se carga la tabla en un entorno ArcGIS, ya sea en ArcCatalog o en el catálogo de ArcMap. Se ha optado por la segunda opción.
- Con ella ya incluida en el catálogo, se ejecutará la opción *Display XY data*, que generará un archivo temporal empleando como coordenadas planimétricas las columnas de la hoja de cálculo que se le indiquen.
- Mediante una selección de atributos, se filtran los puntos representados que se quieran convertir a cada shapefile.
- Por último, con la selección de los elementos que se quieren pasar al shapefile activa, se ejecutará la orden, al igual que con los dgn, *Export Data*.

En el caso particular de este proyecto, la técnica de convertir hojas de cálculo en shapefile se ha utilizado principalmente para la representación puntual de los avistamientos y nidos de especies animales.

Para ello se han obtenido de distintas instituciones ambientales diversas tablas que representan la información de distintos grupos de especies. A la hora de filtrar, se ha hecho en función de la especie, creando así varios shapefiles por cada tabla y no importando todas las especies, sino sólo las que influyen al concejo de Navia.

| ESPECIE | X | Y | GRADO |
|---------|--------|---------|-------|
| 2 | 709500 | 4779500 | 5 |
| 2 | 687500 | 4808500 | 12 |
| 2 | 321500 | 4805500 | 16 |
| 2 | 363500 | 4806500 | 12 |
| 2 | 723500 | 4778500 | 5 |
| 2 | 302500 | 4812500 | 3 |

Muestra de tabla con información de especies animales

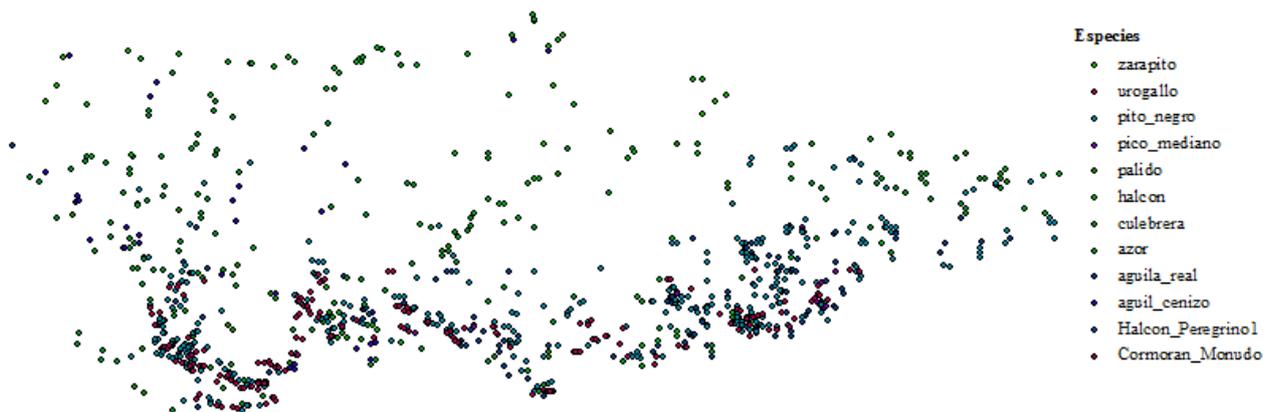
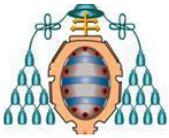


Figura 4: Shapefiles separados por especie

2.2.4: DIGITALIZACIÓN DE INFORMACIÓN NUEVA

En algunos casos, la información recopilada no está disponible ni en formato vectorial, ni como shapefile, ni como tabla de datos, sino como mapa en pdf, imágenes o visores web sin posibilidad de exportar los datos. En estos casos habrá que digitalizar los archivos manualmente.

Para realizar dicha tarea se cuenta con dos opciones.

2.2.4.1: Digitalización con programas CAD

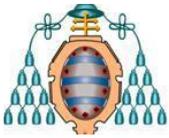
Para este proyecto se ha optado por la digitalización en programas CAD para archivos muy complejos cuya información relevante sea su geometría más que sus metadatos. Estos archivos se han digitalizado en el departamento de delineación de Tecnia Ingenieros S.A.

Una vez digitalizados, se empleará el método de conversión de CAD a ArcGIS explicado en el apartado 2.2.2.

2.2.4.2: Digitalización directamente en ArcGIS

La digitalización de forma directa en ArcMap se ha utilizado con archivos más sencillos en los que, además de la información gráfica, resulta primordial conocer alguna característica almacenada en base de datos.

El procedimiento que se ha llevado a cabo se explicará con la capacidad agrológica del suelo como ejemplo:



- En primer lugar se carga en el catálogo de ArcMap (o en ArcCatalog) la imagen que vamos a digitalizar. En este caso se ha hecho con las capturas de pantalla unidas del visor SIG de capacidad agrológica de suelos del portal web oficial del Principado de Asturias en su máxima resolución.
- La imagen, que posee datos del contorno del concejo, se georreferencia tomando a éste como base.

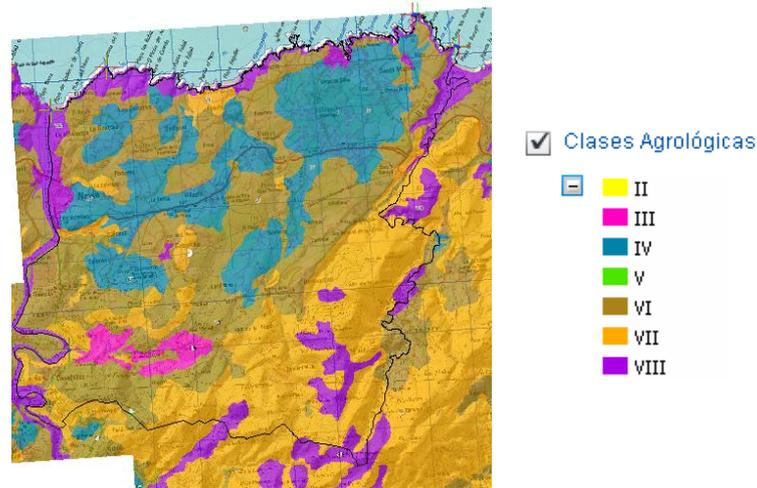


Figura 5: Captura georreferenciada del mapa agrológico de Navia

- Con esto, se digitalizan los polígonos uno a uno manualmente introduciéndose en cada uno de ellos los datos pertinentes.

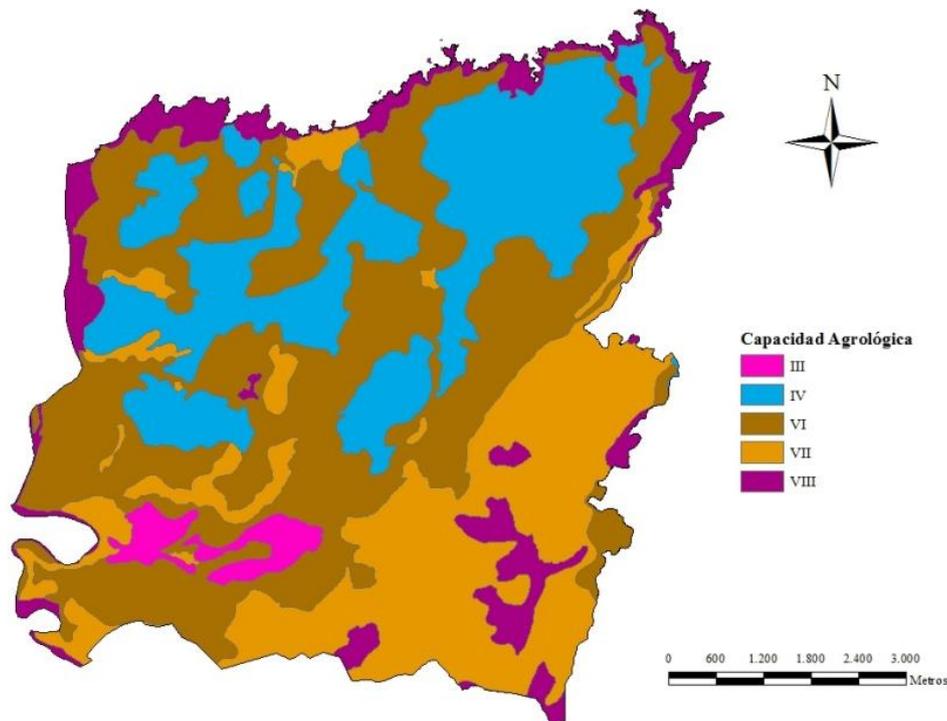
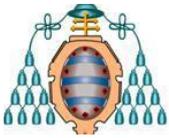


Figura 6: Mapa digitalizado en ArcGIS



2.3: CÁLCULO DE LOS MODELOS

Se ha diseñado perfectamente la base de datos geográfica y se ha introducido y depurado la información, ahora distribuida ordenadamente en shapefiles. El siguiente paso ha sido la elaboración de, a partir de los shapefiles que tenemos, los modelos específicos requeridos para la realización del estudio.

El tipo de estudio que se ha realizado no tiene un número de modelos mínimos ni máximos, sino que habrá que intentar acceder a la mayor información posible para su elaboración.

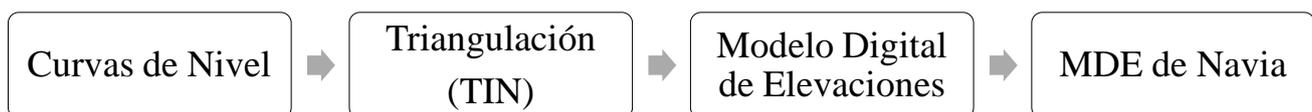
2.3.1: MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES Y DERIVADOS

Un MDE (Modelo Digital de Elevaciones) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.

Se puede describir como una función continua bivariable:

$$z = F(x, y)$$

Servirá tanto como modelo de forma independiente como para crear nuevos modelos a partir de él.



Tal como explica el esquema, se operará con el Modelo Digital de Elevaciones limitado al Concejo de Navia y en formato ráster. Para ello se realiza una serie de operaciones, partiéndose del shapefile de las curvas de nivel de las cuatro hojas que comprenden el concejo, ya unidas.

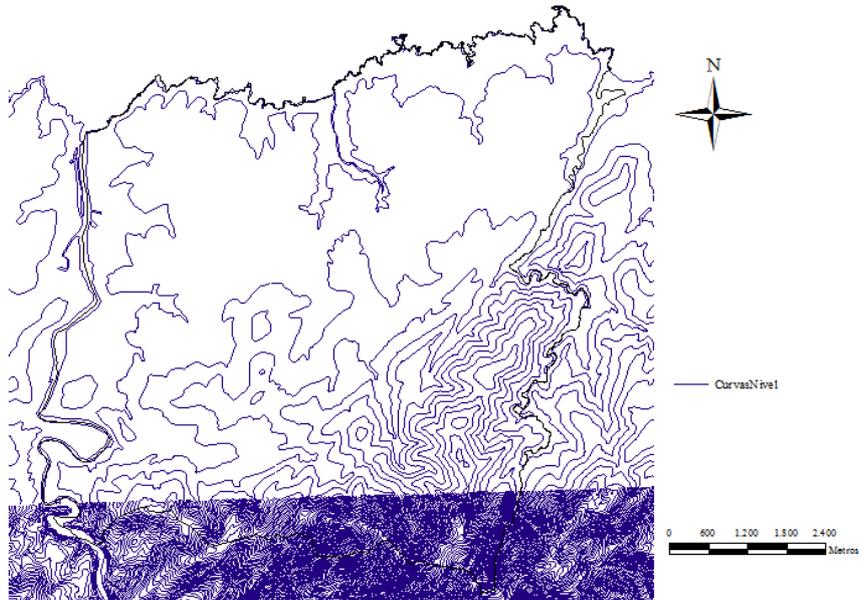
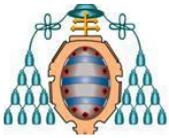


Figura 6: Curvas de nivel de Navia.
La equidistancia cambia en las hojas inferiores al haber mayores pendientes

Mediante herramientas de ArcMap, se crea un modelo de triangulación tomando las curvas de nivel como líneas de rotura. Dicho modelo sería un MDE al uso, pero no podría utilizarse del mismo modo que en formato ráster.

Se transforma el modelo creado a ráster (tamaño de celda: 10m) y se recorta por el concejo de Navia en formato vectorial.

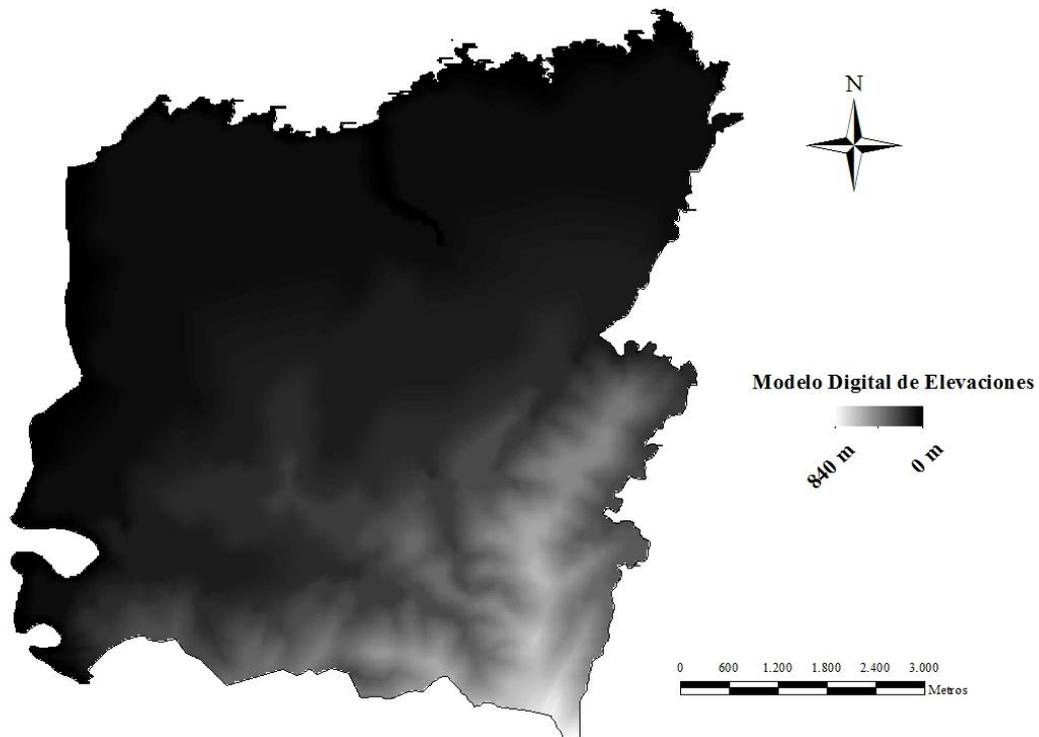
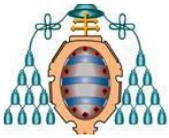
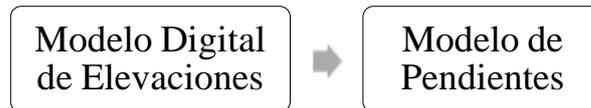


Figura 7: Modelo Digital de Elevaciones del Concejo de Navia



2.3.1.1: Modelo de Pendientes

Las pendientes del concejo de navia serán de vital importancia tanto para crear modelos derivados de ellas (p.e. el modelo de incendios) como para fijar zonas en las que construir sería inviable, ya que la pendiente limita mucho las zonas en las que construir.



El modelo de pendientes se crea mediante el MDE en formato ráster previamente creado, utilizando una herramienta de ArcMap.

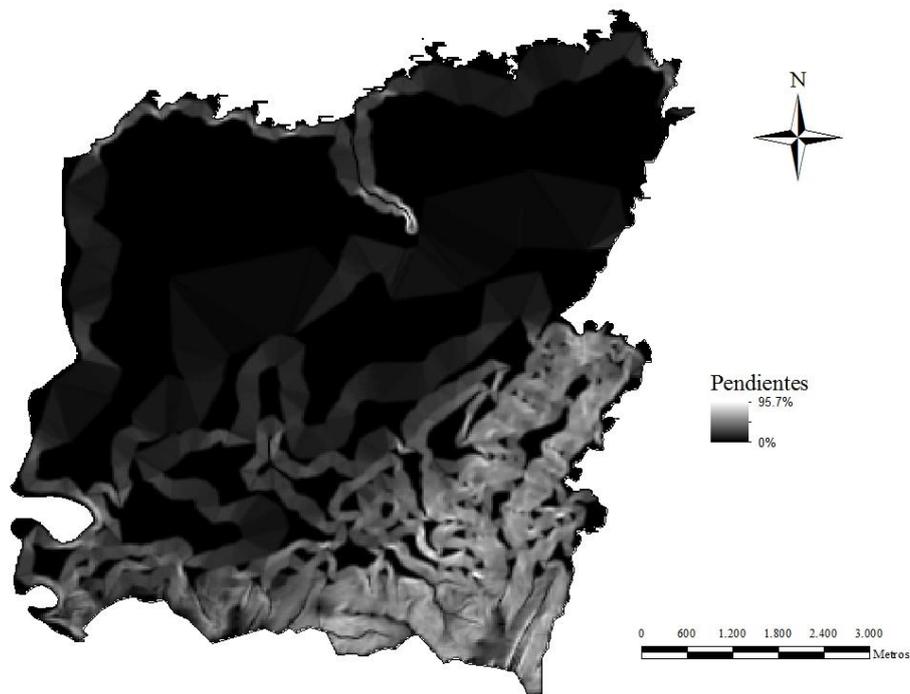


Figura 8: Modelo de Pendientes

Elaborado el modelo de pendientes, se ha creado el modelo que relaciona pendientes con dificultad de construcción. Se ha establecido que no se construya en pendientes mayores al 10%, y se ha hecho una graduación para el resto de pendientes inferiores.

| Pendiente | Aptitud | Valor |
|-----------|-----------|-------|
| >10% | Imposible | 0 |
| 8%-10% | Mala | 4 |
| 6%-8% | Apta | 6 |
| 4%-6% | Buena | 8 |
| 0%-4% | Óptima | 10 |

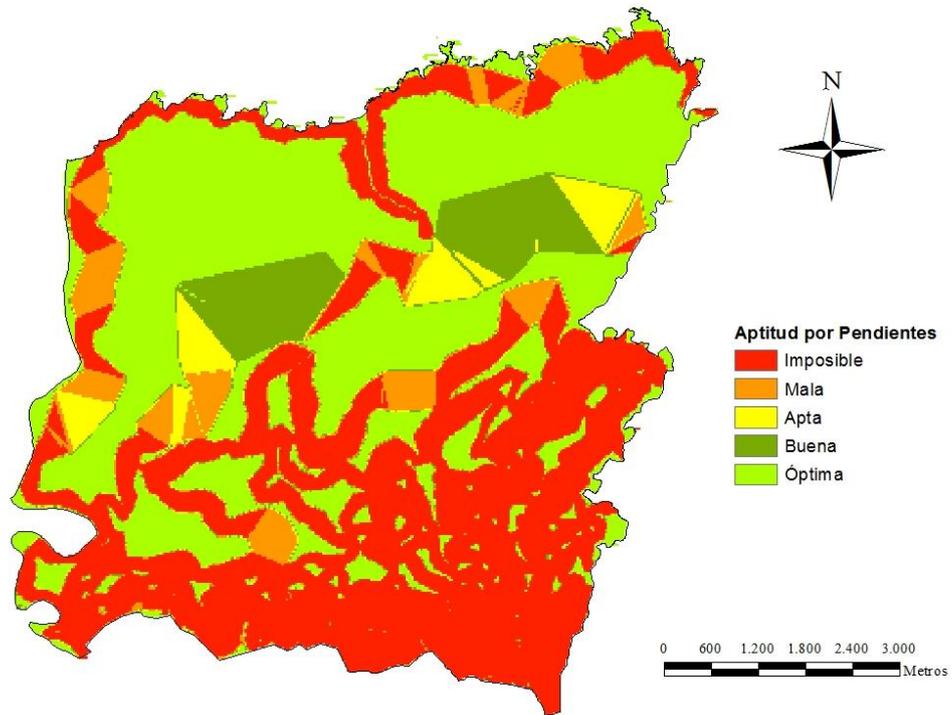
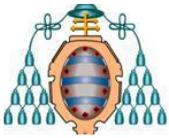


Figura 9: Aptitud por Pendientes

2.3.1.2: Modelo de Orientaciones

El modelo de Orientaciones también se ha creado a partir del Modelo Digital de Elevaciones.

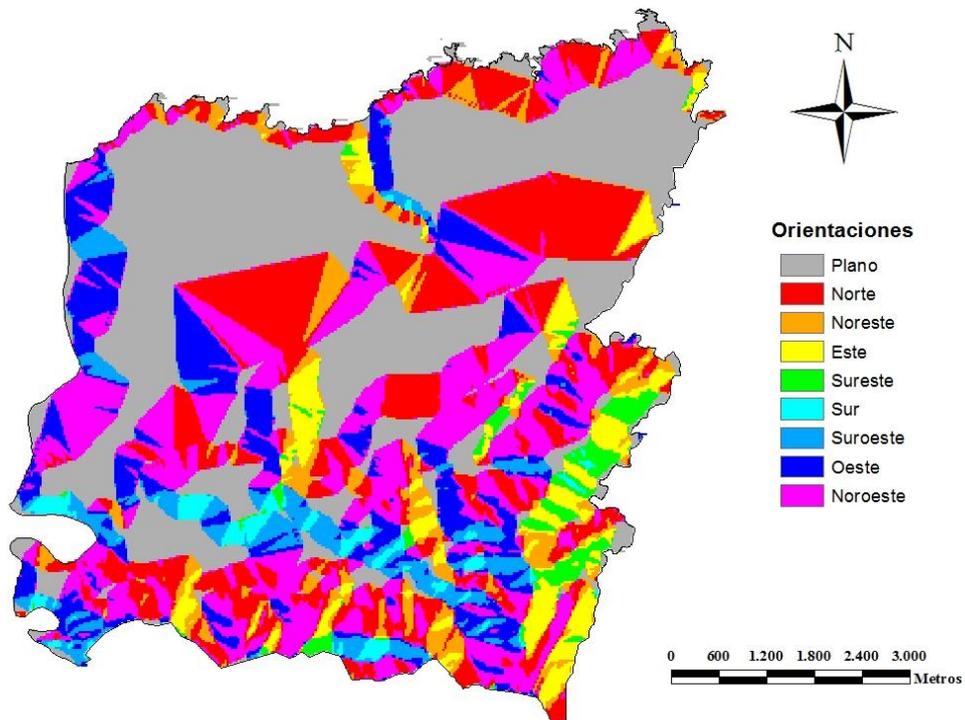
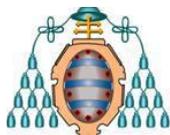


Figura 10: Modelo de Orientaciones



El modelo de orientaciones no se implementa directamente en el estudio de la capacidad de acogida, pero se ha utilizado más adelante para la elaboración de otros modelos más complejos, principalmente por la trayectoria solar, que ilumina más a las zonas ubicadas al sur.

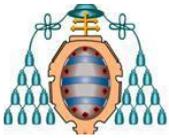
2.3.2: MAPA DE VEGETACIÓN

El mapa de vegetación, al igual que los modelos de elevaciones y pendientes, se han utilizado tanto para usarlos directamente en el cálculo final como para elaborar modelos más complejos a partir de él.

La información poseída consiste en unas hojas cartográficas del indurot con la vegetación de la zona. En primer lugar se unen las cuatro hojas del concejo de Navia y se recorta dicha unión por el límite de dicho concejo.

La información proporcionada se encuentra codificada. En el documento adjunto a las hojas cartográficas se encuentra una tabla que relaciona cada especie con su código. Para proporcionarle dicha información al archivo creado, se genera un subtipo con ArcCatalog.

| CÓDIGO | ESPECIE | URB |
|--------|---|-----|
| 28 | Mar, ríos y embalses | 0 |
| 104 | Bosques oligotrofos con castaño y abedul | 5 |
| 119 | Bosques jóvenes con abedul | 5 |
| 135 | Brezales tojales con Ulex Europaeus | 7 |
| 136 | Brezales Tojales con Ullex Galli s.l. | 7 |
| 150 | Helechales | 6 |
| 151 | Zarzales | 8 |
| 154 | Prados | 9 |
| 204 | Marismas Internas Subhalófilas | 2 |
| 209 | Acantilados Occidentales con Spergularia rupícola y Angelica Pachicarpa | 0 |
| 217 | Playas | 0 |
| 218 | Dunas | 1 |
| 232 | Vegetación Casmofítica Silicícola | 8 |
| 234 | Gleras Silíceas | 8 |
| 249 | Plantaciones de Coníferas | 6 |
| 250 | Plantaciones de Frutales | 7 |



| | | |
|-----|--|----|
| 324 | Facies Común | 3 |
| 325 | Fase con Castaño | 5 |
| 361 | Alisedas | 3 |
| 403 | Acebedas con Abedul | 2 |
| 478 | Tojales Silicícolas de Ulex Europaeus | 7 |
| 484 | Sin Erica Vagans | 7 |
| 485 | Con Erica Mackaiana | 7 |
| 546 | Higrófilos | 6 |
| 641 | Plantaciones de Castaño | 5 |
| 643 | Plantaciones de Eucalipto | 6 |
| 645 | Otras Plantaciones | 6 |
| 649 | De Pino Marítimo | 7 |
| 662 | Pueblos y Ciudades | 10 |
| 663 | Parques y Jardines | 9 |
| 664 | Áreas industriales y explotaciones a cielo abierto | 10 |
| 665 | Parcelas abandonadas, escombreras, taludes y otros espacios intersticiales | 10 |
| 666 | Áreas de servicio y equipamientos | 10 |

El resultado es el siguiente:

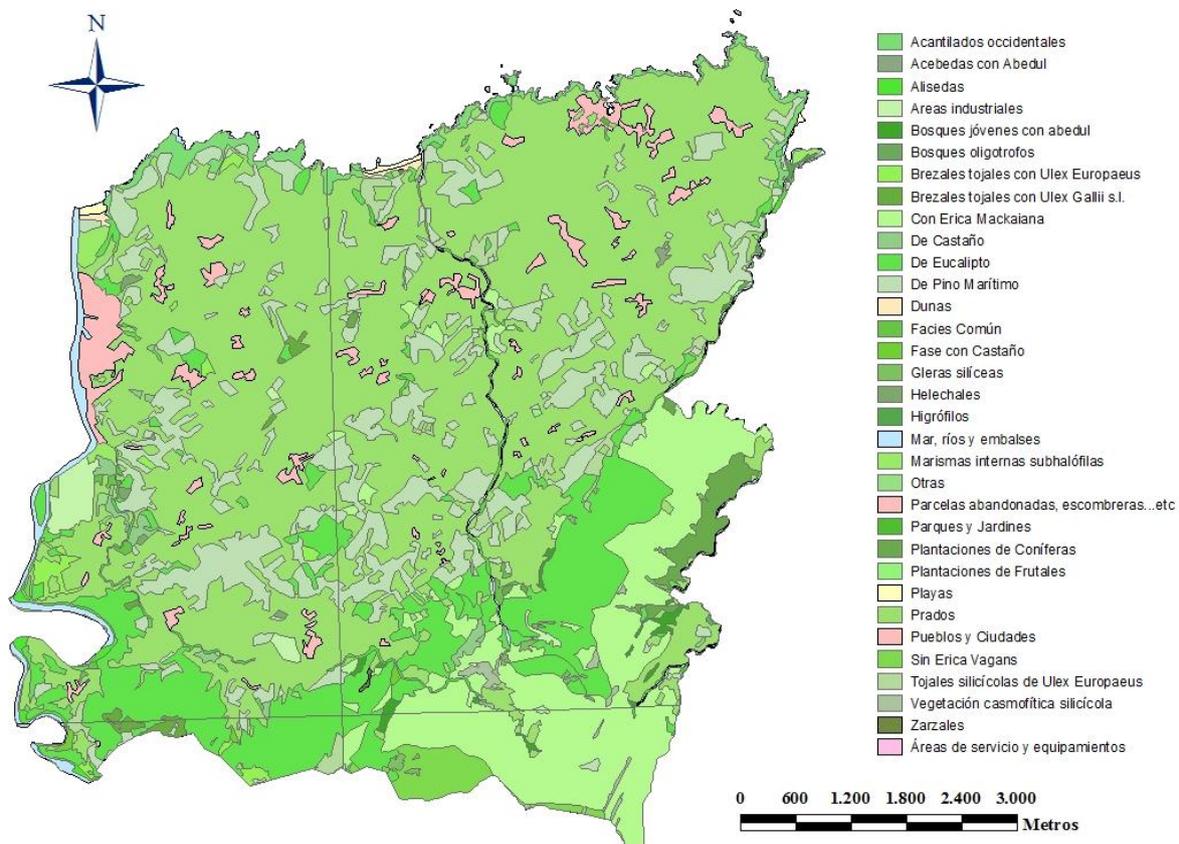
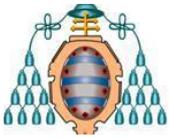


Figura 11: Mapa de Vegetación



Según la especie vegetal que tengamos, la rareza y fragilidad será distinta, por lo que será más o menos importante preservar la zona tal y como está. Debido a ello, se añadirá, tal como figura en la tabla anterior, un campo al archivo y en él se asignará un valor a cada especie acorde a la idoneidad de la especie para construir donde está ubicada.

| URB | IDONEIDAD |
|-----|-----------------------|
| 0 | Imposible |
| 1 | Muy Protegido |
| 2 | Bastante Protegido |
| 3 | Muy Poco Recomendable |
| 4 | Poco Recomendable |
| 5 | Apto |
| 6 | Bastante Apto |
| 7 | Recomendable |
| 8 | Muy Recomendable |
| 9 | Casi Idóneo |
| 10 | Idóneo |

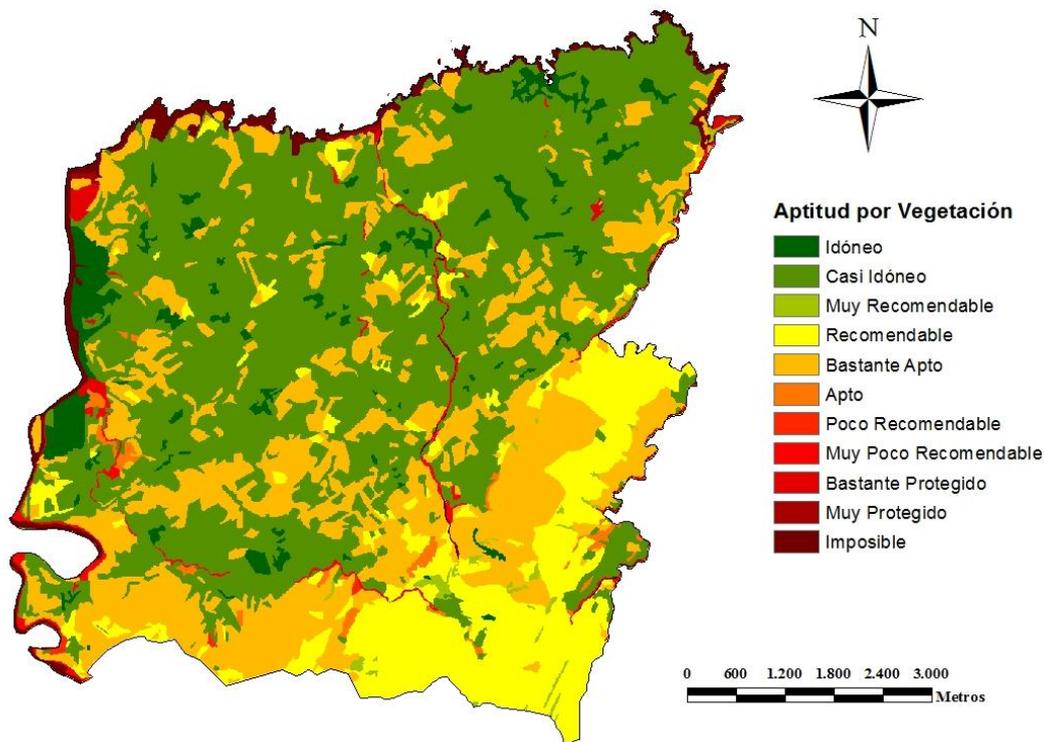
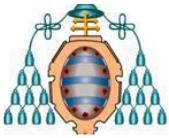


Figura 12: Aptitud por Vegetación

Si superponemos las capas, Podemos ver que los edificios ya construidos se ajustan a este criterio, ya que la gran mayoría se ubica en terrenos muy verdes.



2.3.3: ZONAS CON RIESGO DE INUNDACIÓN

Durante la selección de las zonas que se van a utilizar para albergar nuevo suelo urbano, es crucial evitar zonas con riesgos de inundación. Para ello se ha recopilado la información vectorial clasificada de la inundabilidad de los principales ríos de Navia.

A la hora de dar la información de las zonas sin riesgos de inundación, se rasterizará el mapa de inundabilidad, dándose a las celdas el valor de la idoneidad para urbanizar en ellas, y combinando dicho vectorial con el concejo de Navia para crear una nueva zona en los lugares del concejo que no posean información sobre inundaciones.

| INUNDABILIDAD | URB | IDONEIDAD |
|-------------------|-----|-------------------|
| Cauce | 0 | Imposible |
| Frecuente | 2 | Nada Recomendable |
| Ocasional | 4 | Poco Recomendable |
| Excepcional | 7 | Muy Recomendable |
| Resto del concejo | 10 | Idóneo |

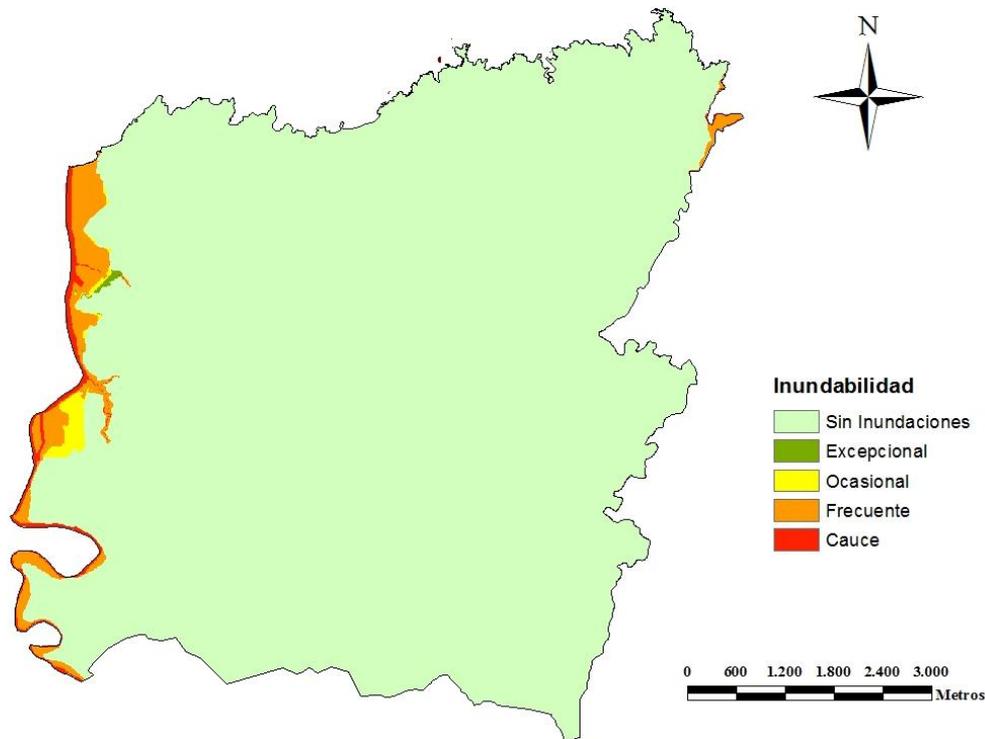
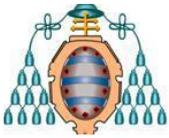


Figura 13: Aptitud por Inundabilidad

Se puede apreciar que las zonas de peligro están en las fronteras laterales del concejo, en especial en la que está en contacto con la Ría de Navia.



2.3.4: ZONAS AFECTADAS POR LOS RÍOS

La existencia de ríos no sólo limita la construcción cortándolos o directamente en ellos, sino que también incluye una serie de limitaciones y características físicas, legales y ambientales que afectan en mayor o menor medida a las zonas con relativa proximidad a ellos. Para el estudio de la idoneidad para la ubicación de nuevo suelo urbano se han empleado diversas zonas de influencia o *buffers* de distintos radios.

| RADIO | URB | IDONEIDAD |
|-------|-----|-------------|
| 25 m | 0 | Imposible |
| 50 m | 3 | No Adecuado |
| 100 m | 5 | Apto |
| Resto | 10 | Idóneo |

Implementándolo en ArcMap usando el archivo vectorial de los ríos y rasterizando según el nuevo parámetro URB, el resultado es el siguiente:

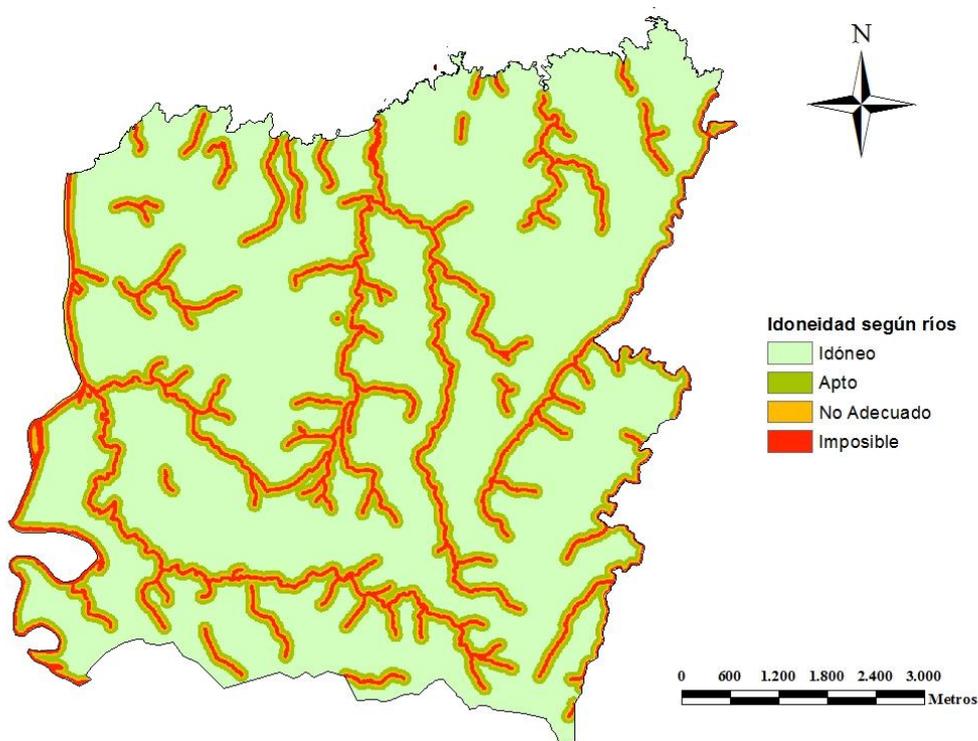
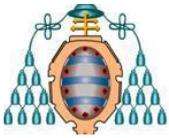


Figura 14: Zonas de influencia de los ríos



2.3.5: MODELO SEGÚN LA ACCESIBILIDAD E IMPACTO DE LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN

Las vías de comunicación tienen un papel ambiguo en el estudio. Por una parte, cortarlas o construir demasiada cerca de ellas estaría prohibido. También habría una zona que, sin estar prohibido construir en ella, sería poco recomendado por problemas de contaminación y ruido. Sin embargo, se debería de construir lo suficientemente cerca de algún vial como para no crear un suelo urbano aislado del resto, teniendo que dejarlo así o iniciar una costosa obra para enlazarlo con la red de comunicaciones ya existente.

Para la primera parte del estudio se realizará un análisis mediante zonas de influencia. Como no generan el mismo impacto ni poseen la misma legislación los distintos tipos de viales, se tratarán por separado para luego ser unidos todos en un mismo modelo final.

| VIAL | RADIO | URB | IDONEIDAD |
|---------------------|--------|-----|-----------------|
| Autovía | 8 m | 0 | Zona Protegida |
| | 20 m | 5 | Demasiado Cerca |
| | 50 m | 7 | Apto |
| | 2000 m | 10 | Idóneo |
| Nacional | 3 m | 0 | Zona Protegida |
| | 20 m | 5 | Demasiado Cerca |
| | 1000 m | 10 | Idóneo |
| Regional o Comarcal | 3 m | 0 | Zona Protegida |
| | 20 m | 5 | Demasiado Cerca |
| | 1000 m | 10 | Idóneo |
| Local | 3 m | 0 | Zona Protegida |
| | 15 m | 5 | Demasiado Cerca |
| | 500 m | 10 | Idóneo |
| Zona sin influencia | | 4 | Aislado |

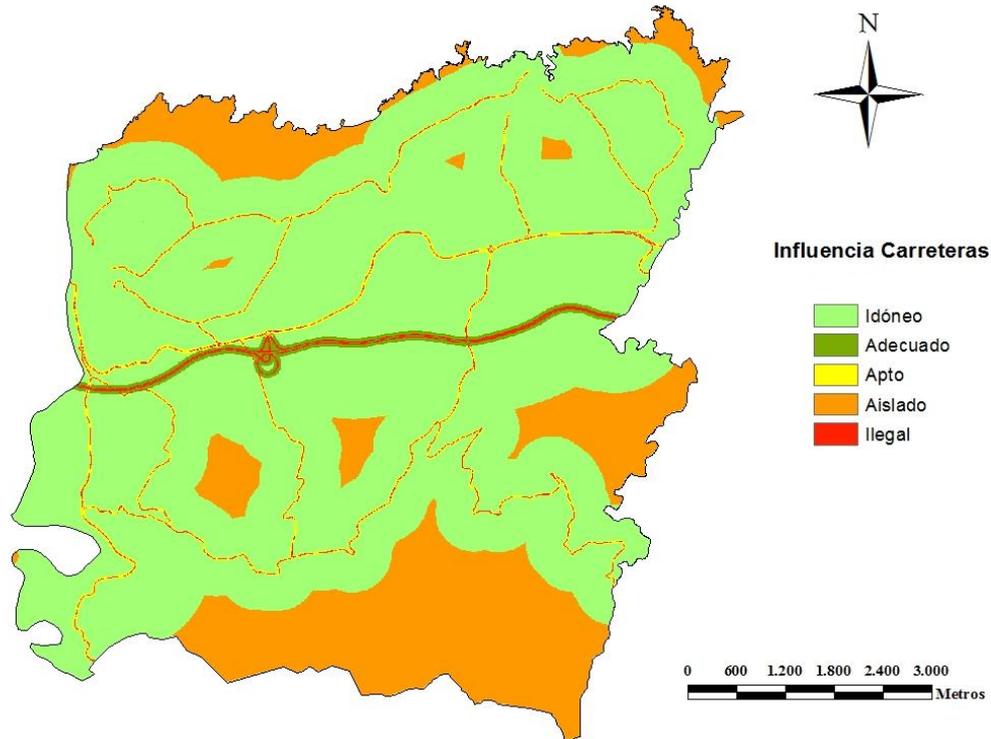
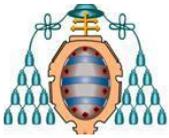
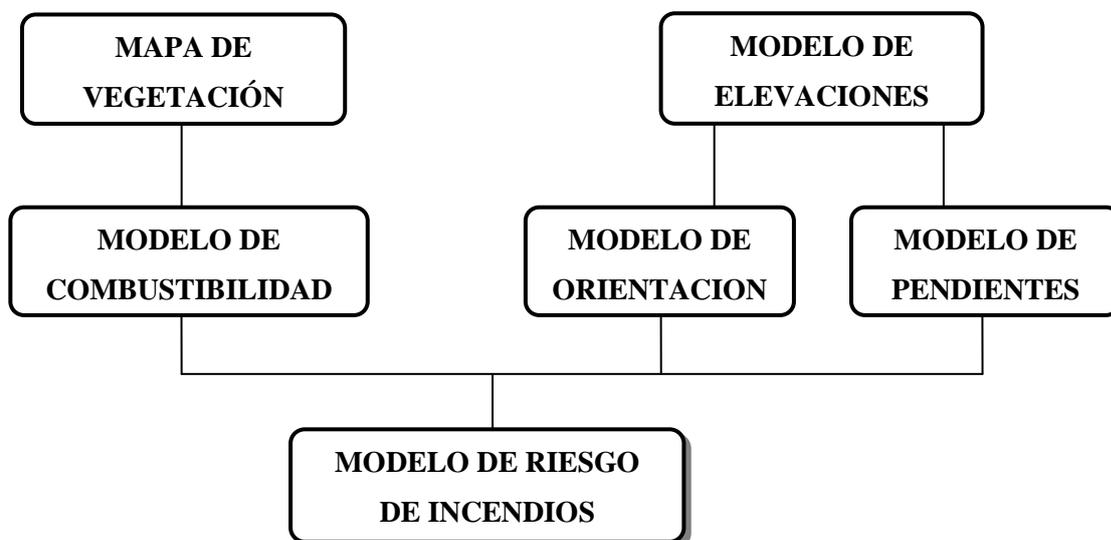


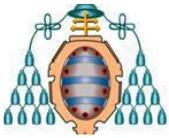
Figura 15: Zonas de influencia de los viales

Se puede apreciar que, salvo alguna excepción las zonas aisladas comprenden las partes de la costa que no están urbanizadas y la zona montañosa del sureste del concejo.

2.3.6: RIESGO DE INCENDIOS

Es uno de los modelos más complejos del estudio, en el que intervienen varios de los modelos ya creados. Se deberán de tener en cuenta los siguientes factores:





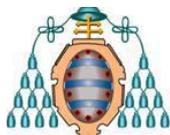
- Combustibilidad de la vegetación: La posibilidad de incendiarse del terreno depende de la vegetación que se aloje en el mismo.
- Modelo de elevaciones
 - Pendientes: De la pendiente dependerá el grado de exposición solar.
 - Orientaciones: Ya que el sol irradia desde el sur.

2.3.6.1: Modelo de Combustibilidad

Para realizar el modelo de combustibilidad se ha reclasificado el mapa de vegetaciones asignándosele a cada especie un valor de combustibilidad. Se ha encontrado un baremo normalizado con valores del 1 al 10 dependiendo del factor de combustibilidad.

| | | | | | |
|----------|----------------|------------|-------------|-----------------|--------------|
| Praderas | Hayedos | Prebosques | Acantilados | Encinares | Piornales |
| Marismas | Bosques Mixtos | Castañedas | Helechales | Phyllirea media | Escobornales |
| Cultivos | Carballedas | Tejedales | Zarzales | Rebollo | Carqueixales |
| Turberas | Roble Albar | Rebollares | Brecinas | Roble Rosado | Tojales |
| Roquedos | Tilares | Abedulares | Lastonares | Lauredales | Aulagares |
| | Fresnedas | Acebedas | | Madroñales | |
| | Alisedas | Espineras | | Pinares | |
| | Pastos | Avellanera | | Eucaliptales | |
| | Subalpina | Arracián | | | |
| | | Rosales | | | |
| | | Endrinos | | | |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 10 |

Se emplea el baremo para cada especie vegetal existente en el concejo de Navia.



| TIPO DE VEGETACIÓN | FACTOR |
|--|---------------|
| Acantilados occidentales con <i>Spegularia rupícola</i> y <i>Angelica Pachicarpa</i> | 5 |
| Acebedas con Abedul | 3 |
| Alisedas | 2 |
| Áreas industriales y explotaciones a cielo abierto | 0 |
| Bosques jóvenes con abedul | 3 |
| Bosques oligotrofos con castaño y abedul | 3 |
| Brezales tojales con <i>Ulex Europaeus</i> | 10 |
| Brezales tojales con <i>Ulex Galli s.l.</i> | 10 |
| Con <i>Erica Mackaiana</i> | 10 |
| De Castaño | 3 |
| De Eucalipto | 8 |
| De Pino Marítimo | 8 |
| Dunas | 10 |
| Facies Común | 3 |
| Fase con Castaño | 3 |
| Gleras silíceas | 5 |
| Helechales | 5 |
| Higrófilos | 5 |
| Mar, ríos y embalses | 0 |
| Marismas internas subhalófilas | 1 |
| Otras | 2 |
| Parcelas abandonadas, escombreras y taludes | 0 |
| Parques y Jardines | 0 |
| Plantaciones de Coníferas | 8 |
| Plantaciones de Frutales | 2 |
| Playas | 1 |
| Prados | 1 |
| Pueblos y Ciudades | 0 |
| Sin <i>Erica Vagans</i> | 10 |
| Tojales silicícolas de <i>Ulex Europaeus</i> | 10 |
| Vegetación Casmofítica Silicícola | 10 |
| Zarzales | 5 |
| Áreas de servicio y equipamientos | 0 |

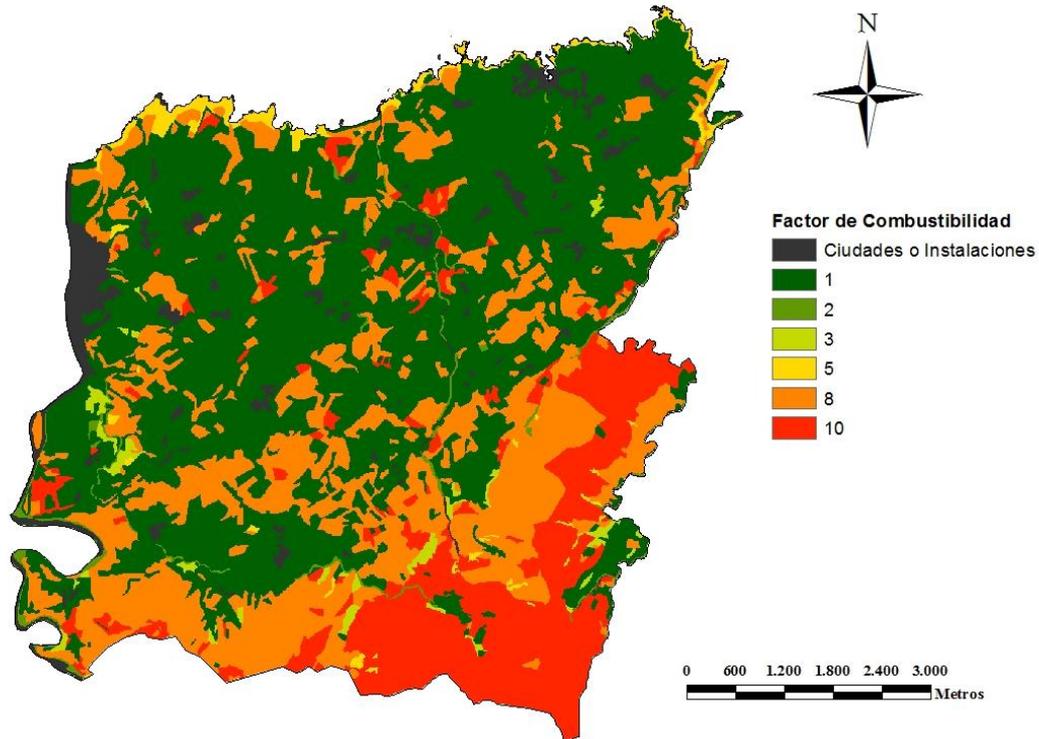
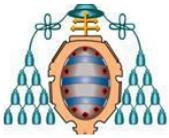


Figura 16: Modelo de Combustibilidad

2.3.6.2: Insolación por pendientes

Según el modelo que se está siguiendo, para que en una zona haya mayor o menor riesgo de incendio influirá la pendiente que tenga el terreno de un modo proporcional a la siguiente tabla:

| | PENDIENTE | COEF. |
|----------------|-----------|-------|
| RANGO 1 | 0°-10° | x 1.0 |
| RANGO 2 | 10°-20° | x 1.1 |
| RANGO 3 | 20°-30° | x 1.2 |
| RANGO 4 | 30°-40° | x 1.3 |
| RANGO 5 | >40° | x 1.4 |

A la hora de calcular el modelo, se han de tener en cuenta dos cosas:

- Las pendientes del modelo previamente calculado están expresadas en porcentaje, con lo cual se ha de calcular de nuevo el modelo, esta vez en grados.
- A fin de evitar, por el momento, cifras decimales, se multiplica todo por 10.

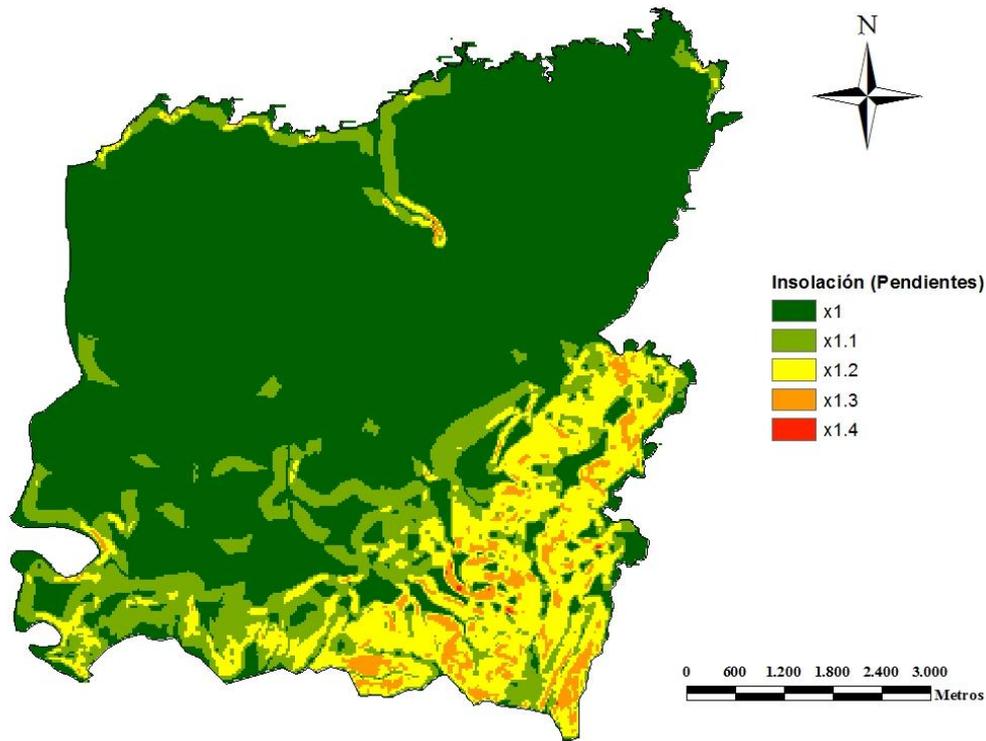
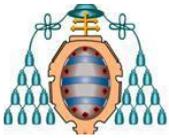


Figura 17: Modelo de Insolación por Pendientes

2.3.6.3: Insolación por Orientaciones

Al igual que las pendientes, la orientación del terreno influye en el riesgo de incendio del mismo. En este caso, la trayectoria del sol, que irradia en un plano sur, hace que las zonas orientadas al mismo tengan más horas de sol, así como más intensidad de la radiación solar. Asimismo, cuanto más al norte esté orientado el terreno, menos radiación solar recibirá.

Como en el caso anterior, clasificaremos el modelo según la radiación solar asignándole a cada clase un coeficiente.

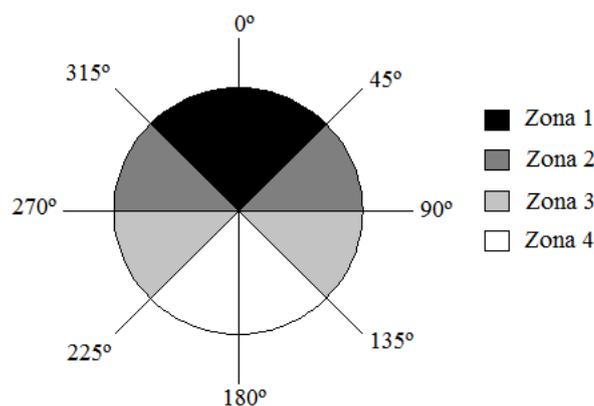
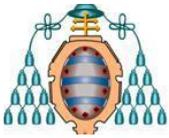


Figura 18: Esquema de zonas de insolación



| | ORIENTACIÓN | COEF. |
|---|----------------------|-------|
| 1 | 315° - 45° | x 0.6 |
| 2 | 45°-90° y 270°-315° | x 1.0 |
| 3 | 90°-135° y 225°-315° | x 1.4 |
| 4 | 135°-225° | x 1.8 |

Siendo el resultado de la reclasificación el siguiente:

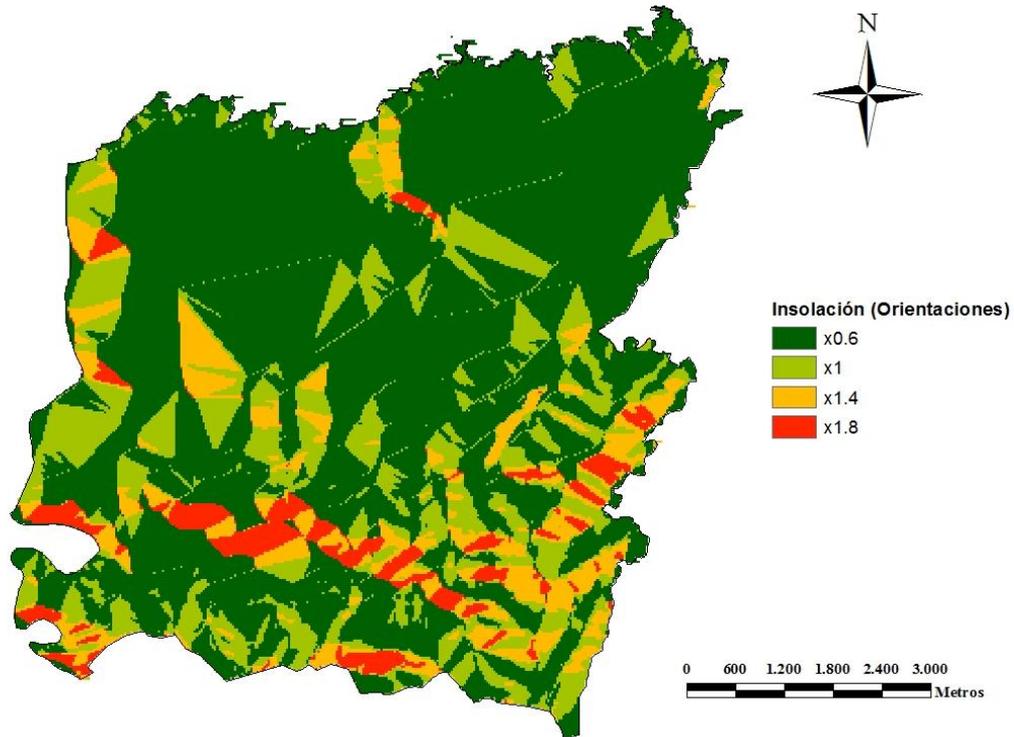


Figura 19: Modelo de Insolación por Orientaciones

2.3.6.4: Modelo final: Riesgo de Incendios

Una vez se han calculado los modelos intermedios, se calcula el modelo final mediante la fórmula correspondiente:

$$\text{Mapa final} = \text{Combustibilidad} \times \text{Pendientes} \times \text{Insolación}$$

Pero, al haber multiplicado por 10 tanto el mapa de pendientes como el de insolación para evitar los decimales en esos pasos, habría que realizar el cálculo:

$$\text{Mapa Final} = \frac{\text{Combustibilidad} \times \text{Pendientes} \times \text{Insolación}}{100}$$

Finalmente, ya se ha elaborado el modelo de riesgo de incendios:

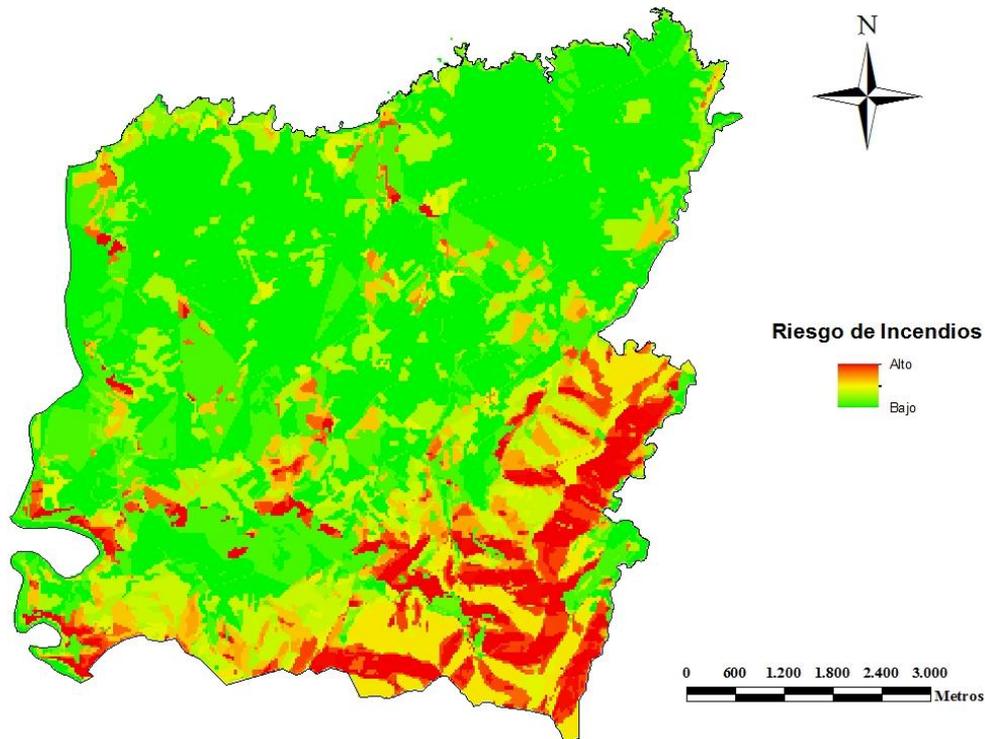
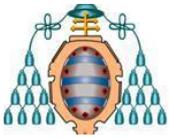


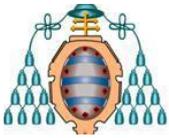
Figura 20: Modelo de Riesgo de Incendios

2.3.7: MAPA DE PÉRDIDA ECONÓMICA

Otro de los datos a tener en cuenta para el estudio de la urbanizabilidad del concejo es el impacto económico que supondría la destrucción de las distintas especies de vegetación.

Se ha dado un valor de pérdida económica a cada especie según la siguiente tabla:

| MUY ALTA | ALTA | MEDIA | BAJA | SIN PÉRDIDAS | NO VALORADO |
|--------------|-----------|-----------|-----------------|------------------------|-------------|
| Frutales | Chopo | Castaño | Roble | Matorrales | Pueblos |
| Invernaderos | Pino | Otras | americano | Prados | Ciudades |
| | Radiata | coníferas | Quercíneas | Bosques | Minas |
| | Eucalipto | Cultivos | Pino Silvestre | Rivereños | Mar |
| | Pino | | Abedul | Prebosques | Ríos |
| | Pinaster | | Haya | Formaciones arbustivas | Embalses |
| | | | Otras frondosas | Resto de ud | |
| 1 | 3 | 5 | 7 | 10 | |



Como en ocasiones anteriores, se da valor a cada especie y se genera el modelo correspondiente.

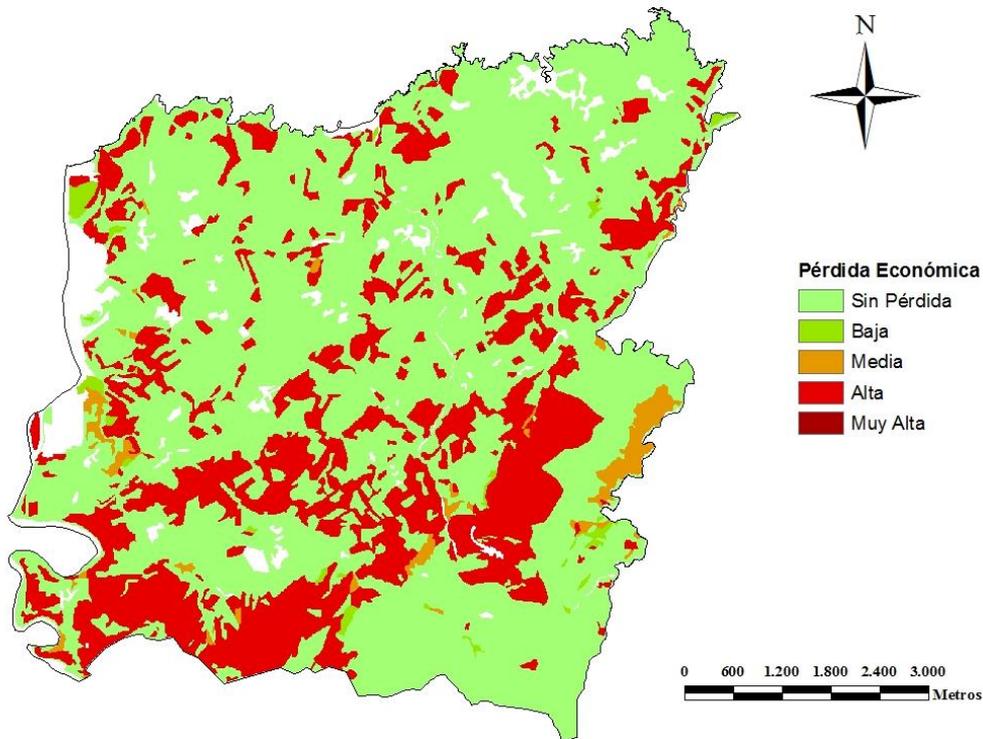
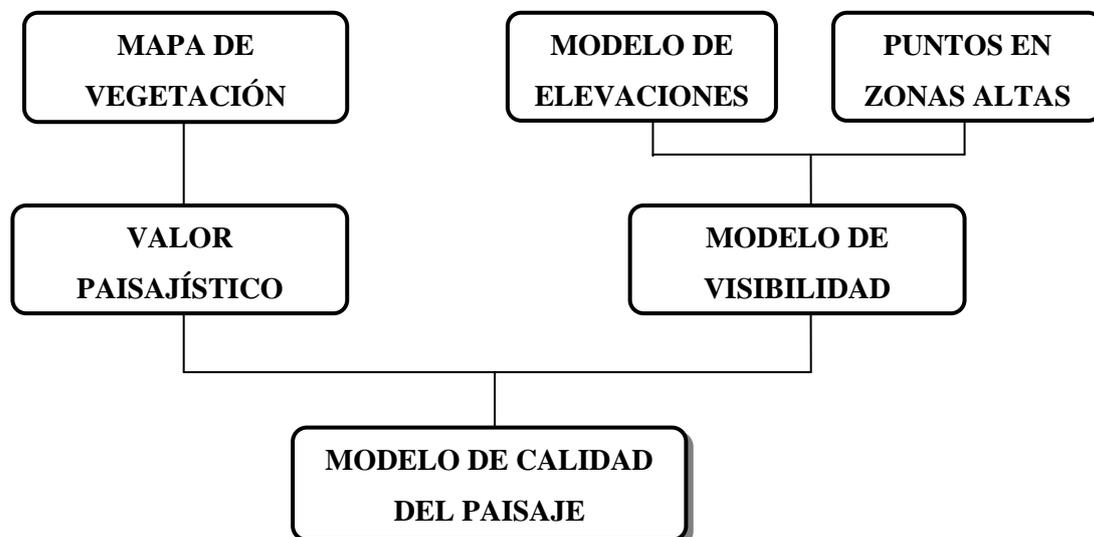
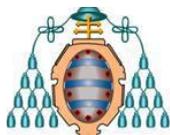


Figura 21: Mapa de Pérdida Económica

2.3.8: CALIDAD DEL PAISAJE

Este parámetro también tendrá importancia en el estudio de la urbanizabilidad, ya que se procurará evitar las zonas con mucha calidad paisajística, ya que esto podría afectar al turismo de la zona.





2.3.8.1: Valor Paisajístico

La creación de este modelo consistirá, como en muchas otras ocasiones, en darle un valor a un nuevo atributo del mapa de vegetaciones. En este caso, 0 será el peor paisaje y 10 el mejor.

| TIPO DE VEGETACIÓN | VALOR PAISAJE |
|--|---------------|
| Acantilados occidentales con Spegularia rupícola.. | 10 |
| Acebedas con Abedul | 7 |
| Alisedas | 7 |
| Áreas industriales y explotaciones a cielo abierto | 0 |
| Bosques jóvenes con abedul | 6 |
| Bosques oligotrofos con castaño y abedul | 7 |
| Brezales tojales con Ulex Europaeus | 5 |
| Brezales tojales con Ulex Galli s.l. | 5 |
| Con Erica Mackaiana | 4 |
| De Castaño | 9 |
| De Eucalipto | 7 |
| De Pino Marítimo | 7 |
| Dunas | 7 |
| Facies Común | 7 |
| Fase con Castaño | 8 |
| Gleras silíceas | 3 |
| Helechales | 4 |
| Higrófilos | 4 |
| Mar, ríos y embalses | 9 |
| Marismas internas subhalófilas | 8 |
| Otras | 7 |
| Parcelas abandonadas, escombreras y taludes | 0 |
| Parques y Jardines | 4 |
| Plantaciones de Coníferas | 9 |
| Plantaciones de Frutales | 9 |
| Playas | 10 |
| Prados | 3 |
| Pueblos y Ciudades | 2 |
| Sin Erica Vagans | 4 |
| Tojales silicícolas de Ulex Europaeus | 5 |
| Vegetación Casmofítica Silicícola | 4 |
| Zarzales | 4 |
| Áreas de servicio y equipamientos | 0 |

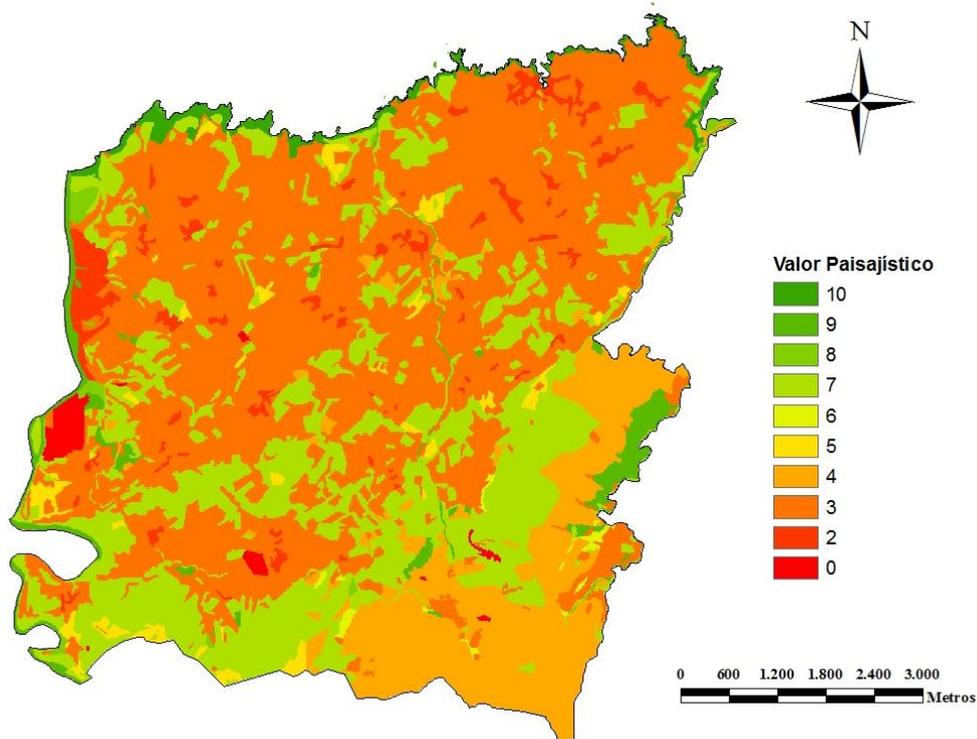
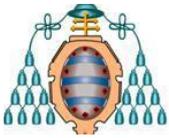
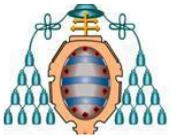


Figura 22: Mapa de Valor Paisajístico

2.3.8.2: Modelo de Visibilidad

Para estudiar la visibilidad del concejo, se hace un estudio de la cuenca visual de varios puntos situados lo más alto posible. Lo idóneo sería utilizar los vértices geodésicos existentes pero éstos, además de ser sólo dos, están situados en zonas bastante bajas y con mala visibilidad. Así pues, se ha optado por añadir ciertos puntos seleccionados durante el trabajo de campo.

| PUNTO | X | Y |
|-----------|--------------|---------------|
| Salgueiro | 686233,626 m | 4825156,570 m |
| Sierra | 691749,189 m | 4826472,839 m |
| Punto 1 | 684097,143 m | 4822616,997 m |
| Punto 2 | 686747,001 m | 4821949,316 m |
| Punto 3 | 686767,866 m | 4820593,090 m |
| Punto 4 | 690168,865 m | 4820885,200 m |
| Punto 5 | 690252,365 m | 4817818,042 m |



Se elabora entonces un modelo de visibilidad que tendrá ocho clases: de 0 a 7, según los puntos que puedan ver a cada celda.

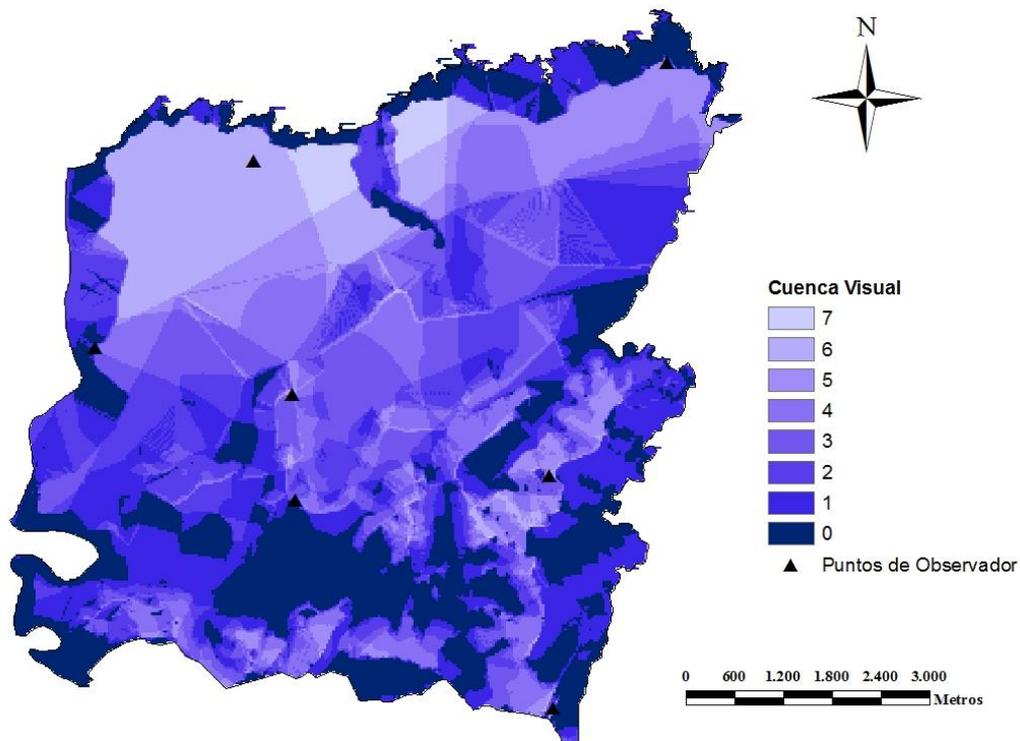


Figura 23: Mapa de Visibilidad del Concejo

2.3.8.3: Modelo Final: Calidad del Paisaje

Una vez se han calculado los dos modelos, se obtiene el modelo final de Calidad Paisajística. Dicho parámetro es directamente proporcional al producto de la visibilidad por el valor paisajístico. Con el fin de evitar que la calidad paisajística sea cero en los puntos sin visibilidad (ya que, a raíz de la especie vegetal que alberga ya tiene un valor de por sí), se ha sumado uno al modelo de visibilidad.

$$\text{Calidad del Paisaje} = \text{Valor Paisajístico} \times (\text{Visibilidad} + 1)$$

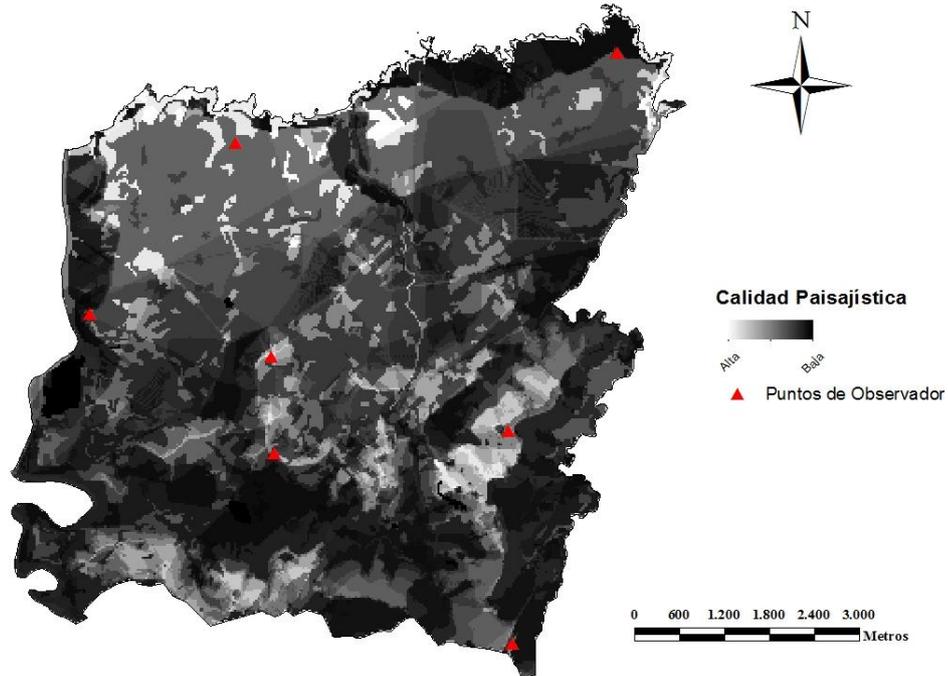
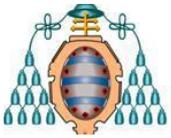


Figura 24: Calidad del Paisaje

2.3.8.4: Adaptación al Estudio

Con el fin de homogeneizarlo con el resto de modelos que se han ido creando, el modelo final se reclasifica a intervalos iguales.

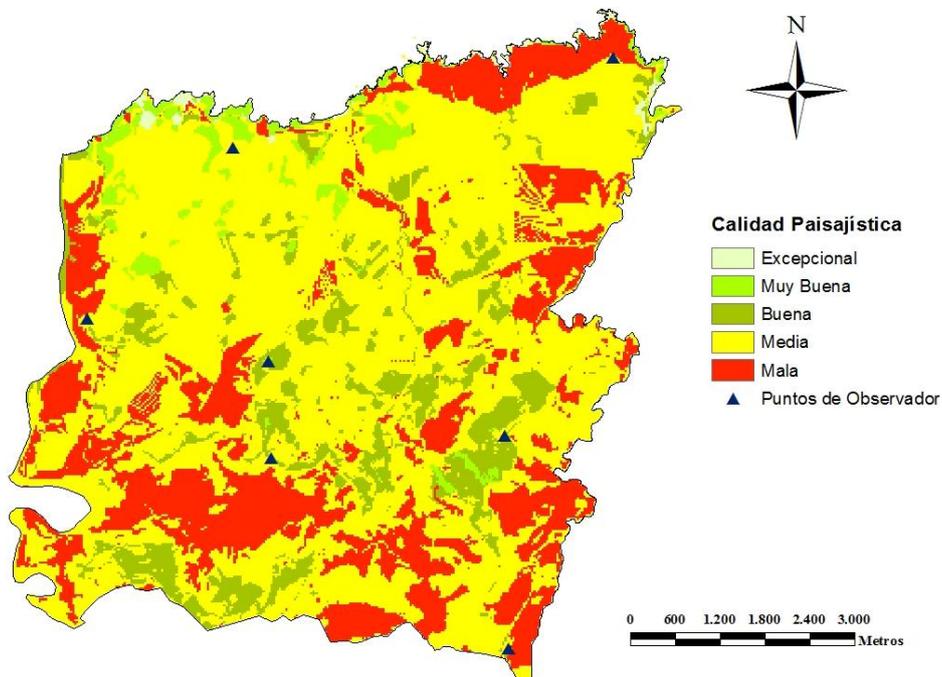
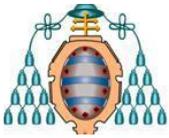


Figura 25: Calidad del Paisaje Reclasificado

A la hora de urbanizar, se intentarán preservar las zonas con mayor calidad paisajística (en especial la costa y ciertas zonas de montaña).

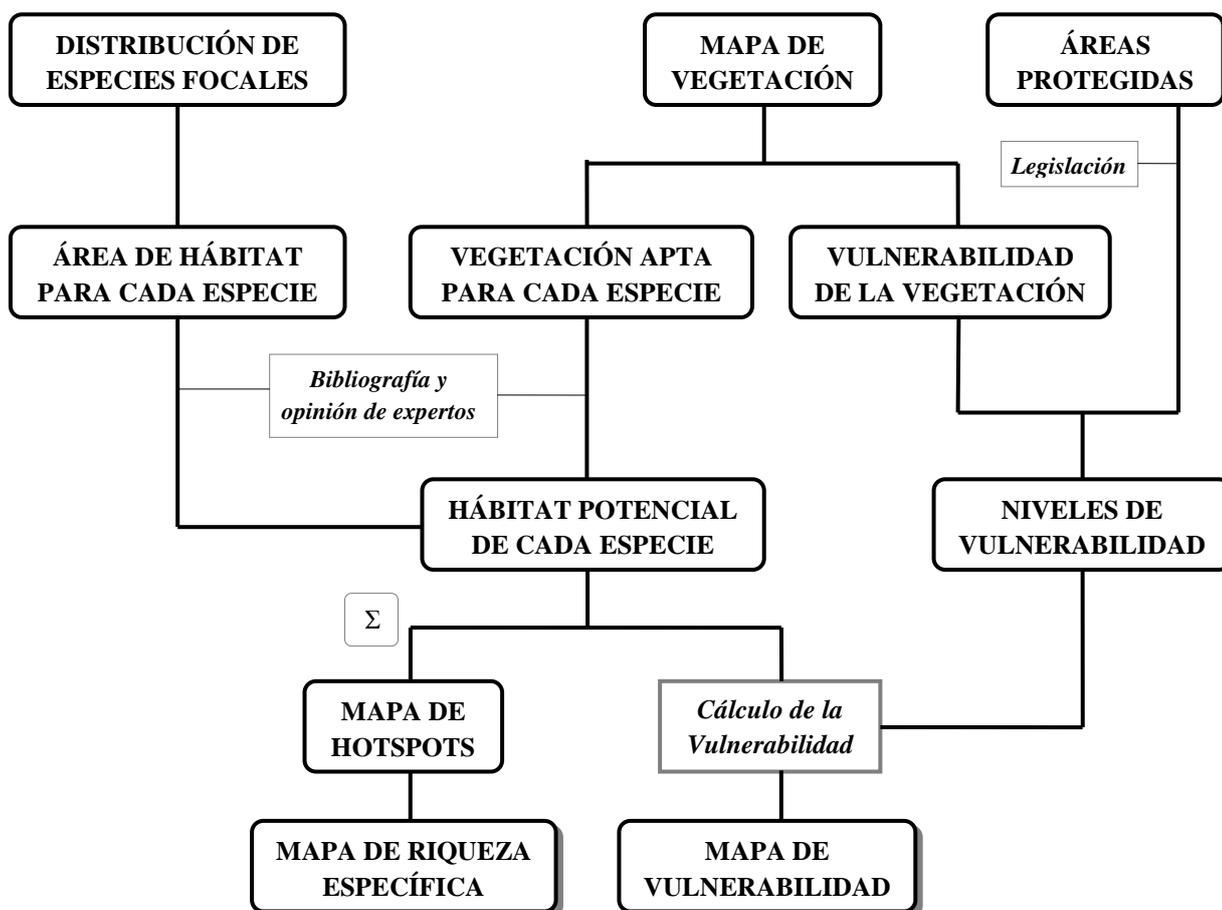


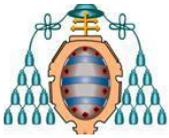
2.3.9: MODELO DE CORREDORES ECOLÓGICOS Y DE INTERÉS PARA LA CONSERVACIÓN

Además de la flora, es decir, la vegetación, el pilar fundamental de un ecosistema es la fauna, es decir, la distribución de las especies animales a lo largo de dicho territorio.

En caso de un estudio de estas características, es primordial conocer no sólo la distribución, sino las estructuras por las que se podrían mover, además de sus hábitats potenciales y la capacidad que puedan tener de moverse entre ellos, es decir, los corredores ecológicos. Así pues, no sólo debemos respetar una determinada zona porque allí habita una especie muy vulnerable, sino que también deberíamos evitar rodearla, aislándola e inutilizándola.

Este estudio se ha realizado mediante un complejo cálculo empleando un gran número de datos y modelos previos.





2.3.9.1: Hábitat Potencial de Cada Especie

Se ha calculado, en primer lugar, el hábitat potencial de cada especie. Tras haber importado en ArcGIS la distribución de especies focales como puntos, se ha procedido a estudiar qué especies están presentes en el concejo de Navia.

| Especie | Radio del buffer | Hábitat |
|-------------------------|------------------------------------|--|
| Halcón Peregrino | 5200 m | Hábitats abiertos cercanos a roquedos donde nidifica (incluido ciudades) |
| Cormorán Moñudo | 3000 m | |
| Nutria | Tramos del río donde esté presente | |
| Lobo | 12600 m | Casi todos los hábitats, evitando las áreas con mayor densidad humana (pueblos, ciudades...) |
| Liebre Ibérica | 6000 m | Áreas abiertas, cultivos, zonas con vegetación herbácea, matorrales abiertos |
| Andarríos Chico | Tramos del río donde esté presente | |
| Lamprea Marina | Tramos del río donde esté presente | |

A raíz de lo indicado en la tabla anterior, se realiza un buffer o área de influencia sobre cada capa de puntos, correspondiente a cada una de las especies en las que está indicado un radio de buffer. Para las especies que no tienen radio de buffer, trazamos nuevos polígonos en torno a cada punto siguiendo cortos tramos de los ríos donde están presentes, tal y como dicta la tabla.

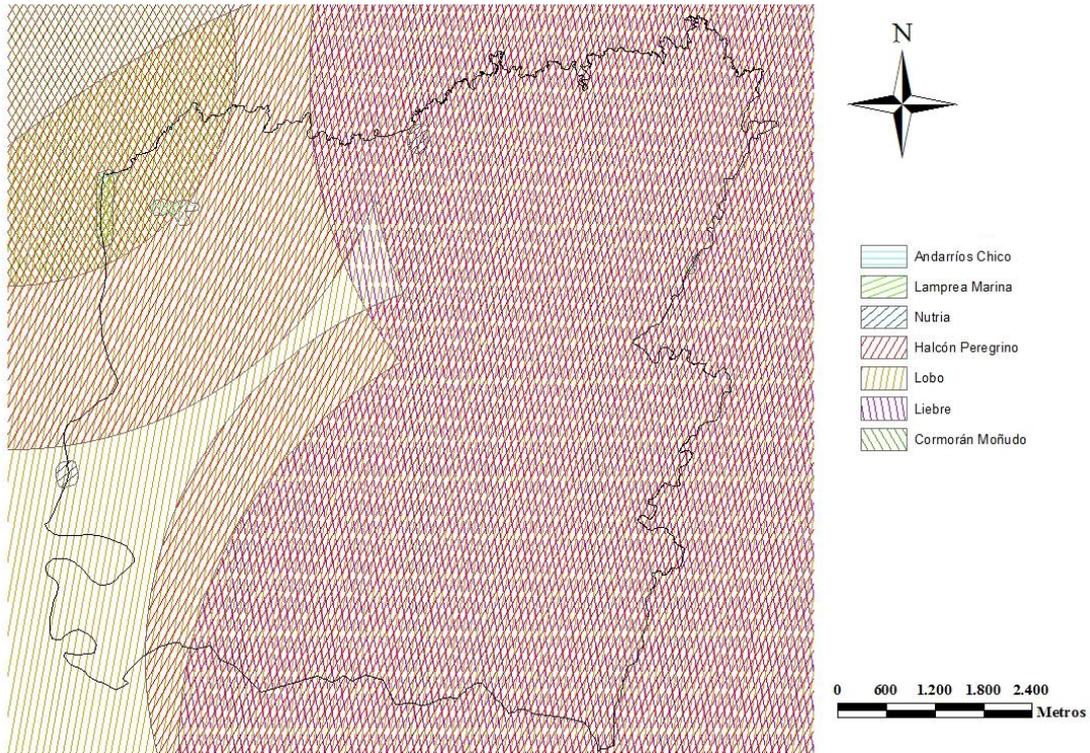
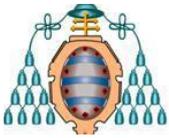
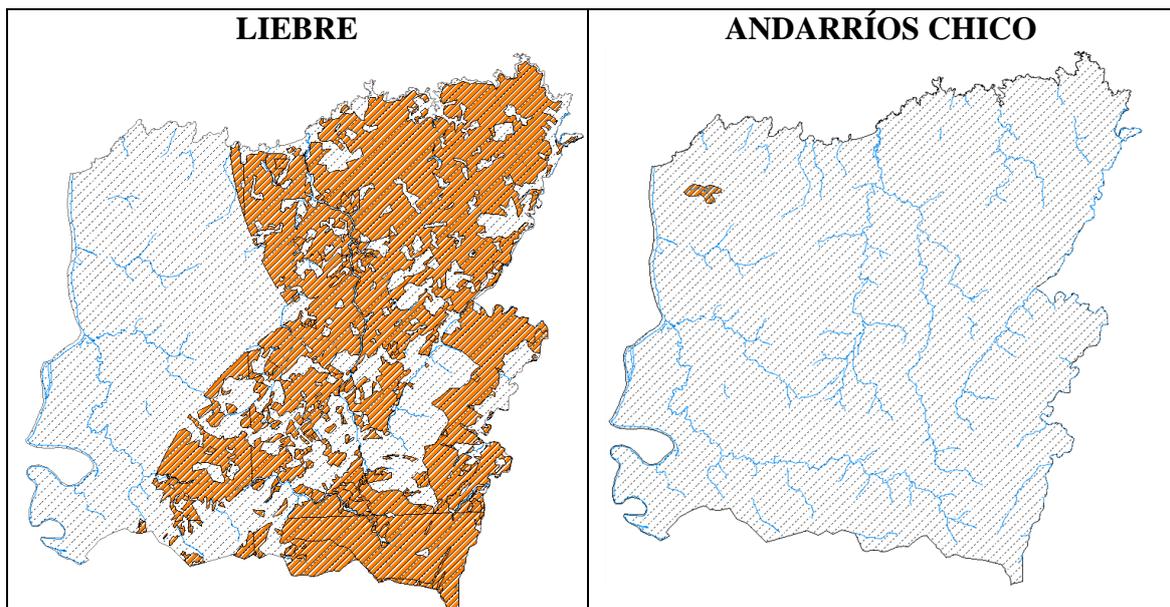
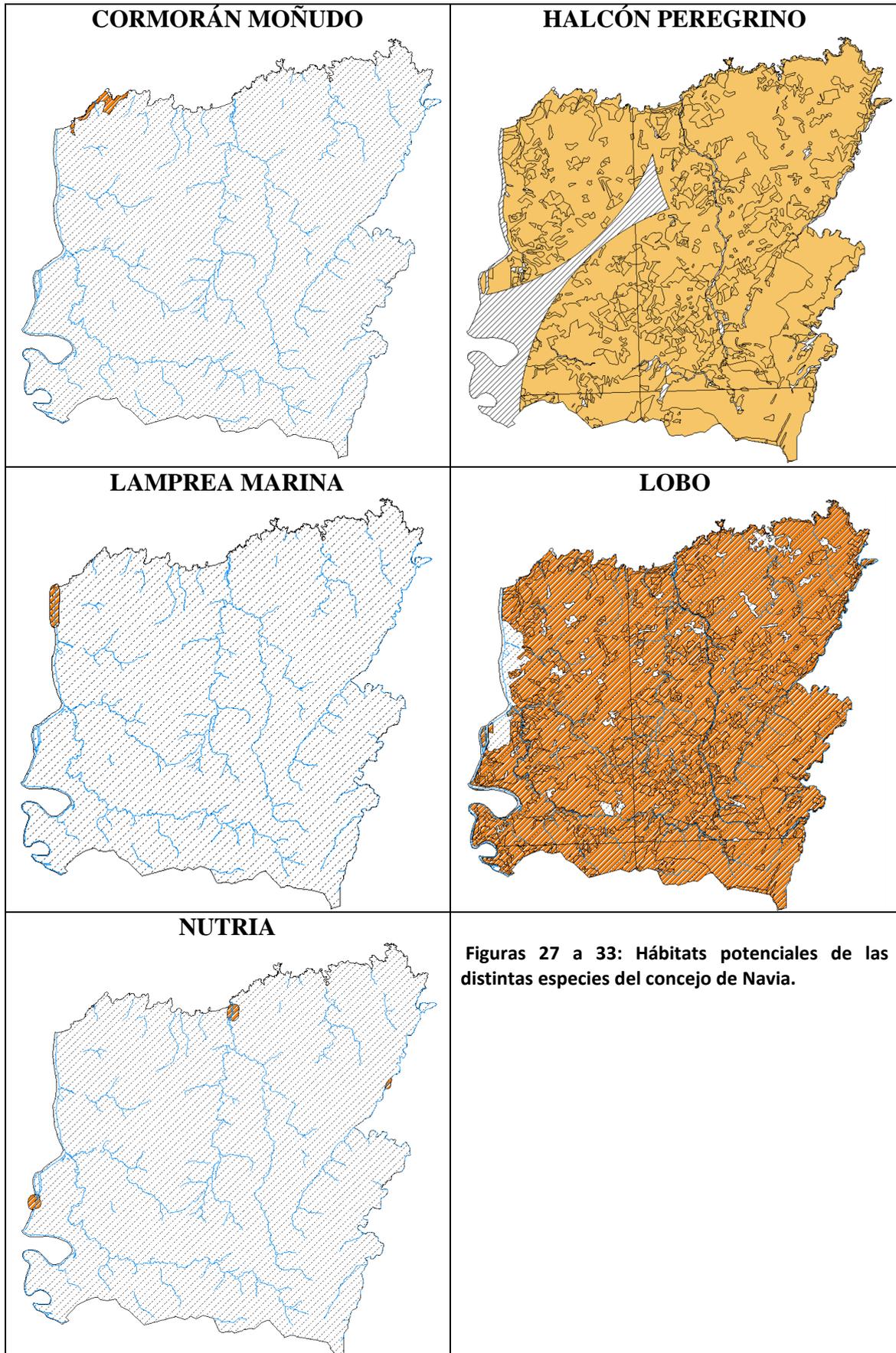
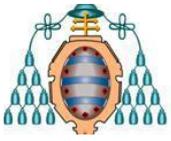


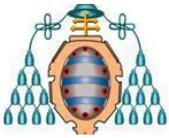
Figura 26: Superposición de las áreas de influencia del concejo

Una vez se han hecho las zonas de influencia, se han de seleccionar las especies vegetales en las que habita cada especie animal. Para ello, basándose en la tabla anterior, en la columna *Hábitat*, se hace una selección por atributos en el mapa vectorial de vegetación.

Una vez se tiene la selección mediante una consulta SQL, se recorta por el buffer:







2.3.9.2: Riqueza Específica

El siguiente paso será convertir a raster estas capas con una extensión semejante al contorno del concejo. Después, mediante una posterior reclasificación, se obtiene un mapa binario en el que el valor de las zonas en las que hay hábitat es 1 y el del resto de las zonas del concejo, 0.

| Especie | Nombre sin reclasificar | Nombre final |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Andarrios Chico | Habitat1_Andarrios | Habitat_Andarrios |
| Cormorán Moñudo | Habitat2_Cormoran | Habitat_Corm |
| Halcón Peregrino | Habitat3_Halcon | Habitat_Halc |
| Lamprea Marina | Habitat4_Lamprea | Habitat_Lamprea |
| Liebre Ibérica | Habitat5_Liebre | Habitat_Liebre_Iberica |
| Lobo | Habitat6_Lobo | Habitat_Lobo_ |
| Nutria | Habitat7_Nutria | Habitat_Nutria_ |
| TOTAL | Habitat_Hotspot (Riqueza Específica) | |

Para obtener el mapa total, se creará un modelo que sea la suma de los anteriormente calculados para saber cuántos hábitats coexisten en cada zona del concejo, es decir, el mapa de riqueza específica.

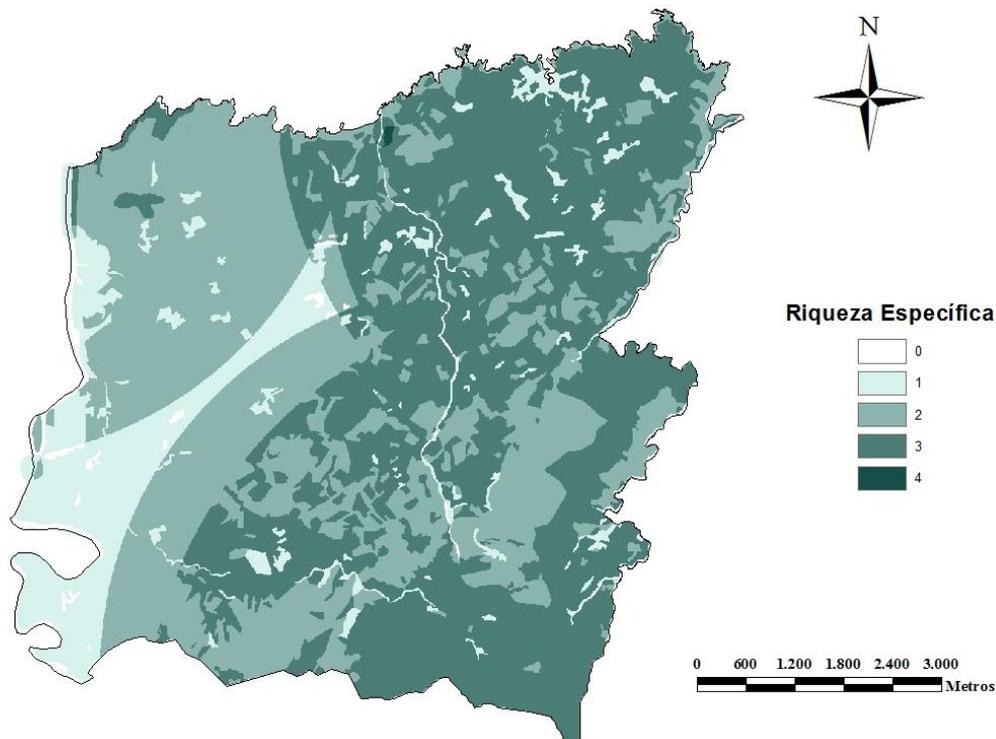
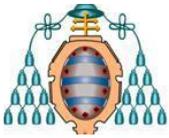


Figura 34: Modelo de Riqueza Específica de Navia



En caso de querer un modelo en el que, además de saber cuántas especies coexisten en una zona, se pueda saber qué especies son, habría que combinar las capas en lugar de sumarlas. Sin embargo, para el estudio es irrelevante en estos momentos.

Para obtener la riqueza específica de la zona, se ha tenido que reclasificar acorde a los siguientes criterios:

| RIQUEZA ESPECÍFICA | | | |
|---------------------------|------|-------|----------|
| Muy alta | Alta | Media | Baja |
| ≥ 6 | 5 | 4 | ≤ 3 |

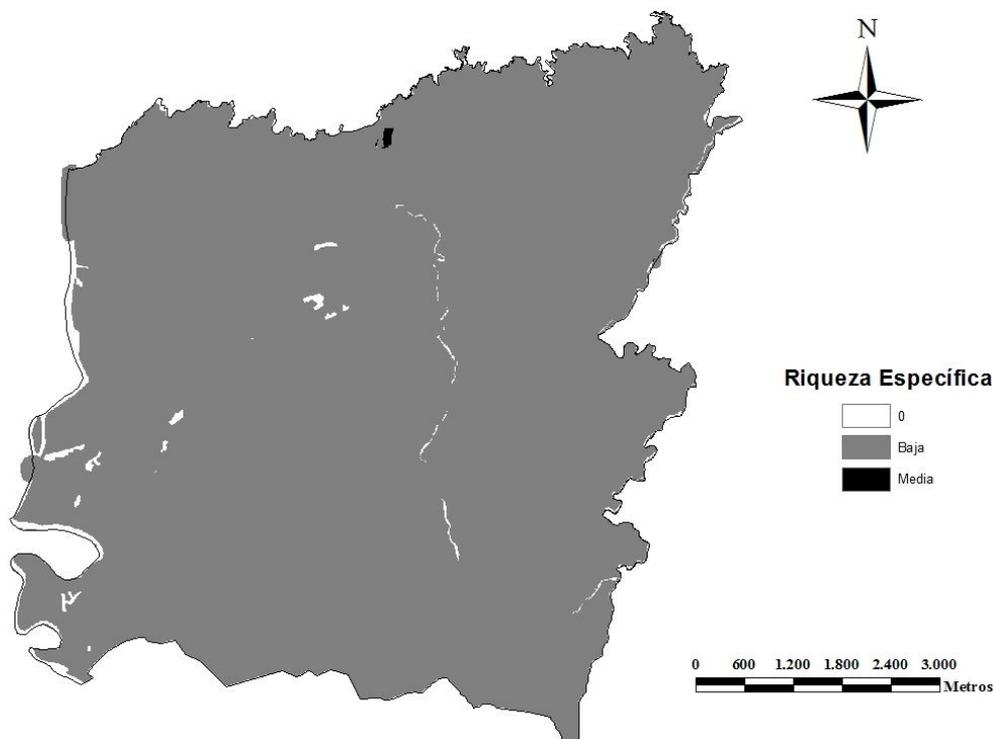
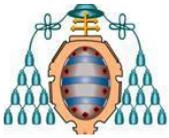


Figura 35: Clasificación de Riqueza Específica

Como podemos apreciar, el concejo de Navia tiene una riqueza específica baja salvo en la desembocadura de uno de sus ríos.

2.3.9.3: Zonas Protegidas

Con el fin de determinar la vulnerabilidad tanto faunística como vegetal, se han de identificar las zonas protegidas por planes como el PORNA (Plan de Ordenación de los Recursos naturales de Asturias).



Se puede ver que, dentro del concejo de Navia, tan sólo están protegidos por este plan las reservas de Barallo y Frexulfe.

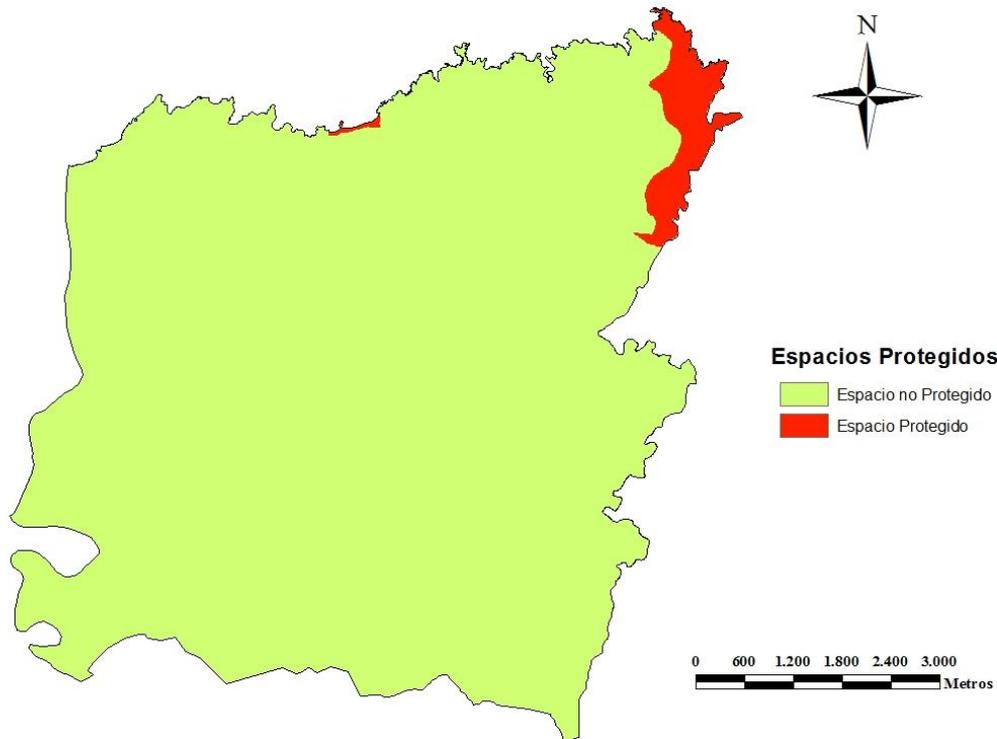
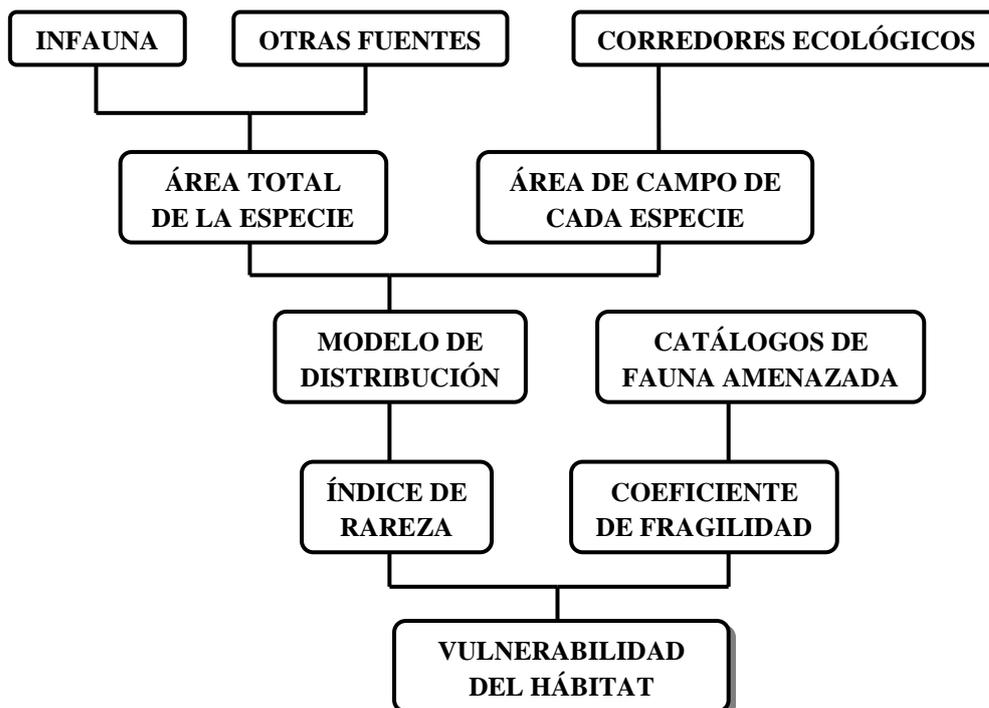
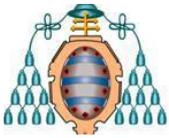


Figura 36: Espacios Protegidos del Concejo de Navia

2.3.9.3: Vulnerabilidad faunística





Se ha calculado la vulnerabilidad del hábitat. Para ello se han tenido en cuenta dos factores fundamentales: El índice de rareza y el coeficiente de fragilidad. Mientras el segundo se obtiene según criterios ajenos (consultando tratados sobre fauna), el índice de rareza se puede calcular, siendo su expresión:

$$IR = \frac{S_T}{S_H}$$

Siendo:

- IR el índice de rareza para cada hábitat
- S_T la superficie total de la zona a estudiar (en este caso, la del Concejo de Navia)
- S_H la superficie de cada hábitat

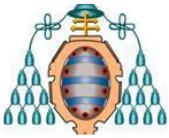
Haremos el cálculo para cada especie, teniendo en cuenta que:

$$S_T = 63269049,741 \text{ m}^2 \cong 63,27 \text{ km}^2$$

Se ha hecho dicho cálculo para todas las especies con las que se está trabajando:

| Especie | Superficie S_H (m²) | Índice de Rareza IR |
|-------------------------|--|----------------------------|
| Andarríos Chico | 128037,890 m ² | 494,14 |
| Cormorán Moñudo | 215722,228 m ² | 293,28 |
| Halcón Peregrino | 56711584,130 m ² | 1,11 |
| Lamprea Marina | 212428,740 m ² | 297,83 |
| Liebre Ibérica | 28917663,188 m ² | 2,19 |
| Lobo | 59895722,022 m ² | 1,06 |
| Nutria | 203371,454 m ² | 311,10 |

Se pueden encontrar dos clases de especies perfectamente diferenciadas. Por una parte, ciertas especies (El lobo, el halcón peregrino y, en menor medida, la liebre ibérica) tienen un índice de rareza muy bajo, ya que están por casi todo el territorio (es decir, son muy comunes en el concejo). Por otra parte, el resto de especies tienen unos índices de rareza considerablemente elevados. Como conclusión se puede pensar que el concejo de Navia tiene especies verdaderamente comunes, con algún caso aislado de presencia de otras especies más raras.



Si lo combinamos con el coeficiente de fragilidad (CF) que encontramos en manuales sobre la fauna, obtendremos el índice de vulnerabilidad.

- 1 para las especies no catalogadas pero propuestas en el PORNA
- 2 para las especies *de interés especial*
- 3 para las especies *vulnerables*
- 4 para las especies *sensibles a la alteración de su hábitat*
- 5 para especies *en peligro de extinción*

| Especie | CF | IR | IVH |
|-------------------------|----|--------|---------------|
| Andarríos Chico | 1 | 494,14 | 494,14 |
| Cormorán Moñudo | 2 | 293,28 | 586,57 |
| Halcón Peregrino | 2 | 1,11 | 2,23 |
| Lamprea Marina | 3 | 297,83 | 893,51 |
| Liebre Ibérica | 1 | 2,19 | 2,19 |
| Lobo | 1 | 1,06 | 1,06 |
| Nutria | 2 | 311,10 | 622,20 |

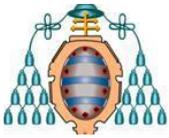
Se pueden apreciar unos resultados bastante coherentes con lo que se ha visto en el cálculo del Índice de Rareza.

El lobo es la especie menos vulnerable, siendo su IVH muy próximo al mínimo posible.

En cuanto al halcón, al tener un coeficiente de fragilidad mayor, se vuelve algo más frágil, aunque, al igual que la liebre ibérica, no es plenamente vulnerable.

El cormorán moñudo, el andarríos chico y la nutria son bastante vulnerables, siendo muy vulnerable la lamprea marina (al tener elevados tanto CF como IR).

Ahora, asignaremos un valor que vaya desde Bajo (1) hasta Muy Alto (4) a cada especie según su Índice de Vulnerabilidad.



| Especie | IVH | Código |
|------------------|----------|--------|
| Andarríos Chico | Medio | 2 |
| Cormorán Moñudo | Medio | 2 |
| Halcón Peregrino | Bajo | 1 |
| Lamprea Marina | Muy Alto | 4 |
| Liebre Ibérica | Bajo | 1 |
| Lobo | Bajo | 1 |
| Nutria | Alto | 3 |

Para obtener un único mapa, se combinan las capas. En caso de superposición, se elegirá el valor superior.

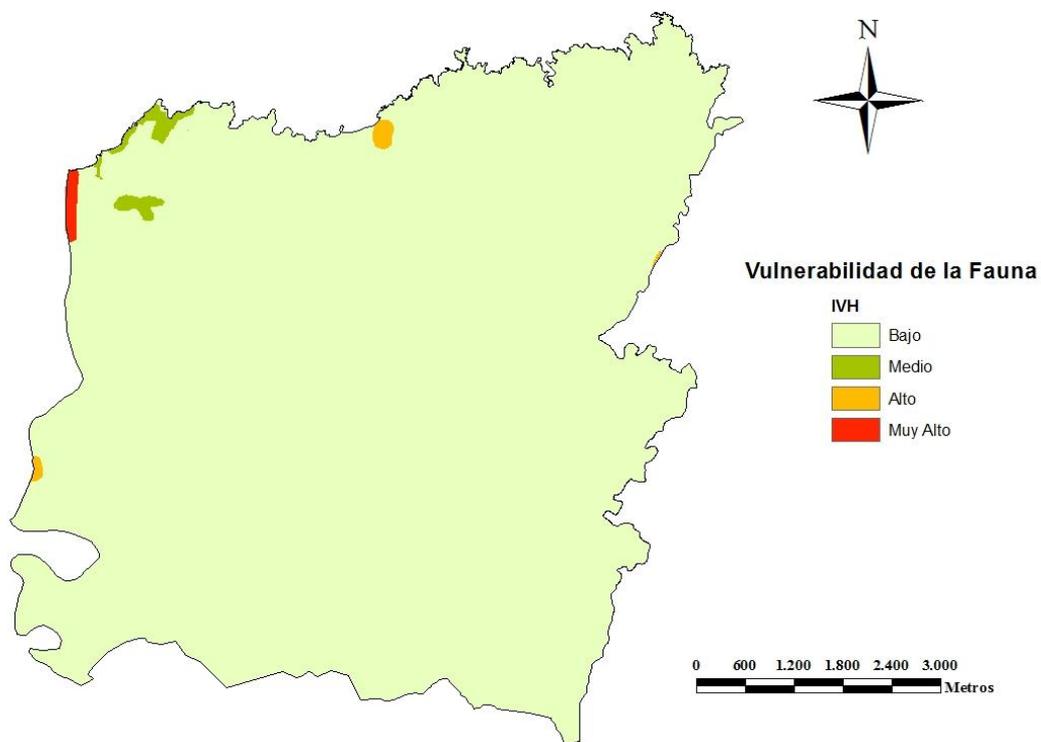
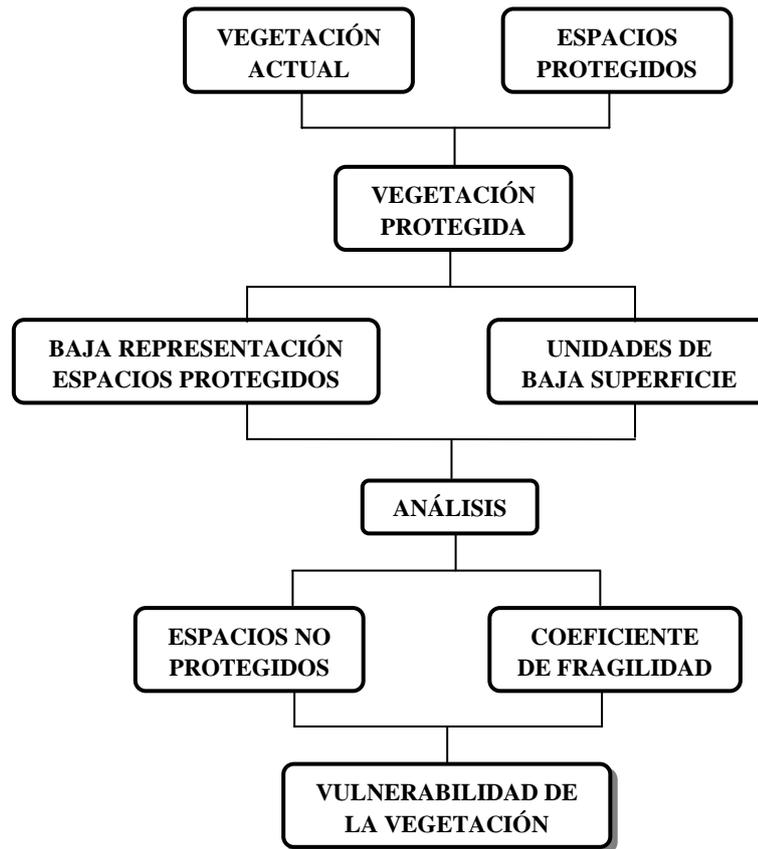
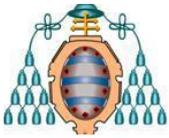


Figura 37: Espacios Protegidos del Concejo de Navia

Salvo en ciertas zonas de río, Navia posee un índice de vulnerabilidad bajo, siendo su zona más vulnerable allí donde habita la Lamprea Marina.

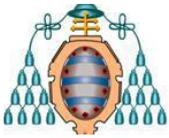
2.3.9.4: Vulnerabilidad de la Vegetación

El objetivo ahora es, con los datos obtenidos del mapa de vegetaciones, elaborar un mapa que indique la vulnerabilidad de la vegetación.



Lo primero que se hará será, con objeto de simplificar los resultados, unir las clases de vegetación que compartan ciertas características en un nuevo modelo de vegetación simplificado. Posteriormente se convertirá a ráster para poder trabajar con él.

| | AGRUPACIÓN | ESPECIES |
|----------|-----------------------|--|
| 1 | Bosques Caducifolios | Bosques oligotrofos Facies común Fase con castaño |
| 2 | Bosques Higrófilos | Alisedas |
| 3 | Bosques Jóvenes | Acebedas con abedul Bosques jóvenes con abedul |
| 4 | Form. Arbustivas | Otras |
| 5 | Brezales | Con <i>Ulex Europaeus</i> Con <i>Ulex Galli</i> Con <i>Erica Mackaiana</i> Sin <i>Erica Vagans</i> Tojales silicícolas con <i>Ulex Europaeus</i> |
| 6 | Helechales y Zarzales | Helechales Zarales |
| 7 | Formaciones Herbáceas | Prados Prados Higrófilos |



| | | |
|----|----------------------------------|--|
| 8 | Complejos de Vegetación Halófila | Acantilados occidentales... Marismas internas subhalófilas Dunas Playas |
| 9 | Comp.Casmofítica | Gleras silíceas Vegetación casmofítica silicícola |
| 10 | Plantaciones arbóreas | Plantaciones de castaño Plantaciones de eucalipto Plantaciones de pino marítimo Plantaciones de coníferas Plantaciones de frutales |
| 11 | Mar, ríos y embalses | Mar. Ríos y embalses |
| 12 | Áreas Urbanas e Industriales | Áreas industriales y... Áreas de servicio Parcelas abandonadas... Parques y jardines Pueblos y ciudades |

Se crea un nuevo campo en el mapa vectorial de vegetación y se asigna el valor de la tabla a cada campo. Se podría, posteriormente, asignar un subtipo para que nos indique en la propia tabla qué tipo de especie es.

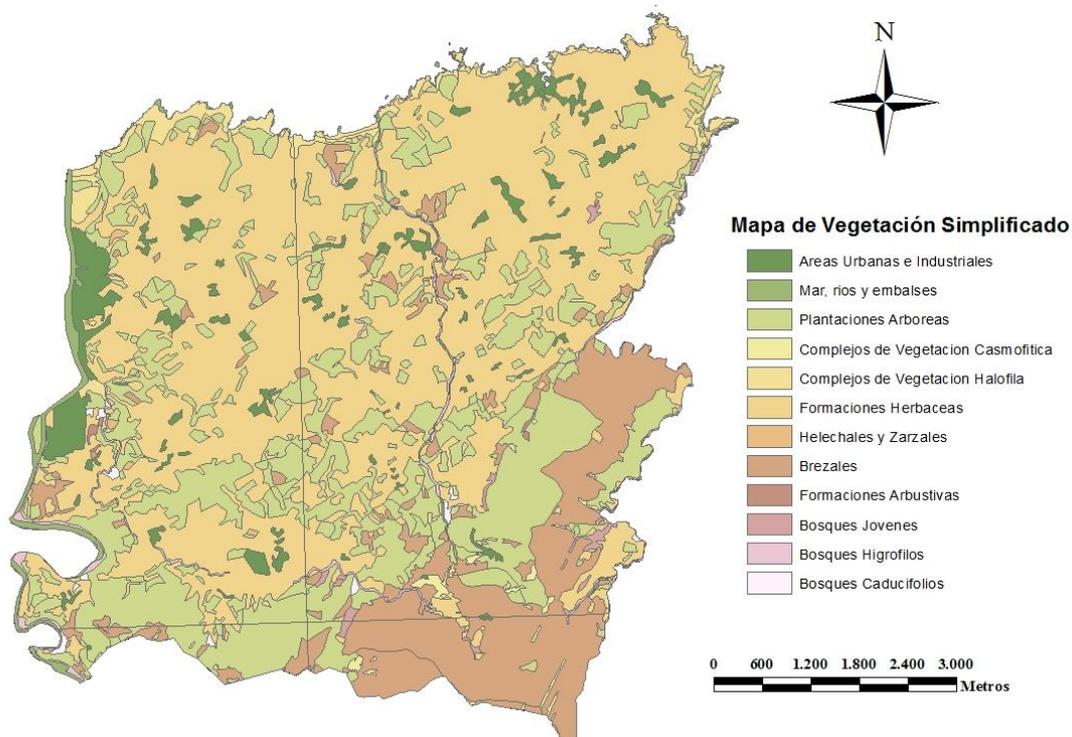
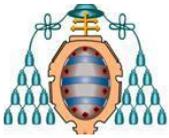


Figura 38: Mapa de Vegetación Simplificado

Se ha calculado la cantidad de vegetación de cada clase incluida en los espacios naturales protegidos, así como el área total, con el fin de conocer el nivel de protección final de cada unidad de vegetación en el concejo.



Para saber el porcentaje de área ubicada en espacio protegido se ha combinado el mapa de vegetación simplificado con el de espacios naturales protegidos. Una vez allí calcularemos las áreas de cada unidad de vegetación en la que el espacio natural sí es protegido y la compararemos con el área total.

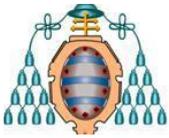
| | AGRUPACIÓN | UMBRAL | %P | AREA | %AREA | |
|----|------------------------------|--------|-------|-------------------------|-------------------------------|-------------|
| 1 | Bosques Caducifolios | 20% | 0,00% | 166300 m ² | 0,26% | |
| 2 | Bosques Higrófilos | 20% | 5,40% | 646300 m ² | 1,02% | |
| 3 | Bosques Jóvenes | 20% | 1,39% | 244300 m ² | 0,39% | |
| 4 | Form. Arbustivas | 15% | 0,00% | 50400 m ² | 0,08% | |
| 5 | Brezales | 10% | 0,40% | 8947100 m ² | 14,14% | |
| 6 | Helechales y Zarzales | 10% | 0,00% | 75700 m ² | 0,12% | |
| 7 | Formaciones Herbáceas | 0% | 2,63% | 31536400 m ² | 49,84% | |
| 8 | Complejos de Veg. Halófila | 20% | 21,08 | 1300000 m ² | 2,05% | |
| 9 | Comp.Casmofítica | 20% | 0,00% | 298400 m ² | 0,47% | |
| 10 | Plantaciones arbóreas | 0% | 2,26% | 16624200 m ² | 26,27% | |
| 11 | Mar, ríos y embalses | 20% | 6,72% | 905600 m ² | 1,43% | |
| 12 | Áreas Urbanas e Industriales | 0% | 1,11% | 2479400 m ² | 3,92% | |
| | | | | TOTAL | 63274100 m² | 100% |

Se puede apreciar que, en Navia, la única unidad que se encuentra debidamente cubierta es la vegetación halófila. Esto es normal, ya que es una vegetación que se encuentra en la costa, zona bastante protegida.

Se ha calculado un índice de vulnerabilidad para la vegetación, IVV, en el que se tendrán en cuenta tanto la abundancia total de cada unidad de vegetación como su porcentaje en la red ENP.

$$IVV = CF \times NP_i$$

| | |
|-----------|---|
| CF | Coeficiente de fragilidad 5: AREA 0 - 6 000 m ² 4: AREA 6 000 - 30 000 m ² 3: AREA 30 000 - 90 000 m ² 2: AREA 90 000 - 300 000 m ² 1: AREA > 300 000 m ² |
| NP | Porcentaje desprotegido de cada especie $NP_i = 100 - \%P$ |



El IVV que se clasifica en las siguientes categorías:

- Medio: 0 - 150
- Alto: 151 - 250
- Muy Alto: 251 - 500

Se han calculado todos los parámetros anteriores para cada unidad simplificada de vegetación.

| AGRUPACIÓN | CF | NP | IVV | CLASE IVV |
|------------------------------|----|--------|--------|-----------|
| Bosques Caducifolios | 2 | 100,00 | 200,00 | Alto |
| Bosques Higrófilos | 1 | 94,60 | 94,60 | Medio |
| Bosques Jóvenes | 2 | 98,61 | 197,22 | Alto |
| Form. Arbustivas | 3 | 100,00 | 300,00 | Muy Alto |
| Brezales | 1 | 99,60 | 99,60 | Medio |
| Helechales y Zarzales | 3 | 100,00 | 300,00 | Muy Alto |
| Formaciones Herbáceas | 1 | 97,37 | 97,37 | Medio |
| Complejos de Veg. Halófila | 1 | 78,92 | 78,92 | Medio |
| Comp.Casmofítica | 2 | 100,00 | 200,00 | Alto |
| Plantaciones arbóreas | 1 | 97,74 | 97,74 | Medio |
| Mar, ríos y embalses | 1 | 93,28 | 93,28 | Medio |
| Áreas Urbanas e Industriales | 1 | 98,89 | 98,89 | Medio |

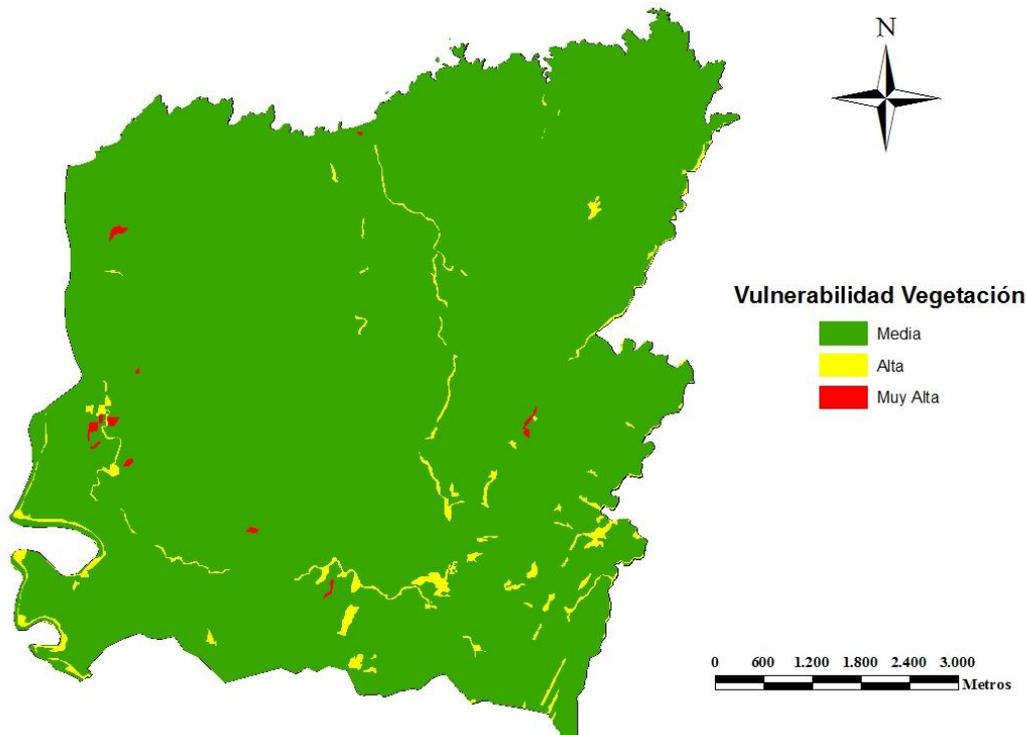
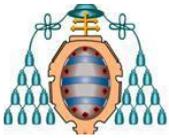


Figura 39: Modelo de Vulnerabilidad



2.3.9.5: Modelo de Valor de la Fauna

El mapa del valor para la fauna se ha elaborado combinando el mapa de vulnerabilidad de la fauna con el de riqueza específica de la misma. Este mapa representará un valor de interés faunístico de la zona, en base a la cantidad de especies que habitan y la vulnerabilidad de sus hábitats.

Dicho mapa será muy útil para seleccionar en qué zonas del concejo de Navia construir sin dañar irremediabilmente la fauna que allí habita.

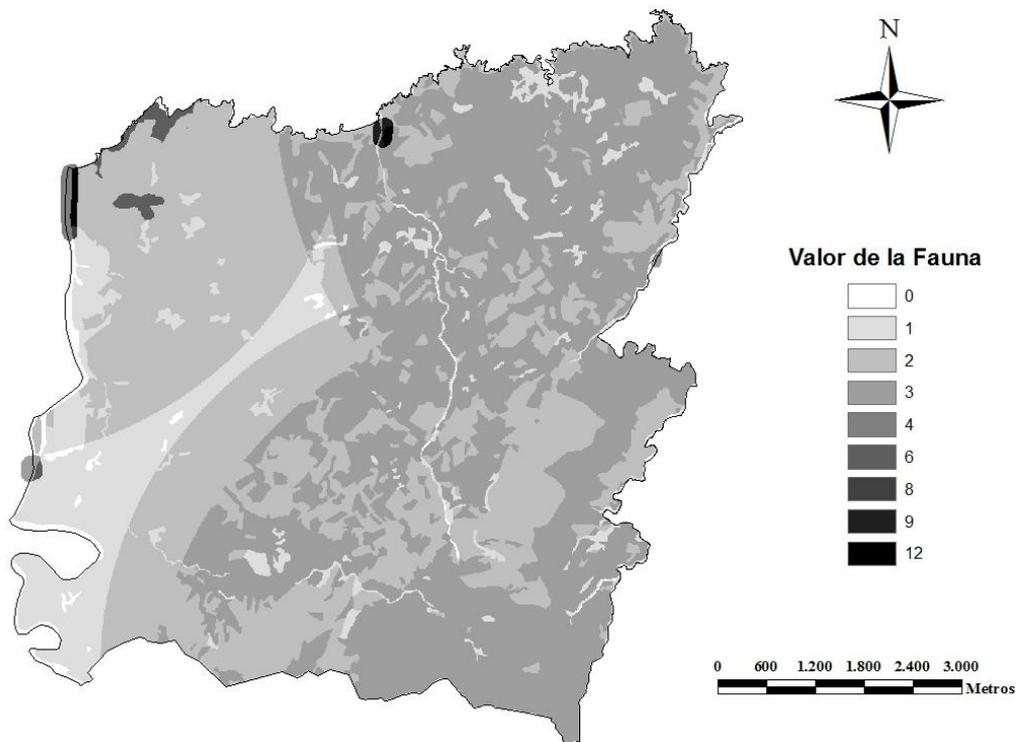
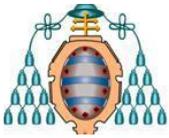


Figura 40: Mapa de Valor para la Fauna

Al ser combinación de los dos anteriores, además de un nuevo valor, que será la calidad final de la fauna para el territorio, también representa qué especies habitan en cada zona, así como la vulnerabilidad de cada especie, en un mismo shapefile.

2.3.9.5: Áreas de Interés para la Conservación

Una vez se han calculado la vulnerabilidad y calidad de la fauna para todo el concejo, así como la vulnerabilidad y calidad paisajística de la vegetación para el



mismo, se ha procedido a elaborar un modelo de interés para la conservación, en el cual se tendrán en cuenta ambos criterios (fauna y vegetación).

Se crearán tres clases: alto interés, medio interés y bajo interés.

| INTERÉS | VEGETACIÓN | VULNERABILIDAD | FAUNA |
|-------------|------------|----------------|-------|
| 1- MUY BAJO | 10-9 | Media (1) | 1-2 |
| 2- BAJO | 8-7 | | 3 |
| 3- MEDIO | 6-5 | Alta (2) | 4 |
| 4- ALTO | 4-3 | | 4 |
| 5- MUY ALTO | 2-0 | Muy Alta (3) | >4 |

Con estos valores se elabora el modelo final de interés para la conservación.

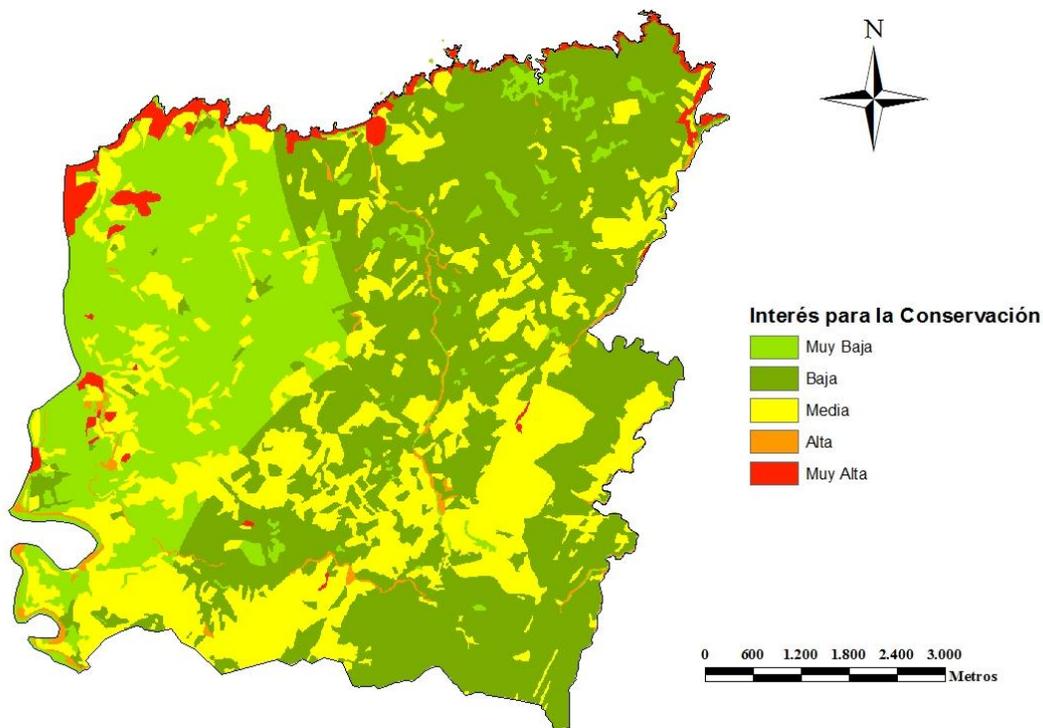
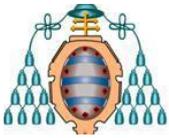


Figura 41: Áreas de Interés para la Conservación

El modelo resultante se asemeja tanto al mapa de vegetación como al de valor de la fauna. La combinación de estos tres mapas no sólo nos indica qué zonas son las más vulnerables a nivel vegetal o animal, sino que también nos indica las mejores zonas para construir atendiendo a dichos criterios.



2.3.10: CALIDAD AGROLÓGICA DEL SUELO

La calidad agrológica del suelo en el mapa de Asturias tienen asignados unos valores numéricos, representados en números romanos, inversamente proporcionales. Así, un suelo con una excelente calidad agrológica tendrá un valor de I o II, y un suelo de mala calidad tendrá valores mayores como VII o VIII.

El mapa de calidad agrológica que se ha digitalizado demuestra que el suelo del concejo de Navia es un suelo malo. Los niveles se encuentran en torno al IV, VII e incluso VIII, con apenas unas zonas de III.

Se asigna un valor de aptitud para la urbanizabilidad a cada clase:

| C. AGROLÓGICA | VALOR URB | APTITUD |
|---------------|-----------|----------|
| III | 10 | Óptima |
| IV | 7 | Buena |
| V | 5 | Media |
| VII | 3 | Mala |
| VIII | 1 | Muy Mala |

El resultado ha sido el siguiente:

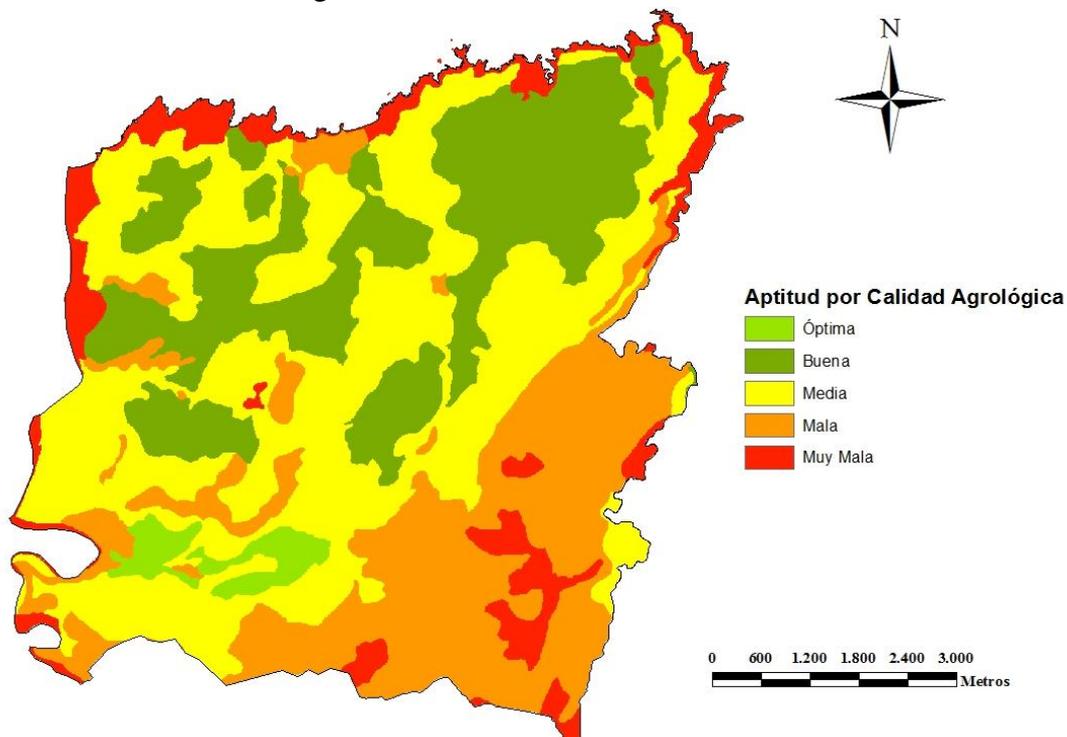
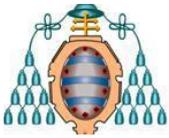


Figura 42: Aptitud por Calidad Agrológica



2.3.11: ACCESIBILIDAD A EDIFICACIONES

Otro factor a tener en cuenta para la elección de la ubicación de posibles nuevas edificaciones es la cercanía existente a núcleos urbanos consolidados. Esto hará más rápidos los desplazamientos, y reducirá los costes de construcción de vías de acceso a ellos, así como de dichos desplazamientos.

Para ello se utilizará una herramienta propia de ArcMap que permite calcular la distancia de coste que tiene cada celda del mapa a cualquiera de los núcleos urbanos contemplados en el catastro.

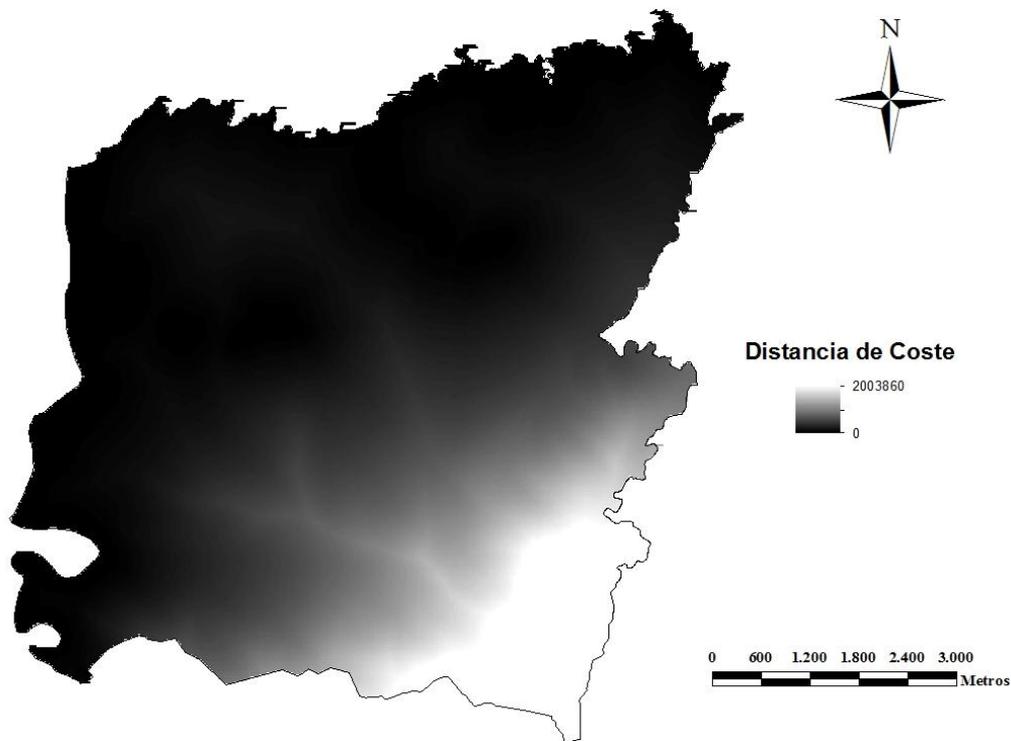


Figura 43: Distancia de coste a los edificios

El resultado es un modelo de la distancia de coste en base al MDT del concejo. Se ha reclasificado para poder ser incluido en el estudio, dándole un rango de valores de 1 a 10.

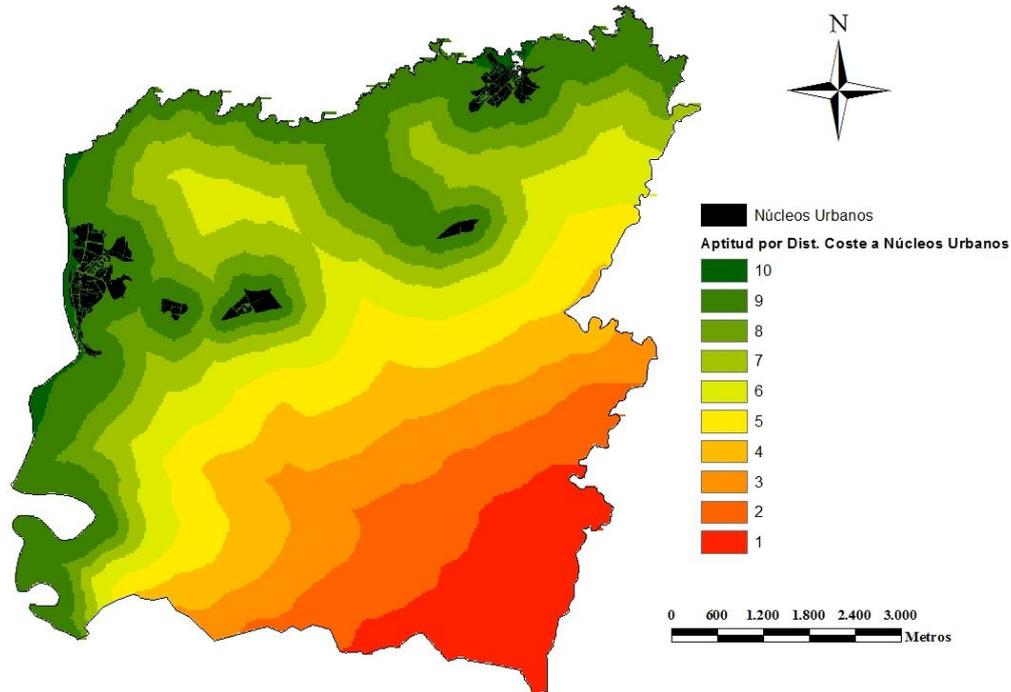
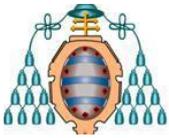


Figura 44: Aptitud por Distancia de Coste a los Edificios

2.3.11.1: Accesibilidad a Equipamientos

Se ha seguido el mismo procedimiento para las. Haremos una operación sobre el MDE para obtener la distancia de coste a las instalaciones registradas en la capa correspondiente. Tras ello, se reclasifica del mismo modo, creándose una capa de accesibilidad a equipamientos e instalaciones.

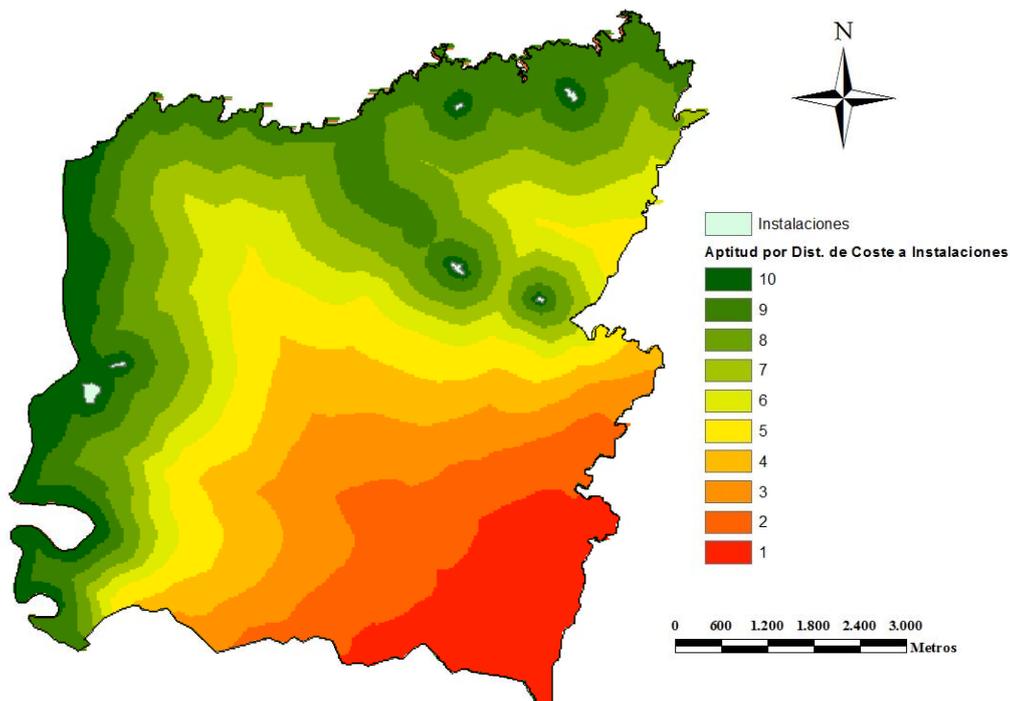
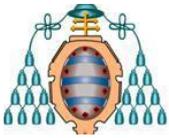
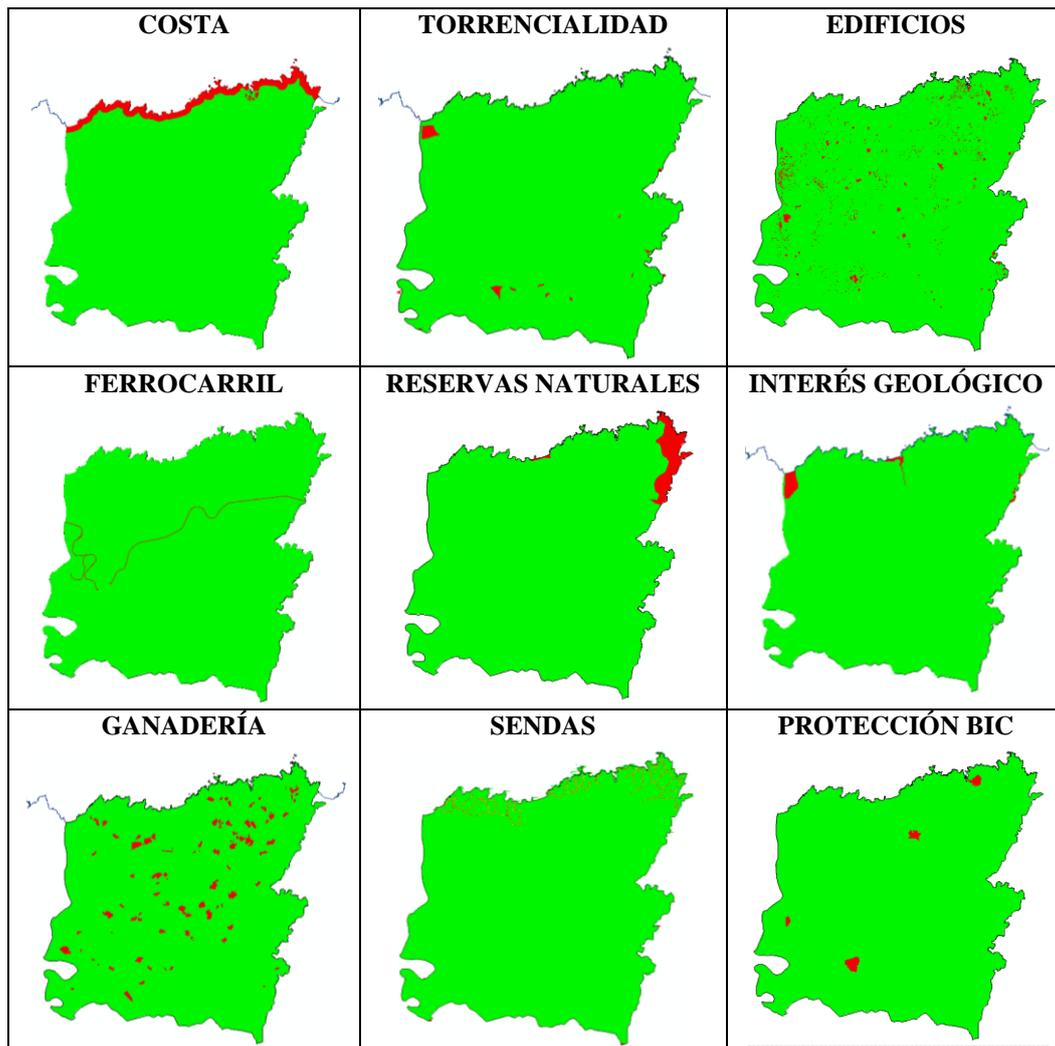


Figura 45: Aptitud por Distancia de Coste a las Instalaciones

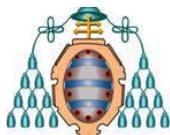


2.3.12: MODELOS RESTRICTIVOS

Tal y como se ha explicado con anterioridad, hay ciertas capas de información que delimitan determinadas zonas en las que no se podría construir independientemente de la capacidad de acogida resultante. Con estas capas se ha seguido con todas el mismo procedimiento, es decir, se han creado modelos binarios en ráster en el que cada zona incluida en los polígonos tenga valor 0 y, el resto del concejo, valor 1.

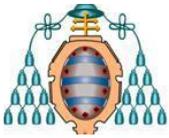


Figuras 46-54: Modelos binarios con información restrictiva



2.3.13: TABLA CON TODOS LOS MODELOS FINALES

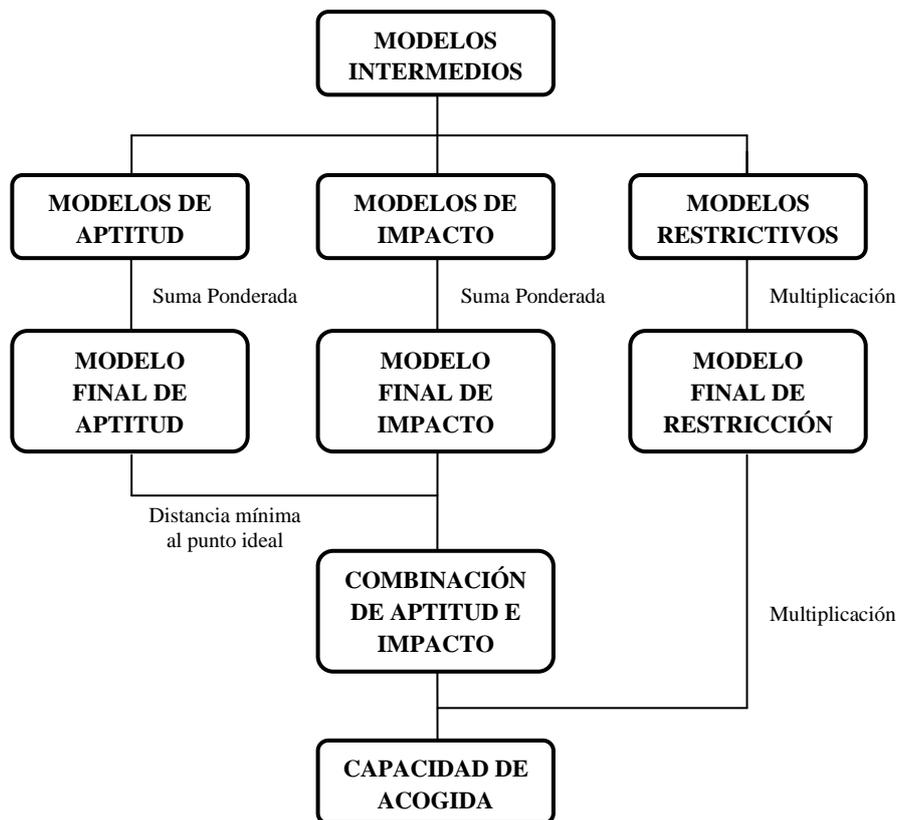
| PARÁMETRO | DESCRIPCIÓN | NOMBRE .SHP |
|---------------------------------|---|--------------------|
| Elevación | Modelo Digital de elevaciones | MDE_Navia |
| Pendientes | Aptitud por pendientes | URB_Pendientes |
| Vegetación | Idoneidad para construir en cada especie vegetal. | URB_Vegetación |
| Inundabilidad | Zonas con mayor o menos riesgo de inundación | URB_Inundabilidad |
| Ríos | Zonas de influencia en torno a los ríos | URB_Ríos |
| Viales | Zonas de influencia en torno a los viales | URB_Viales |
| Incendios | Modelo de riesgo de incendios | URB_Incendios |
| Pérdida Económica | Zonas donde se perdería más dinero al construir | URB_Economico |
| Calidad Paisajística | Zonas del concejo con mayor o menos calidad | URB_Paisaje |
| Calidad Agrológica | Calidad de la capacidad agrológica del suelo | URB_Agrológico |
| Accesibilidad a Equipamientos | Distancia de coste efectivo de todo el concejo a los distintos equipamientos | URB_Equipamientos |
| Accesibilidad a Núcleos Urbanos | Distancia de coste efectivo de todo el concejo a los distintos núcleos urbanos del mismo | URB_Nucleos |
| Interés para la Conservación | Combinación de la información de la flora y la fauna del concejo, así como de su vulnerabilidad | URB_Conservacion |
| MODELOS RESTRICATIVOS | | |
| Costa | Protección legal de las zonas cercanas a la costa | URB_Costa |
| Torrencialidad | Zonas del concejo con una mayor torrencialidad | URB_Torrencialidad |
| Edificios | Capa con los edificios representados | URB_Edificios |
| Ferrocarril | Líneas del ferrocarril | URB_Ferrocarril |
| Reservas Naturales | Reservas naturales del concejo: Barallo y Frexulfe | URB_Reservas |
| Interés Geológico | Zonas de interés geológico en el concejo | URB_Geologico |
| Ganadería | Parcelas ganaderas | URB_Ganaderia |
| Sendas | Sendas que recorren el concejo | URB_Sendas |
| Protección BIC | Zonas protegidas por la regulación de Bienes de Interés Cultural | URB_BIC |



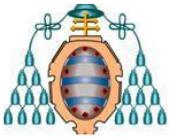
2.4: CÁLCULO DEL MODELO FINAL

Una vez se han calculado todos los modelos intermedios del estudio, el último paso ha sido combinarlos de tal modo que toda la información que aporten se utilice de la manera correcta para calcular las zonas más aptas para la urbanización del concejo, así como las menos aptas.

Tan y como están almacenados los modelos, es decir, con un valor homogeneizado en cuanto a la aptitud para la urbanizabilidad, el modelo podría realizarse con una simple suma ponderada de todos los modelos. Sin embargo, hay un método más complejo cuyo resultado es mucho mejor que el de la suma ponderada de todos los modelos. Este método es el **cálculo de la capacidad de acogida del territorio**.



Para trabajar con la capacidad de acogida o de carga de una zona concreta, se deberán tener en cuenta una serie de factores generales. Consultando diversos documentos y artículos científicos sobre el tema, se puede ver que la elección de parámetros tiene muchos elementos comunes, si bien también tiene una gran parte subjetiva, más variable de unos estudios a otros.



Los criterios más generales que se utilizan son los siguientes:

| TIPO | REGLAS DE DECISIÓN | CRITERIOS GENERALES | |
|----------------------|----------------------------|-----------------------|--|
| Aptitud | Distancia al punto ideal | Aptitud Física | Pendiente |
| | | | Topografía |
| | | | Orientaciones |
| | | Aptitud Ambiental | Calidad del Paisaje |
| | | | Capacidad agrológica del suelo |
| | | Aptitud Funcional | Accesibilidad a viales |
| | | | Cercanía con carreteras principales |
| | | | Accesibilidad a equipamientos |
| | | | Cercanía a núcleos urbanos |
| Impacto | Sumatoria lineal ponderada | Impacto ecológico | Alteración de la cobertura vegetal |
| | | | Interés para la conservación |
| | | | Impacto en la fauna |
| | | | Impacto en las zonas fluviales |
| | | Impacto económico | Pérdida económica de la vegetación |
| | | Impacto Visual | Miradores |
| | | | Sendas |
| | | | Visibilidad |
| | | Zonas no recomendadas | Riesgo de Inundación |
| | | | Incendios |
| Restricción | Filtro de restricciones | Riesgo Natural | Riesgo alto de Inundación |
| | | | Riesgo de Torrencialidad |
| | | | Riesgo alto de Incendios |
| | | Restricción Legal | Figuras de protección y Dominios Públicos |
| Imposibilidad Física | Capas de agua | | |

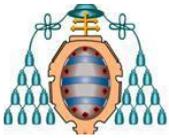
Además de buscar la información de la tabla anterior en los modelos generados, se procurará utilizar toda la información obtenida posible de un modo coherente con el estudio.

2.4.1: MODELO DE APTITUD

El primer paso será seleccionar qué modelos son aquellos aportan información sobre la aptitud, ya sea física, ambiental, funcional...

Estos modelos se combinarán para generar un único modelo, que representará las zonas más o menos aptas para urbanizar en el concejo de Navia.

De los modelos que se han creado en el apartado anterior, se seleccionan los de aptitud:



| APTITUD FÍSICA | | |
|-------------------|---|------------------------|
| Parámetro | Descripción | Nombre ArcGIS |
| Pendiente | La aptitud será inversamente proporcional a la pendiente | ACOGIDA_AP_PENDIENTE |
| Altitud | La aptitud será inversamente proporcional a la elevación | ACOGIDA_AP_ALTITUD |
| Orientación | La aptitud será mejor cuanto más al sur esté orientado el terreno | ACOGIDA_AP_ORIENTACION |
| APTITUD AMBIENTAL | | |
| Parámetro | Descripción | Nombre ArcGIS |
| Paisaje | La aptitud será mayor cuanto mejor sea la calidad del paisaje | ACOGIDA_AP_PAISAJE |
| Agrológico | La aptitud será mayor cuanto mejor sea la capacidad agrológica del suelo | ACOGIDA_AP_AGROLOGICO |
| APTITUD FUNCIONAL | | |
| Viales | La aptitud será mayor cuanto mejor sea la accesibilidad. | ACOGIDA_AP_VIALES |
| Carreteras | Cuanto menos aislado, mayor será la aptitud (salvo demasiado cerca de los viales) | ACOGIDA_AP_CARRETERAS |
| Instalaciones | Mayor aptitud cuanto menor coste efectivo | ACOGIDA_AP_INSTALACION |
| Núcleos | Mayor aptitud cuanto menor coste efectivo | ACOGIDA_AP_NUCLEOS |

Como los modelos anteriores (aquellos con prefijo URB-) indicaban la idoneidad del terreno, es decir, la aptitud, según un determinado criterio, no se realizarán modificaciones en cuanto al rango de valores ni a los propios valores. El cálculo del modelo final se realiza promediando los valores:

$$\text{Modelo Final de Aptitud} = \frac{\sum M_{APTITUD}}{9}$$

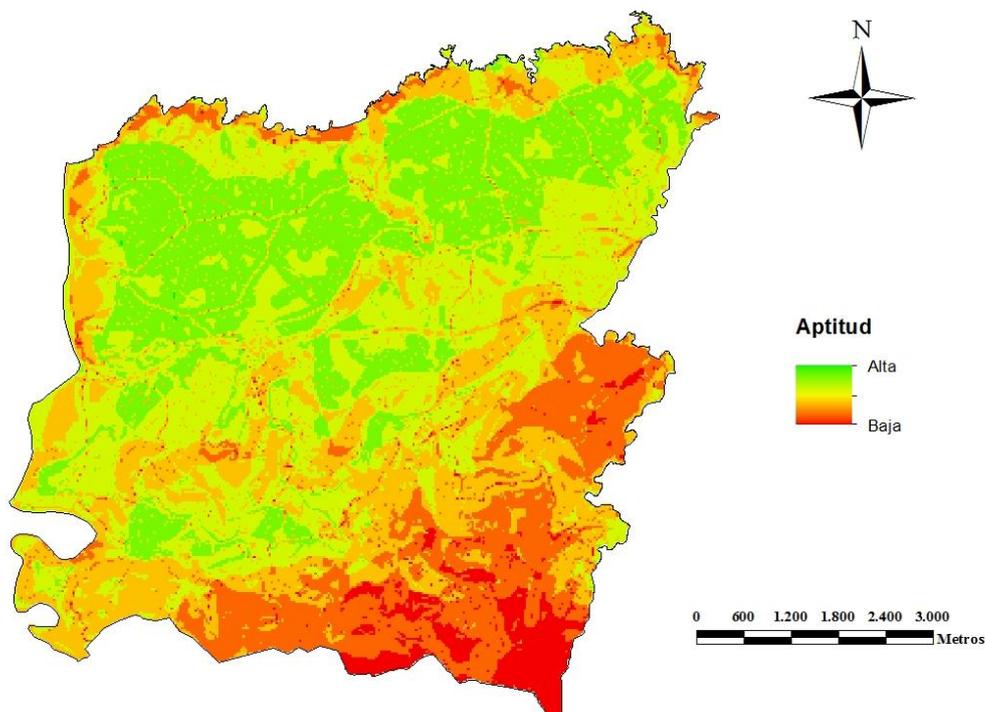
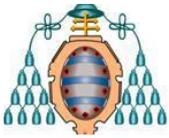


Figura 55: Modelo Final de Aptitud



2.4.2: MODELO DE IMPACTO

Al igual que con el modelo de aptitud, se seleccionan los modelos que aporten información sobre diferentes tipos de impacto (ecológico, económico...) y se combinan en un único modelo.

| IMPACTO ECOLÓGICO | | |
|------------------------|--|-----------------------|
| Parámetro | Descripción | Nombre ArcGIS |
| Vegetación | El impacto será mayor cuanto más protección necesite la vegetación | ACOGIDA_IM_VEGETACION |
| Fauna | El impacto será directamente proporcional a la riqueza específica de la zona | ACOGIDA_IM_FAUNA |
| Conservación | El impacto será mayor cuanto mayor sea el interés para la conservación | ACOGIDA_IM_CONSER |
| Hidrología | Es el impacto que se produce en las zonas fluviales y sus inmediaciones | ACOGIDA_IM_HIDROLOGIA |
| IMPACTO ECONÓMICO | | |
| Parámetro | Descripción | Nombre ArcGIS |
| I. Económico | Indica el impacto económico que se produciría al urbanizar, por lo que es directamente proporcional al mismo | ACOGIDA_IM_VISUAL |
| IMPACTO VISUAL | | |
| Parámetro | Descripción | Nombre ArcGIS |
| I. Visual | Indica el impacto visual que se produciría al urbanizar, por lo que es directamente proporcional al mismo | ACOGIDA_IM_ECONOMICO |
| ZONAS NO RECOMENDABLES | | |
| Parámetro | Descripción | Nombre ArcGIS |
| Inundabilidad | Representa las zonas con riesgo de inundación, las cuales tendrían un enorme impacto en el suelo urbanizado | ACOGIDA_IM_INUNDAB |
| Incendios | El impacto sobre el suelo urbanizado que se realizaría | ACOGIDA_IM_INCENDIOS |

Al contrario que en el caso del modelo final de aptitud, los parámetros idoneidad para la urbanización e impacto son opuestos. Por ello, habrá que someter a los modelos intermedios que se han creado a una reclasificación.

- El rango de valores será, como en la mayoría de los casos de los modelos de idoneidad, del 0 al 10
- En cuanto al valor, la idoneidad y el impacto son inversamente proporcionales. Por ello, a la hora de reclasificarlos se dará un mayor impacto a las zonas menos idóneas y viceversa.

El modelo final de impacto se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Modelo Final de Impacto} = \frac{\sum M_{IMPACTO}}{8}$$

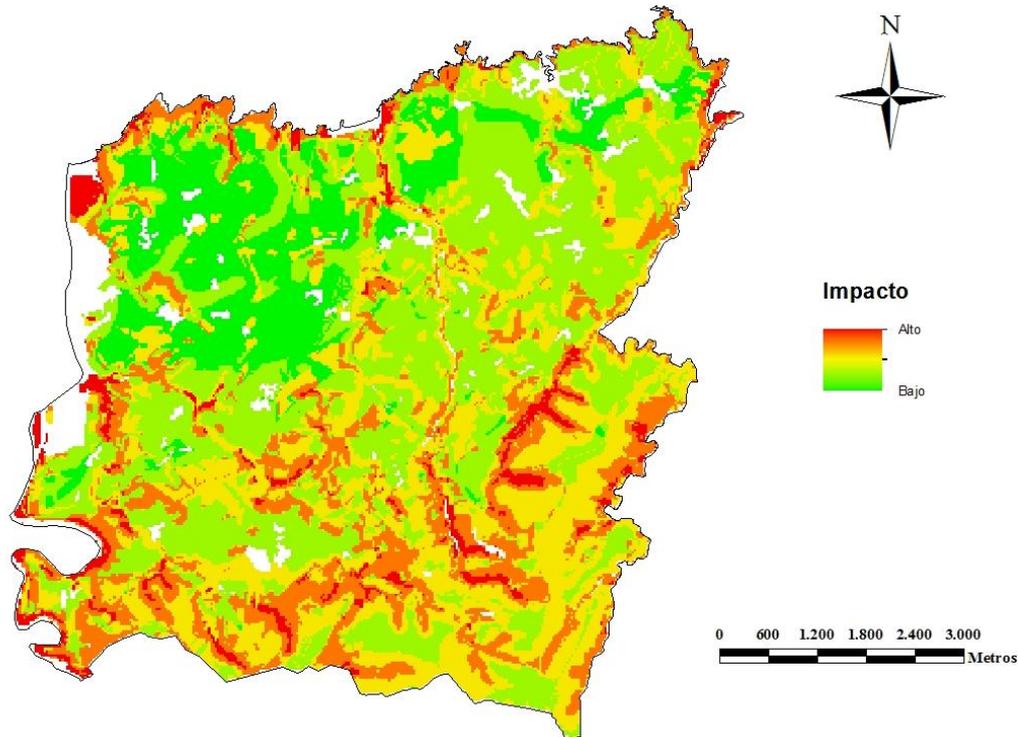
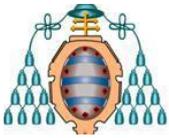
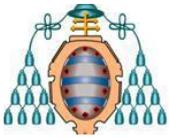


Figura 56: Modelo Final de Impacto

2.4.3: MODELO DE RESTRICCIÓN

El último modelo creado ha sido el de restricción. Es el producto de la combinación de todos los modelos restrictivos creados previamente. Además, también se utilizarán ciertas zonas de otros modelos que representen zonas en las que sea imposible urbanizar (p.e. las zonas ilegales por excesiva proximidad a la carretera).

| MODELOS RESTRICTIVOS | | |
|---|--|------------------------|
| Parámetro | Descripción | Nombre ArcGIS |
| Costa | Protección de toda la zona de costa | ACOGIDA_NO_COSTA |
| R. Naturales | Reservas naturales protegidas | ACOGIDA_NO_RESERVAS |
| Lluvias | Zonas con excesiva torrencialidad | ACOGIDA_NO_TORRENCIAL |
| Edificios | Edificios ya construidos que no conviene derribar | ACOGIDA_NO_EDIFICIOS |
| Ferrocarril | Línea de ferrocarril | ACOGIDA_NO_FERROCARRIL |
| Ganadería | Parcelas dedicadas a la ganadería | ACOGIDA_NO_GANADERIA |
| I. Geológico | Áreas de especial interés geológico | ACOGIDA_NO_GEOLOGICO |
| Protección BIC | Bienes de Interés Cultural | ACOGIDA_NO_BIC |
| Sendas | Sendas ya construidas que no conviene destruir | ACOGIDA_NO_SENDAS |
| ZONAS RESTRICTIVAS DE MODELOS INTERMEDIOS | | |
| Parámetro | Descripción | Nombre ArcGIS |
| Incendios | Zonas con excesivo riesgo de incendios | ACOGIDA_NO_INDENCIOS |
| Inundación | Zonas con excesivo riesgo de inundabilidad | ACOGIDA_NO_INUNDA |
| Ríos | Zonas en las que es ilegal construir por cercanía a los ríos | ACOGIDA_NO_RIOS |
| Carreteras | Zonas en las que es ilegal construir por cercanía a los viales | ACOGIDA_NO_VIALES |



Como el resultado de multiplicar un modelo binario por cualquier otro modelo es un modelo con los datos del segundo factor en las zonas en las que el binario tiene valor 1 y 0 en las zonas del binario con valor 0, para obtener un modelo restrictivo con los datos de todos los modelos anteriores se han multiplicado entre sí todos los modelos binarios.

$$\text{Modelo Restrictivo} = M_{\text{Costa}} \times M_{\text{Reservas}} \times \dots \times M_{\text{Viales}}$$

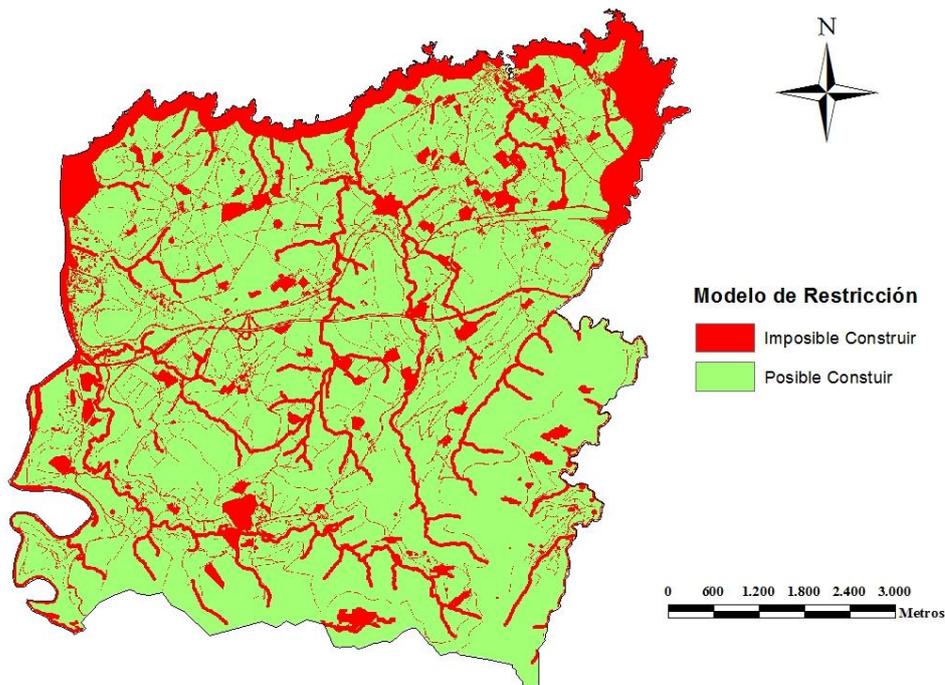


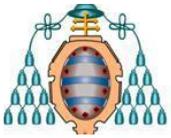
Figura 56: Modelo Final de Impacto

Algunas de estas zonas si podrían ser edificadas, expropiando o derribando elementos ya construidos. Para decidir si la restricción es parcial o absoluta habría que buscar zonas urbanizables con la combinación de los modelos de aptitud e impacto y estudiar la restricción de modo localizado.

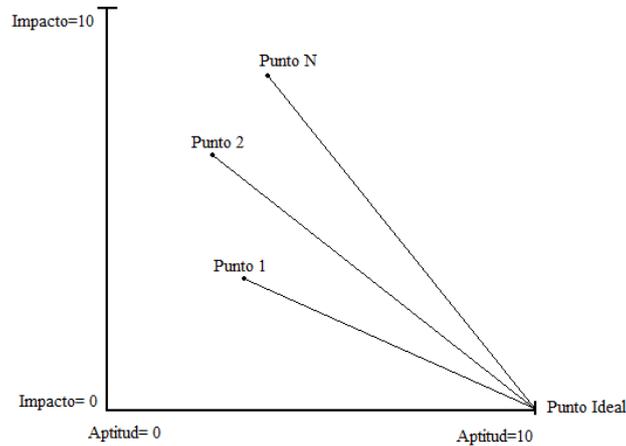
2.4.4: CAPACIDAD DE ACOGIDA

Una vez se han calculado los tres modelos principales que se utilizan en el cálculo de la capacidad de acogida del concejo de Navia, se ha procedido a combinarlos del modo adecuado.

En primer lugar se combinarán los modelos de aptitud e impacto, usándose para ello el método de la distancia al punto ideal. El método se basa en que cuanto mayor sea esta distancia, peor será la capacidad de acogida del punto.



Mediante dicho método se obtiene un modelo que busca obtener las mejores zonas, es decir, las que tienen un alto valor de aptitud y un bajo valor de impacto. Para ello se crea un gráfico en el que, en el eje de ordenadas se encuentre la aptitud y en el eje de abscisas, el impacto.



Estando ubicado en Impacto=0 y Aptitud=10, la distancia de cualquier punto de los modelos sería la siguiente:

$$\text{Modelo de Distancia Ideal} = \sqrt{(10 - M_{\text{Aptitud}})^2 + (M_{\text{Impacto}})^2}$$

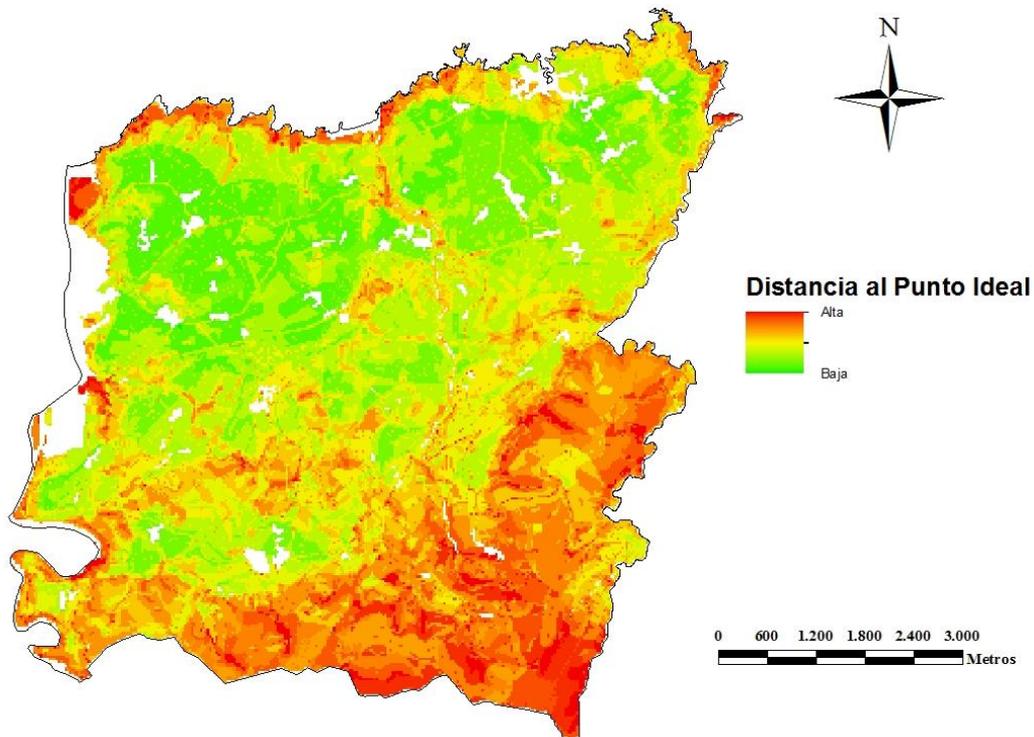
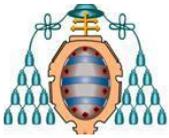


Figura 58: Modelo de Distancia al Punto Ideal



La capacidad de carga es inversamente proporcional a la distancia al punto ideal (es decir, que cuanto mayor sea la distancia al punto ideal, peor será la capacidad de acogida o de carga). Para crear un modelo que, con estos datos, represente dicho parámetro, se efectuará una reclasificación en cinco clases que asignará la peor capacidad de carga a la mayor distancia al punto ideal y viceversa.

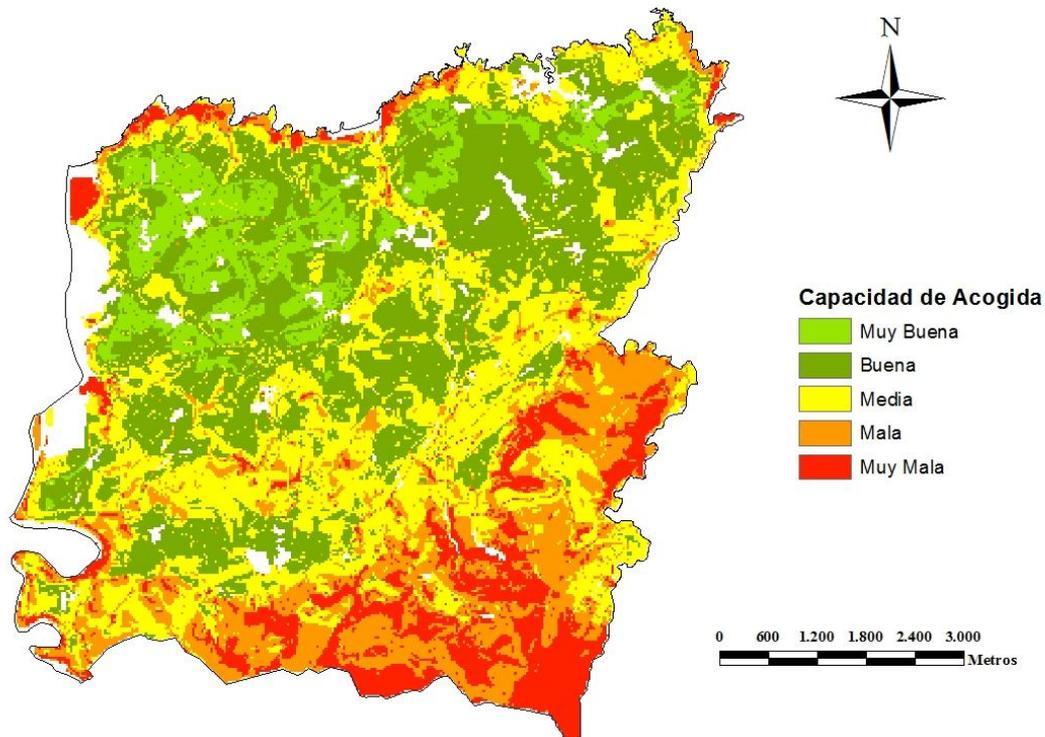
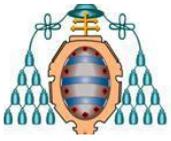


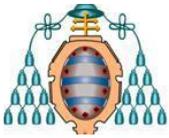
Figura 59: Capacidad de Acogida sin Zonas Restrictivas

El modelo final será el producto de multiplicar el modelo de aptitud e impacto combinados por el de restricción. Así, se guarda la información del modelo de acogida en las zonas no afectadas por la restricción, dejando estas con valor 0.

$$\text{Modelo Final} = M_{\text{Distancia Ideal}} \times M_{\text{Restricción}}$$



3. RESULTADOS



3.1: ZONAS URBANIZABLES

El resultado del estudio es un mapa del concejo de Navia con zonas clasificadas según su capacidad de acogida ambiental y urbanística.

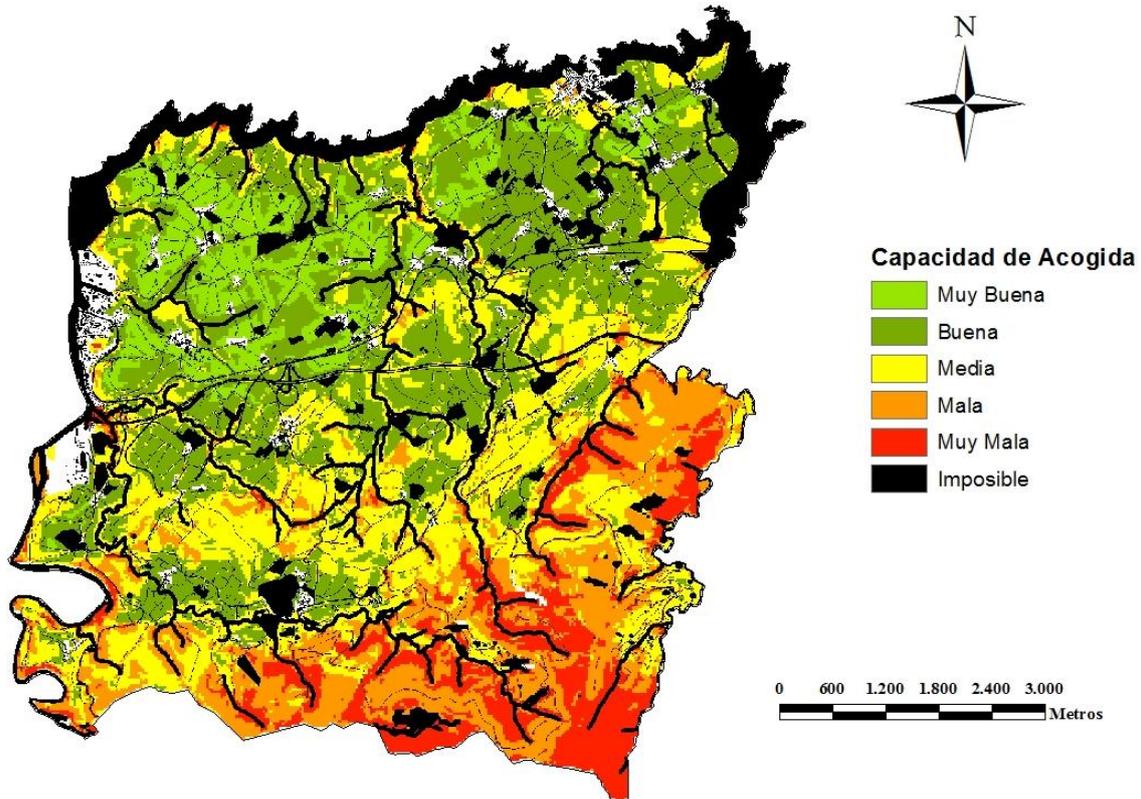
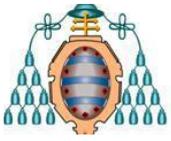


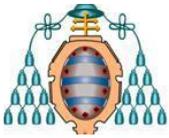
Figura 60: Capacidad de Acogida del Concejo de Navia

Se puede ver que hay cinco clases: Muy buena, buena, media, mala y muy mala, además de una zona perteneciente a los modelos restrictivos.

- Clase Muy Buena: Zona, a rasgos generales, con una vegetación poco importante (generalmente prados), a una altura relativamente baja, pocas especies habitando en ella y buena calidad del suelo
- Clase Buena: Zona entre calidad media y muy buena
- Clase Media: Zona con todas las características de media calidad o con alguna especialmente mala de modo aislado
- Clase Mala: Zona entre calidad media y muy mala
- Clase Muy Mala: Zona en la que confluyen todos los problemas que pueda haber para urbanizar el concejo de Navia (mal suelo, pendientes excesivas...)
- Clase Imposible: Zonas afectadas por el modelo de restricción.



4. CONCLUSIONES



4.1: CONCLUSIONES GENERALES

En el transcurso de la realización de este estudio, y una vez se han obtenido los resultados, se pueden extraer una serie de conclusiones.

En primer lugar, la importancia de realizar un buen Sistema de Información Geográfica. Pese a que en el estudio general sí que se ha tenido que salir al campo para la recogida de información, el uso de un SIG ha reducido más que considerablemente las horas dedicadas al cálculo e identificación en campo de parámetros utilizables en el estudio.

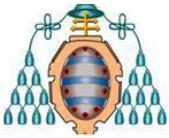
Sin embargo, no se debe olvidar que los Sistemas de Información Geográfica no son perfectos. Los resultados obtenidos no dejan de ser modelos simplificados de la realidad, atendiendo únicamente a los parámetros introducidos que, obviamente, no serán los únicos que influyan en la realidad. Además, los cálculos se efectúan mediante operaciones y fórmulas establecidas por convenio, con el error humano y numérico que conlleva.

Además, pese a ser una fase importante, útil y rápida del proyecto, no deja de ser un paso intermedio de un estudio bastante más grande que éste. En primer lugar, se ha tenido que recopilar toda la información legal, ambiental... y establecer el marco de trabajo de modo que todo el trabajo con el SIG sea asumible. Por otra parte, una vez se haya creado el modelo de capacidad de carga, se procederá a evaluar cada zona para elegir, atendiendo a los criterios expuestos, las zonas a urbanizar.

4.2: ANALIZANDO LOS RESULTADOS

Mediante la elaboración de un gran número de modelos intermedios y su posterior combinación en tres modelos (aptitud, impacto y restricción), finalmente se ha obtenido un modelo con la capacidad de carga o acogida urbanística para el concejo de Navia.

Centrándose en dicho modelo final, se puede apreciar que el concejo de Navia no es una mala zona para urbanizar en general. No hay muchas especies animales viviendo en



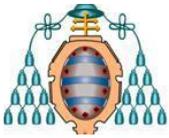
él, y la mayoría de ellas son muy poco vulnerables, ya que tienen un hábitat fuerte y consolidado.

Además, las especies vegetales del concejo son bastante habituales (pino marítimo, eucalipto...) o son prados, zarzales y helechales. Esto le da también un interés vegetal bastante bajo en gran parte del concejo.

A la hora de analizar los resultados, se pueden observar, a grandes rasgos, varias zonas diferenciadas.

- **Costa y zona de la ría de Navia:** Además de no ser urbanizables por zonas de elevada inundabilidad, protección costera y por estar ya urbanizadas en las pocas zonas sin estos problemas, tienen una baja capacidad de acogida al tener muchas especies animales protegidas y zonas de vegetación especialmente frágiles y raras.
- **Llanura próxima a la costa:** Es la zona con mejor capacidad de acogida de todas: la mayoría de la vegetación está formada por prados, zarzales..., las especies animales que la pueblan tienen escasa fragilidad (lobo, liebre...), las pendientes son casi nulas y está lo suficientemente cerca de todo. Quitando las zonas afectadas por el modelo restrictivo, es la zona ideal para urbanizar.
- **Zona intermedia entre la montaña y la llanura:** Tiene unas características intermedias entre ambas zonas. Por diversos factores, su capacidad de acogida tiene unos valores medios, con pequeños enclaves con buena capacidad de acogida especialmente al suroeste del concejo. Para urbanizar en ella tendría que estudiarse mucho cada caso particularmente y solucionar cada problema que surgiese, no siendo recomendable a rasgos generales.
- **Zona Montañosa:** Es la peor zona para urbanizar. A las elevadas pendientes se suman complejos de vegetación de especial interés, variedad faunística, alto riesgo de incendio...etc. Es una zona que queda descartada automáticamente.

Pese a haber resumido el concejo en distintas zonas de características similares, éstas cuentan con peculiaridades en cada zona. Además, varias zonas pueden tener una capacidad de acogida similar, pero por circunstancias muy distintas.

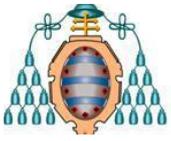


4.3: URBANIZAR NUEVAS ZONAS

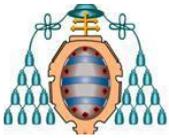
Como se ha expuesto, el uso de un Sistema de Información Geográfica es, aún siendo muy útil y permitiendo ahorrar tiempo y trabajo, un paso intermedio.

A la hora de urbanizar nuevas zonas, el procedimiento general será siempre el mismo. Sin embargo, cada caso tendrá sus propias particularidades.

El suelo urbano se sitúa normalmente adjunto a suelo urbano consolidado. En cada zona de suelo urbano que se posea, se estudiarían, usando de referencia el mapa creado mediante este estudio, las zonas con la capacidad de acogida más idónea. Pretendiendo edificar en las mejores zonas, siempre habría espacio para poder modificar alguna característica del terreno para hacer el suelo más apto. En cada caso se estudiaría el terreno en torno a donde se quiere edificar para estudiar todo tipo de singularidades, siempre tomando como base el modelo creado a partir de este estudio mediante GIS.



5. BIBLIOGRAFÍA



5.1: PUBLICACIONES CONSULTADAS

BARRIENTOS, M. 2008. **3D Analyst: Arctoolbox, guía rápida.**

GARCÍA, P. 2008. *Design Conservation Networks: ecological corridors through spatial models.* Naturalia Cantabricae 4:3-70. Asturias, España.

JIMÉNEZ OLIVIENZA, Y.; MORENO SÁNCHEZ, J.J. 2007. **Los SIG en el Análisis y el Diagnóstico del Paisaje. El Caso del Río Guadix.** Cuadernos Geográficos, 39 (2006-2), 103-123.

FELICÍSIMO, A. 1994. **Modelos Digitales del Terreno: Introducción y Aplicaciones en las Ciencias Ambientales.** Extremadura, España.

MANCEBO QUINTANA, S.; ORTEGA PÉREZ, E.; MARTÍN FERNÁNDEZ, L.; VALENTÍN CRIADO, A.C. 2009. **LibroSIG, aprendiendo a manejar la gestión ambiental, ejercicios.** Madrid, España.

VICENS FRANQUESA, LI.; ORDUÑA AZNAR, F. 2005. **Utilización de un SIG y Herramientas de Análisis Visual para la Determinación del Posible Impacto Ambiental Debido a la Implantación de un Parque Eólico en la Serra de L'Auleda.** Girona, España.

GALACHO JIMÉNEZ, F.B.; OCAÑA OCAÑA, C. **Tratamiento con SIG y Técnicas de Evaluación Multicriterio de la Capacidad de Acogida del Territorio para Usos Urbanísticos: Residenciales y Comerciales.** Málaga, España.

NARANJO PÉREZ, J.J. 2006. **Plan Territorial Especial de Ordenación de Campamentos de Turismo de la Isla de Tenerife. Tomo IV: Estudio de Capacidad de Carga.** Tenerife, Asturias.

NAJARRA I.G.A. 2003. **ATC: Urbanismo y Territorio. Anejo IV: Capacidad de Acogida.** Motril, Granada, Andalucía.

IRIGARAY FERNÁNDEZ, C.; CHACÓN MONTERO, J.; 2005. **Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un SIG en la cuenca vertiente al embalse de Rules.** Granada, Andalucía.