



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

**EVOLUCIÓN DEL MODELO DE EVALUACIÓN DEL
TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN
CASTILLA Y LEÓN.**

Autor:

Suárez Mingarro, Alberto

Tutor:

Pérez Blanco, Esteban

Ing.Mecánica

Valladolid, Julio 2015

Agradecimientos:

A mi familia, por estar siempre pendiente de mí y apoyarme.

A mis tutores, Esteban Pérez Blanco y Roberto Martínez-Alegría, por su confianza, esfuerzo y dedicación, sin los cuales este proyecto no hubiera sido posible.

A todos, muchas gracias.

ABSTRACT:

Dentro de las líneas de investigación en transporte de mercancías peligrosas por carretera para Castilla y León, hasta la fecha solamente existían modelos matemáticos que trabajaban cuantificando el riesgo de tránsito por un tramo de carretera. Este proyecto surge como una evolución que permita transformar los modelos de riesgo en un modelo de coste económico potencial.

El objetivo principal es la estimación del coste monetario asociado a un accidente en el que se transportaban mercancías peligrosas por carretera. Para conseguir esto se desarrolla un modelo práctico, que solo incluye los costes de tipo ambiental, posteriormente, este modelo se amplía a un modelo teórico que incluye también los costes de tipo material. Para ello se utilizaron los datos económicos de las tablas del proyecto de Valoración de los activos naturales de España, junto con los mapas de "Usos del Suelo" proporcionados por Protección Civil. Con el programa gvSIG, se construyó una base de datos que permitió recoger todos los datos de las variables del modelo práctico para ejecutarlo en este mismo programa.

Se realizó una simulación con 4 posibles accidentes puntuales en distintos puntos de la geografía de Castilla y León, con 3 zonas de influencia diferentes y para los 4 grupos de sustancias a transportar considerados. Las cifras de los resultados obtenidos se situaron entre los 8000 € y los 5.169.000 €

Finalmente se concluyó que los resultados obtenidos arrojaron cifras coherentes con el orden de magnitud previsible, dentro de las limitaciones existentes en referencia a los datos de partida y al software disponible.

Keywords:

Coste ambiental, gvSIG, modelo, VANE, mercancía peligrosa, *Buffer*.

ABSTRACT:

The subject field regarding the transportation of dangerous goods by road in Castile and León presented to date only mathematical models that quantified the transit risk in a given road stretch. This project came into being as a development of the risk model, adding to it a potential economic impact model.

The main objective is to produce an estimation of the monetary cost related to an accident in which dangerous goods were transported by road. To make this, it has been designed a first model including the environmental costs, which has been extended into a model which also includes material costs. The economical data shown in the templates of the project named "Valoración de activos naturales de España" (Evaluation of natural assets in Spain), along with the maps from "Usos del suelo" (Uses of soil) provided by Protección Civil, has been used for that. It has been developed a database using the tool of geographical information systems gvSIG, which allowed us to collect all the data from the variables of the practical model to start it and run it with this same program.

It was produced a simulation with 4 possible accidents in different spots of the geography of Castile and León, analysing 3 different areas of influence with a radius of 500, 800 and 3000 meters respectively, and for the 4 groups of substances to be transported that were took into account: hydrochloric acid, gasoil/gasoline, butane gas/propane gas and hypochlorite solution. The figures from the obtained results accounted for 8000 € in the area of lesser influence (500 meters) with the substances of the butane gas/propane gas and for 5.169.000€ in the case of the area of bigger influence (3000 meters) along with the substances of gasoil/gasoline.

Finally, it was concluded that the obtained results show figures that are coherent to the order of predictable magnitude, within the existing limitations regarding the starting data and the available software.

Keywords:

Environmental costs, gvSIG model, VANE, dangerous goods, *Buffer*.

Índice:

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	7
1.3. OBJETIVOS:	8
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	9
CAPÍTULO 2: MERCANCÍAS PELIGROSAS Y RIESGOS AMBIENTALES.	11
2.1. INTRODUCCIÓN	13
2.2. EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS	13
2.2.1. Mercancías Peligrosas.....	13
2.2.1.1. Definiciones	13
2.2.1.2. Clasificaciones.....	14
Clase 1.- Materias y objetos explosivos	16
Clase 3. Materias líquidas inflamables.....	20
Clase 4.1. Materias sólidas inflamables	22
Clase 4.2. Materias que pueden experimentar inflamación espontánea	23
Clase 4.3. Materias que al contacto con agua desprenden gases inflamables	24
Clase 5.1. Materias comburentes	25
Clase 5.2. Peróxidos orgánicos	25
Clase 6.1. Materias tóxicas	26
Clase 6.2. Materias infecciosas	28
Clase 7. Materias radiactivas	29
Clase 8. Materias corrosivas	29
Clase 9. Materias y objetos peligrosos diversos	30
Clase 10. Residuos Tóxicos y Peligrosos.....	31
2.2.2. El transporte	34
2.2.2.1. Comparativa de siniestralidad del transporte de mercancías y el de mercancías peligrosas	35
Transporte por Carretera.....	35
Transporte por ferrocarril.....	36
2.2.3. Producción, Consumo y recorridos en España	36
2.2.3.1. Recorridos medios y unidades de tráfico:.....	37

2.2.3.2. Localización de los centros más importantes de producción y consumo de materiales peligrosos en España	38
2.2.3.2.1. Refinerías y terminales de oleoductos	38
2.2.3.2.2.- Puertos.....	39
2.2.3.2.3- Industrias Petroquímicas y Nucleares	39
2.2.4. Marco Normativo y Recomendaciones Generales.....	39
2.2.4.1. Organismos	39
2.2.4.2. Normativa aplicable al transporte de mercancías peligrosas	40
2.2.4.3. Recomendaciones de la ONU para el transporte de mercancías peligrosas	44
2.2.5. Etiquetado y señalización de peligro	44
2.2.5.1. Etiquetas de peligro.....	44
2.2.5.2. Panel Naranja	53
2.2.5.3. Número de identificación de la materia. Número ONU	54
2.2.5.4. Número de identificación del peligro	55
2.3. LOS RIESGOS	56
2.3.1. Definiciones	56
2.3.2. Modelos conceptuales de riesgo	58
2.3.3. Análisis de riesgos	59
2.3.4. Peligros asociados a las mercancías peligrosas.....	60
2.4. DELIMITACIÓN ESPACIAL DEL RIESGO.....	61
CAPÍTULO 3: CONCEPTOS TEÓRICOS ASOCIADOS: MODELO INICIAL DE PARTIDA.	63
3.1. INTRODUCCIÓN.....	65
3.2. MODELO CONCEPTUAL.....	66
3.2.1. Probabilidad de Ocurrencia	67
3.2.2. Estimación de la gravedad	68
3.2.2.1. Peligrosidad del tipo de accidente o severidad (Pe).....	68
3.2.2.2. Peligrosidad intrínseca del producto (Rmp)	69
Formulación del Peligro intrínseco (Rmp):.....	70
3.2.2.3. Vulnerabilidad	71
3.1.3.4. Formulación de la gravedad	73
3.1.4. Determinación del riesgo.....	73
CAPÍTULO 4: PROYECTO VANE.	75
4.1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN.....	77
4.2. ANTECEDENTES AL PROYECTO VANE	77
4.3. EL PROYECTO VANE.....	80
4.3.1. El enfoque	81
4.3.2. La organización: el soporte científico-técnico	82

4.3.3. Activos y servicios considerados.....	82
4.3.4. Objetivos.....	87
4.3.5. Presentación y análisis de los resultados del proyecto del VANE.....	87
4.3.5.1 Producción de alimentos y materias primas.....	88
4.3.5.1.1. Producción de madera.....	88
4.3.5.1.2. Producción de leña.....	89
4.3.5.1.3. Producción de piñones.....	90
4.3.5.1.4. Producción de hongos.....	92
4.3.5.1.5. Producción agraria.....	93
4.3.5.1.6. Producción ganadera forestal.....	94
4.3.5.2. Provisión de agua.....	95
4.3.5.2.1. Provisión de agua para uso agrícola.....	95
4.3.5.2.2. Provisión de agua para uso industrial.....	97
4.3.5.2.3. Provisión de agua para uso doméstico.....	99
4.3.5.2.4. Provisión de agua para uso energético.....	100
4.3.5.3. Servicios recreativos.....	102
4.3.5.3.1. Servicio recreativo en costa (residentes).....	102
4.3.5.3.1. Servicio recreativo interior.....	102
4.3.5.4. Caza y pesca deportiva.....	104
4.3.5.4.1. Caza menor.....	104
4.3.5.4.2. Caza mayor.....	106
4.3.5.5. Control de la erosión.....	108
4.3.5.6. Tratamiento de vertidos.....	109
4.3.5.6.1. Tratamiento de vertidos por el agua continental.....	109
4.3.5.7. Captura de carbono.....	111
4.3.5.7.1. Captura de carbono por el arbolado forestal.....	111
4.3.5.7.2. Captura de carbono por el matorral.....	113
4.3.5.8. Conservación de la diversidad biológica.....	115

CAPÍTULO 5: DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA EVALUACIÓN DE COSTES AMBIENTALES ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS. 117

5.1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN.....	119
5.2. ELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE.....	119
5.3. CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	122
5.3.1. Ampliación de datos en la tabla de atributos de la capa “usos_00”.....	124
5.3.2. Creación de los mapas vectoriales para las variables ambientales.....	163
5.3.2.1. Producción de madera.....	164
5.3.2.2. Producción de leña.....	168
5.3.2.3. Producción de piñones.....	170
5.3.2.4. Producción de hongos.....	173

5.3.2.5. Mapa "Producción agraria" en formato vectorial	174
5.3.2.6. Mapa "Producción ganadera forestal" en formato vectorial	178
5.3.2.7. Mapa "Provisión de agua para uso agrícola" en formato vectorial	180
5.3.2.8. Mapa "Provisión de agua para uso industrial" en formato vectorial	182
5.3.2.9. Mapa "Provisión de agua para uso doméstico" en formato vectorial.....	184
5.3.2.10. Mapa "Provisión de agua para uso energético" en formato vectorial	187
5.3.2.11. Mapa "Servicio Recreativo Interior" en formato vectorial	189
5.3.2.12. Mapa "Caza Menor" en formato vectorial	191
5.3.2.13. Mapa "Caza Mayor" en formato vectorial.....	193
5.3.2.14. Mapa "Control de la erosión" en formato vectorial	195
5.3.2.15. Mapa "Tratamiento de vertidos en aguas continentales" en formato vectorial.....	197
5.3.2.16. Mapa "Captura de carbono por el arbolado" en formato vectorial	199
5.3.2.17. Mapa "Captura de carbono por el matorral" en formato vectorial.....	202
5.3.2.18. Mapa "Conservación de la diversidad biológica" en formato vectorial	204
5.3.3. Creación de mapas Ráster para cada una de las variables ambientales.....	209
5.3.3.1. Mapa "Producción de madera" en formato ráster.....	209
5.3.3.2. Mapa "Producción de leña" en formato ráster	213
5.3.3.3. Mapa "Producción de piñones" en formato ráster	214
5.3.3.4. Mapa "Producción de hongos" en formato ráster	215
5.3.3.5. Mapa "Producción agraria" en formato ráster.....	216
5.3.3.6. Mapa "Producción ganadera forestal" en formato ráster.....	217
5.3.3.7. Mapa "Provisión de agua para uso agrícola" en formato ráster	218
5.3.3.8. Mapa "Provisión de agua para uso industrial" en formato ráster	219
5.3.3.9. Mapa "Provisión de agua para uso doméstico" en formato ráster	220
5.3.3.10. Mapa "Provisión de agua para uso energético" en formato ráster.....	221
5.3.3.11. Mapa "Caza Menor" en formato ráster.....	222
5.3.3.12. Mapa "Caza Mayor" en formato ráster	223
5.3.3.13. Mapa "Control de la erosión" en formato ráster	224
5.3.3.14. Mapa "Tratamiento de vertidos en aguas continentales" en formato ráster	225
5.3.3.15. Mapa "Captura de carbono por el arbolado" en formato ráster.....	226
5.3.3.16. Mapa "Captura de carbono por el matorral" en formato ráster	227
5.3.3.17. Mapa "Conservación de la diversidad biológica" en formato ráster	228
5.4. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA ADICIONAL.....	229
5.4.1. Posibles factores a tener en cuenta.....	229
5.4.1.1. Tipología y estado de la vía de comunicaciones.....	229
5.4.1.2. Estación del año	229
5.4.1.3. Condiciones climatológicas	229
5.4.1.4. Provincias	230
5.4.1.5. Producto transportado.....	230
5.4.2. Adquisición de información relevante	231

5.4.2.1. Ámbito territorial	231
5.4.2.2. Información de partida	232
5.4.2.3. Cálculo de las condiciones climatológicas.....	243
5.4.3. Elección y descripción de las sustancias peligrosas a evaluar	244
5.5. MODELO PRÁCTICO	250
5.5.1. Introducción.....	250
5.5.2. Enunciado y desarrollo del modelo práctico	251
5.5.2.1. Lista de parámetros:	252
5.6. MODELO PRÁCTICO EN EL gvSIG. OBTENCIÓN DE LOS MAPAS DE COSTE	266
5.6.1. Implementación del modelo en gvSIG	267
5.6.1.1. Implementación mediante consola de comandos	268
5.6.1.2. Implementación mediante la calculadora de mapas de SEXTANTE	269
5.6.1.3. Implementación mediante el Modelizador	270
5.6.2. Obtención de los mapas de coste	273
5.6.2.1. Mapa Butano/Propano	273
5.6.2.2. Mapa Gasoil/Gasolina	276
5.6.2.3. Mapa Hipoclorito solución	277
5.6.2.4. Mapa Ácido clorhídrico	278
5.7. MODELO TEÓRICO. AMPLIACIÓN HASTA EL MODELO COMPLETO (DAÑOS MATERIALES)	279
5.7.1. Lista de parámetros:	280
CAPÍTULO 6: ZONAS DE INFLUENCIA, ANÁLISIS Y REALIZACIÓN DE CÁLCULOS. TOMA DE RESULTADOS.....	289
6.1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN.....	291
6.2. BUFFER O ZONA DE INFLUENCIA	291
6.2.1. Concepto.....	291
6.2.2. Zonas de influencia en otras Comunidades	292
6.2.3. Creación de Buffers	295
6.3. ESTIMACIÓN DE COSTES. CÁLCULOS BUFFER-SUSTANCIA TRANSPORTADA.....	300
6.3.1. Ejemplo del procedimiento para obtener el coste económico asociado a un accidente	302
6.3.2. Presentación de tablas de resultados. Costes ambientales.....	305
6.3.3. Presentación de gráficas de resultados. Costes ambientales	306
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES	309
7.1 INTRODUCCIÓN	311
7.2. CONCLUSIONES	311
7.3. FUTUROS DESARROLLOS	314

CAPÍTULO 8: ESTUDIO ECONÓMICO.....	317
8.1. INTRODUCCIÓN.....	319
8.2. COSTES DEL PROYECTO.....	319
8.2.1. Costes de personal.....	319
8.2.1.1. Horas anuales estimadas.....	319
8.2.1.2. Coste anual del ingeniero.....	320
8.2.1.3. Coste horario del ingeniero.....	320
8.2.1.4. Horas efectivas de trabajo en el proyecto.....	320
8.2.1.5. Coste total del ingeniero sobre el proyecto.....	321
8.2.2. Coste del material.....	321
8.2.2.1. Coste total de la inversión.....	321
8.2.2.2. Coste de amortización del equipo.....	321
8.2.2.3. Coste de material auxiliar.....	322
8.2.2.4. Coste total del proyecto.....	322
ÍNDICE DE TABLAS:.....	325
ÍNDICE DE FIGURAS:.....	331
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:.....	333
ÍNDICE DE MAPAS:.....	341
ÍNDICE DE ECUACIONES:.....	347
ÍNDICE DE ANEXOS:.....	349
BIBLIOGRAFÍA.....	351

Capítulo 1: Objetivos y justificación

1.1. Introducción

El concepto de riesgo está unido al hombre desde que tiene conciencia de sí mismo. Toda actividad, por elemental o simple que sea, puede desencadenar una serie de acontecimientos no deseables o incluso perjudiciales para el mismo individuo que está ejecutando dicha actividad.

Desde el comienzo de los tiempos, el hombre ha sido sensible a los riesgos que le amenazaban. A medida que avanzaba el grado de civilización y la calidad de vida, los riesgos también lo hacían, tanto en cantidad como en magnitud.

Durante gran parte de la historia, las catástrofes han sido explicadas como el resultado de la relación Hombre-Dios: o bien Dios era el único responsable de estos males, o bien el hombre era justamente castigado por sus afrentas. No obstante, aunque cambiase el culpable, el fundamento interpretativo del fenómeno era similar, y éste era el desconocimiento del mismo.

Estas actitudes podrían entenderse, en el caso de los desastres naturales, desde una óptica según la cual la ruptura en un sistema natural entra en el orden de la naturaleza, y ya que no se disponía de un modelo racional de funcionamiento e interpretación del mismo, se recurría a la metafísica deísta. Sin embargo, la ruptura de un sistema tecnológico es difícil de interpretar desde la perspectiva no racionalista. Es, por tanto necesario, en este caso, utilizar métodos de análisis basados en el conocimiento científico de los procesos que puedan dar lugar a dichas situaciones y en sus escenarios de ocurrencia.

Esta es la razón por la que los umbrales de 'Riesgo Aceptable' son considerablemente más bajos en el caso de los desastres tecnológicos que en el de los naturales, ya que estos últimos son percibidos por la sociedad como inevitables.

El proceso técnico del hombre, desde hace tiempo, ha superado su capacidad de dominio sobre el proceso desencadenado, éste es el llamado gran riesgo tecnológico al que nos ha llevado el progreso de la vida moderna. Desde la era industrial, el hombre se ha tenido que acostumbrar a convivir con dos experiencias de inédita amplitud, la de la muerte por accidente en la que no intervienen ni el azar del destino ni la violencia ejercida directamente por el hombre, y la del accidente industrial a gran escala que, al igual que los cataclismos naturales, puede afectar a una población que nada tiene que ver y al medio ambiente, pero con la novedad de que sus víctimas pueden estar

diferidas en el tiempo, como es el caso de alteraciones genéticas que dan lugar a malformaciones de nacimiento, o las contaminaciones de acuíferos y suelos que lo inhabilitan por largos períodos de tiempo para el desarrollo de los seres vivos, etc.

Frente al problema del riesgo y desde perspectivas de mantenimiento de la calidad de vida, caben dos posibles planteamientos: definir un nivel de aceptabilidad del riesgo, o aplicar un cálculo de costes-beneficios a las repercusiones del accidente, con el fin de adoptar medidas económicamente rentables. Ambos planteamientos se reducen a un cálculo de probabilidades, estimación de los efectos y de los costes correspondientes.

Desde la aparición de este gran riesgo tecnológico, la sociedad industrial ha ido desarrollando y aplicando medidas puntuales dirigidas a reducir los procesos con mayor siniestralidad y a paliar sus efectos, por ejemplo, el desarrollo de controles de calidad o los de higiene industrial. Sin embargo, el empleo de tecnologías y materiales cada vez más sofisticados, así como el incremento de complejidad horizontal y vertical de la economía industrial (horizontal asociada con el aumento de todas las actividades de servicios que soportan el proceso productivo, y vertical relacionada con la multiplicidad de pasos en la transformación y distribución de materiales hasta la obtención del producto final) ha dado lugar a que los desarrollos en medidas de seguridad empleadas hayan ido siempre por detrás del proceso tecnológico.

Por otra parte, se produce un aumento de siniestralidad que puede estar asociado al conocido como 'Síndrome Titanic o del riesgo de la seguridad' (Stahel, W. R., 1989), según el cual el proceso tecnológico en medidas de seguridad y su interpretación por el marketing para aumentar las ventas, conduce muchas veces a una compensación del progreso conseguido en seguridad por efecto de conductas más arriesgadas por parte del usuario; de cuyo ejemplo clásico es el hundimiento del Titanic, el cual podría haber estado a flote mucho tiempo si a su capitán no le hubieran dicho que era un buque insumergible.

Los grandes accidentes industriales acaecidos en el último tercio del siglo XX han dado lugar a un replanteamiento de la cultura de seguridad, enfocándose no sólo con la adopción de medidas puntuales de seguridad, sino a planteamientos integrales, proactivos y universalistas o ambientales, surgiendo de ahí las teorías del estudio de escenarios de riesgo comparados, las auditorías integrales de sistemas industriales, los análisis del ciclo de vida de los productos, los árboles de fallos, o los estudios de efectos o impacto sobre sistemas globales.

En esta línea, los riesgos alcanzan a las 5 fases de vida de cualquier producto industrial: diseño, producción, transporte, almacenamiento y eliminación. Y el problema de los riesgos ambientales está, en la mayoría de los casos, asociado al almacenamiento y transporte de materiales peligrosos. Así, los riesgos de contaminación ambiental son relativamente altos durante la fase de transporte de residuos (Brainard 1996), y la elección de cualquier método concreto de almacenamiento de residuos está muy condicionado por las distancias que es necesario recorrer (Parfitt, 1992). Los materiales peligrosos, entre los que se incluyen explosivos, gases, líquidos y sólidos inflamables, sustancias oxidantes, venenos y sustancias infecciosas, materiales radiactivos y corrosivos etc., pueden ser muy dañinos para el medio ambiente así como para la salud humana.

Es un hecho conocido que estos productos considerados como peligrosos resultan imprescindibles para la sociedad moderna. Es impensable el desarrollo de nuestra actual civilización sin dichos productos. Esto no significa que fuese imposible la vida sin ellos, pero es evidente que un mundo sin productos de los considerados peligrosos, y particularmente los productos químicos, sería desde luego muy distinto al que tenemos.

Indudablemente, la calidad de vida mejoraría en algunos aspectos, pues habría, por ejemplo, menos contaminación y menos peligro, pero, hablando en general, la desaparición de las mercancías peligrosas daría un balance negativo. Pensemos, por ejemplo, que ocurriría si no se produjese, transportase y usase cloro, barato y abundante, para purificar las aguas para la alimentación e higiene. Sin cloro, la proliferación de infecciones sería tal que originaría pestes y mortandades masivas como las que ha habido en otros siglos.

La Segunda Guerra Mundial puso de manifiesto, incluso de forma dramática, lo que los productos peligrosos han de significar en el futuro para bien, o para mal, de la Humanidad. Por una parte, la investigación ha producido gases muy tóxicos, explosivos químicos potentes, bombas atómicas o nucleares y otros agentes mortales de destrucción, cuyos terribles efectos ya ha conocido el mundo civilizado. Pero, por otra parte, ellos ayudan poderosamente a nuestro sustento al fabricar abonos artificiales y productos químicos que incrementan la cantidad y la calidad de los alimentos, así como su conservación y utilización; contribuyen a nuestro vestido, al proporcionar fibras artificiales destinadas a cubrir la creciente demanda de fibras vegetales y animales a las que, como el algodón y la seda, casi desplazan; favorecen nuestra salud, al suministrar medicamentos que, como las vitaminas y hormonas, salvan y prolongan la vida humana al combatir y alejar la enfermedad y, por último, hacen más fácil y agradable la

vida al facilitarnos materiales y productos de construcción, comunicación, transporte y de fabricación de los numerosos utensilios utilizados.

Evidentemente todos estos productos no solo hay que producirlos, hay además que distribuirlos, transportándolos como materias primas, productos intermedios y productos acabados.

El transporte de estas mercancías por tierra, mar o aire, es de gran interés en todo el mundo, ya que se incrementa el comercio mundial de productos químicos y otras mercancías. La movilización de estos productos entre los lugares de producción y los de consumo se efectúan a través de los diferentes modos de transporte, uno de ellos es el transporte por carretera. El desplazamiento de los vehículos por las vías puede presentar riesgos potenciales que pueden causar lesiones o la muerte a los que realizan la operación de movilización, a la población o daños al medio ambiente, con los respectivos costes ambientales, materiales y sociales asociados en caso de producirse tal accidente.

Esto lo prueba el hecho de que de los 162 grandes accidentes químicos catalogados por el CEMEC (Centre Europeen pour la Medecine des Catastrophes) en el siglo XX, 25 corresponden a siniestros de tráfico de mercancías peligrosas por carretera o ferrocarril que causaron la muerte a 397 personas, 216 de las cuales corresponden al accidente ocurrido en Tarragona en 1978, donde un camión que transportaba propileno se estrelló y generó una bola de fuego que alcanzó el camping de los Alfaques. Otros accidentes como el de Missisauga en Canadá en 1979, o el de Sommerville en USA en 1980, provocaron la evacuación de 220.000 y 23.000 personas respectivamente, por efecto de la contaminación atmosférica de cloro en el primero de los casos y tricloruro de fósforo en el segundo.

La población, en general, desconoce los peligros potenciales que posee el transporte de mercancías peligrosas. Cada vez que ocurre un accidente donde están implicadas este tipo de mercancías causando lesiones o no, muertes o la contaminación del medio ambiente, se solicitan reglamentos que garanticen la seguridad. Por esta razón, el transporte y las operaciones de carga y descarga de mercancías peligrosas deben reglamentarse para minimizar los riesgos y costes de estos accidentes.

A nivel internacional se ha prestado gran atención a las medidas específicas de control dirigidas a reducir los accidentes y mitigar sus consecuencias. Es así como estas medidas incluyen el cumplimiento de requisitos especiales para los vehículos de transporte, el envase, los embalajes, la identificación de las mercancías y el vehículo a través de

etiquetas o rótulos de advertencia, los documentos de transporte y fundamentalmente la capacitación del personal en lo relacionado con la responsabilidad en el manejo de este tipo de productos y su capacidad de respuesta a situaciones de emergencia.

Resumiendo, podemos interpretar que el desarrollo equilibrado del hombre como especie, debe estar íntimamente ligado al desarrollo en equilibrio con el medio donde habitamos. Y debido a lo ya comentado de la necesidad del empleo y por consiguiente del transporte de materias peligrosas, debemos tener un conocimiento del riesgo y coste económico ambiental que ello supone, creando herramientas que nos permitan evaluar los costes ambientales asociados a un accidente en el que se transporten mercancías peligrosas, que nos permita abordar medidas técnicas y/o reglas de reducción o minimización de dicho coste o de sus posibles impactos sobre el medio (refiriéndose al medio ambiental y a las infraestructuras construidas por la sociedad) y sus habitantes.

1.2. Justificación

Calcular costes significa desarrollar una estimación cuantitativa del nivel de daño económico (en nuestro caso en euros) causado por la actividad de transportar mercancías peligrosas por carretera, en lo que se refiere tanto a elementos ambientales como a bienes materiales, en términos de la magnitud del accidente y del impacto total sobre cada uno de los elementos afectados.

Los beneficios que se pueden obtener del análisis de riesgos y costes residen en la utilización de sus resultados como base de conocimiento de apoyo en la política de toma de decisiones de la gestión de dichos posibles impactos ambientales, ya que proporciona una visión más clara de potenciales problemas de contaminación en el área de estudio, así como identificar las zonas más críticas que deberán tener mayores prioridades a la hora de definir y dimensionar los medios y recursos de intervención y sobretodo el poseer una herramienta de cálculo precisa que nos permita evaluar el coste económico que puede llegar a producirse en caso de accidente en función de la ruta elegida y del tipo de materia transportada. Por otro lado, los resultados y conclusiones obtenidos de dichos análisis pueden incorporarse al proceso de planeamiento y ordenación del territorio, con objeto de reducir la exposición de los elementos vulnerables más frágiles.

Por todo ello, existe la necesidad de crear nuevos métodos de análisis y cálculo de costes económicos asociados, con características interesantes como la versatilidad, fácil manejo, etc. que nos permitan evolucionar y ser cada día más precisos en este campo.

1.3. Objetivos:

En el presente trabajo se tiene como objetivo principal analizar y estimar cual es el coste económico asociado a un posible accidente con un camión en el que se transporten mercancías peligrosas por carretera, centrandolo el desarrollo del estudio en la determinación del valor monetario en materia medioambiental para añadir posteriormente otros costes como podrían ser los relativos a los daños producidos sobre las infraestructuras, vehículos etc. es decir, costes materiales. En ningún momento se introducirán los costes derivados de potenciales víctimas del accidente, que ya han sido abordados en otros trabajos.

Se realiza este análisis, debido a que la gravedad de un accidente y la vulnerabilidad de cada uno de los medios naturales que se ven expuestos en cada caso, son parámetros fundamentales para estimar el valor de la cuantía económica a la que ascenderían los daños, en caso de accidente, en el transporte de mercancías peligrosas en diferentes ubicaciones del territorio nacional.

A partir de este objetivo principal, se pretenden cumplir otros objetivos secundarios que son:

- Búsqueda, valoración y selección de las herramientas adecuadas para desarrollar el proyecto: origen de los datos de coste y tipo de programa SIG. En el presente proyecto se construye una herramienta a través de un software de sistemas de información geográfica (el elegido es el software libre gvSIG), que nos permita calcular el impacto económico ambiental de un accidente puntual. El propio usuario puede elegir la extensión o área afectada por el accidente, siendo de esta manera una herramienta versátil que posteriormente pueda ser empleada en nuevos proyectos y tenga la posibilidad de mejorarse y pulirse progresivamente, de forma que finalmente se obtenga una aplicación potente y precisa que nos ayude en la toma de decisiones.

- Creación del modelo de estimación económica: Adecuación de las herramientas seleccionadas y desarrollo del modelo matemático práctico y teórico con sus variables asociadas.
- Realización y valoración de una serie de simulaciones de cálculo de coste ambiental para distintas posiciones potenciales de accidente. Presentación de los resultados

1.4. Descripción del proyecto

A continuación, describiremos en qué consistirá cada capítulo del presente trabajo:

En el Capítulo 1 (el que nos ocupa) se muestra una introducción al análisis de riesgos, en el que se ofrece una pequeña reseña histórica de la relación Hombre Riesgos y la importancia de la utilización de mercancías peligrosas. También se justifica la realización del presente proyecto y los objetivos que se pretenden obtener con el mismo.

En el Capítulo 2 se explica qué es una mercancía peligrosa, cómo y por donde se transporta, además de los riesgos que lleva asociada.

En el Capítulo 3 se presenta una introducción a los modelos y conceptos desarrollados en este ámbito con anterioridad y que van a ser utilizados como punto de partida en el presente trabajo, ofreciendo conceptos teóricos asociados a los mismos.

En el Capítulo 4 se expone y describe el Modelo VANE, explicando su origen, desarrollo y variables medioambientales existentes en el área geográfica de Castilla y León, del cual surge la idea para desarrollar el presente proyecto y crear los mapas de coste para diferentes variables ambientales.

En el Capítulo 5 se expone la elección de la herramienta software a emplear para realizar los cálculos necesarios, la metodología seguida para la creación de la base de datos imprescindible para desarrollar el resto del trabajo, información adicional de apoyo, el desarrollo del modelo práctico, la creación de los mapas de coste a través de gvSIG empleando dicho modelo práctico y por último el desarrollo del modelo teórico.

En el Capítulo 6 están recogida la información acerca del concepto de “*buffer*”, señalando los distintos criterios tomados en algunas comunidades

autónomas españolas y también como se crea un *buffer* asociado a partir de un mapa de carreteras. Se presentan por otro lado los cálculos puntuales para cada uno de ellos en función de la sustancia transportada y los resultados obtenidos, tanto en forma tabulada como en una gráfica comparativa para que los resultados sean más visuales y comprensibles.

En el Capítulo 7 se muestran las conclusiones a las que hemos llegado y los posibles desarrollos futuros a realizar.

En el Capítulo 8 se presenta un estudio económico donde están reflejados los costes totales derivados de la realización de este trabajo, desglosados en costes directos (personal y material) e indirectos.

Capítulo 2: Mercancías peligrosas y riesgos ambientales

2.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es el de introducir lo que podríamos llamar “sujeto activo” del estudio, es decir, el transporte de mercancías peligrosas; mientras que el “sujeto pasivo”, o elemento vulnerable, sería el medio geográfico por el que se lleva a cabo dicho transporte.

Se profundizará en el concepto de riesgo, así como en citar los diferentes métodos de análisis de riesgos existentes.

2.2. El transporte de mercancías peligrosas

El transporte de mercancías peligrosas implica numerosos campos: química, física, logística, normativa de materiales y de transporte, efectos sobre el medio...; por este motivo, la información aquí presentada solo pretende servir como base para la comprensión del desarrollo teórico y analítico del trabajo realizado.

2.2.1. Mercancías Peligrosas

2.2.1.1. Definiciones

A continuación se muestran algunas de las definiciones de mercancías peligrosas que dan ciertas organizaciones privadas y públicas, y que son:

- **INTEVET** (Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo). *“Es cualquier sustancia, compuesto o combinación de ambos, que sea inflamable, corrosivo, detonante, tóxico, radiactivo y/o infeccioso”*
- **NFPA** (Asociación Nacional de Protección contra incendios, organización civil de los Estados Unidos de Norteamérica). *“Sustancia (gas, líquido, sólido) capaz de causar daño a la persona, medio ambiente y/o propiedad”*
- **DOT** (Ministerio de transporte de los Estados Unidos de América). *“Son aquellos que poseen un riesgo para la salud y las seguridad del personal de operación o de emergencia, la ciudadanía y/ el ambiente, si no es apropiadamente controlado durante su manipulación,*

procesamiento, almacenamiento, fabricación, empaçado, transporte, uso y disposición final”

- **EPA** (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica). *“Cualquier material que cuando se descarga al medio ambiente, puede ser peligroso para la salud o el bienestar de la nación”*
- **OSHA** (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos de Norteamérica). *“Cualquier sustancia que produce daño físico o daño a la salud”*

Si unimos todos los aspectos parciales que contemplan estas definiciones, podemos decir que una *mercancía peligrosa* es “todo material dañino o perjudicial que, durante su fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, pueda generar o desprender polvos, humos, gases, vapores o fibras infecciosas, irritantes, inflamables, explosivos, corrosivos, asfixiantes, tóxicos, de otra naturaleza peligrosa o radiaciones ionizantes, en cantidades que tengan probabilidad de lesionar la salud de las personas que entren en contacto con ellas, o que puedan causar daños materiales a las instalaciones, vehículos o edificios y medio ambiente”.

2.2.1.2. Clasificaciones

El número de sustancias peligrosas es muy elevado, algunos manuales registran más de 12.000. En 1956, el Comité de Expertos de las Naciones Unidas en transporte de mercancías peligrosas, creado por el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (ECOSOC), presentó un informe que establecía las prescripciones mínimas aplicables al transporte de mercancías peligrosas en todas sus modalidades. Este informe, conocido como la “Recomendaciones de las Naciones Unidas (Libro Naranja)”, constituyó el marco legal al que podían adaptarse los reglamentos existentes y dentro del cual se los podía completar, siendo el propósito final la unificación mundial.

La edición del “Libro Naranja” de la ONU sobre Transporte de Mercancías Peligrosas (UN, 2011) tiene recogidas aproximadamente las 3.500 más importantes, desde el punto de vista de su peligrosidad y de la importancia socioeconómica de su producción y transporte.

En España, se transportan 1.866 productos peligrosos, lo que implica gran variedad de características, comportamientos y riesgos diferentes, dependiendo del material que se esté tratando.

La clasificación realizada por la reglamentación española TPC/TPF (Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril) (Gobierno de España, 2006) e internacional ADR/RID (Acuerdo Europeo sobre Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril) (CEE, 2013), sea la más empleada para el ordenamiento del transporte de mercancías peligrosas por superficie (carretera o ferrocarril):

Clase		Denominación	Ejemplos
1		Materias y objetos explosivos	Fuegos artificiales, municiones, cohetes, detonadores...
2		Gases	Propileno, etileno, butano, oxígeno, cloro, helio...
3		Líquidos inflamables	Tolueno, aguarrás, gasolina, pinturas, barnices...
4	4.1	Materias sólidas inflamables	Fósforo blanco, bario, calcio...
	4.2	Materias susceptibles de inflamación	
	4.3	Materias que, al contacto con el agua, desprenden gases inflamables	
5	5.1	Materias comburentes	Nitrato amónico, peróxido de hidrógeno...
	5.2	Peróxidos orgánicos	
6	6.1	Materias tóxicas	Nicotina, arsénico, productos biológicos...
	6.2	Materias infecciosas	
7		Materias radiactivas	Instrumentos médicos...
8		Materias corrosivas	Ácido sulfúrico, hipoclorito sódico
9		Materias peligrosas varias	Hielo seco, cosméticos...

Tabla 1- Clasificación del ADR/RID

A continuación se desarrolla de manera más detallada cada una de las clases:

Clase 1.- Materias y objetos explosivos

Dentro de esta clase figuran algunos de los productos más peligrosos. Incluyen no solo explosivos en sí, sino también sustancias, tales como algunas sales metálicas, que por sí mismas o en ciertas mezclas, o cuando están expuestas al calor, choque o fricción, pueden causar explosiones, generalmente seguidas de incendio. Algunas sustancias pueden convertirse en explosivas debido a cambios químicos en su estructura (auto-oxidación) sin causa alguna aparente. Su transporte, debido a sus características especiales, tiene una regulación especial.

Estas mercancías, además de estar reguladas por los reglamentos de ADR y RID deben cumplir aspectos relativos al transporte recogidos en el Reglamento de Explosivos.

Clasificación:

Se entiende por materias y objetos explosivos de la *clase 1* los siguientes:

- **Materias explosivas:** materias sólidas o líquidas (o mezclas de materias) que, por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que pueden ocasionar daños en su entorno.
- **Materias pirotécnicas:** materias o mezclas de materias destinadas a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno o una combinación de tales efectos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas auto-sostenidas no detonantes.
- **Objetos explosivos:** objetos que contengan una o varias materias explosivas y/o materias pirotécnicas.
- Materias y objetos no mencionados en los casos anteriores, fabricados con el fin de producir un efecto práctico por explosión o con fines pirotécnicos.
 1. Las materias y objetos explosivos de la *clase 1* deben incluirse en una división y en uno de los grupos de compatibilidad siguientes, y su código de clasificación está formado por el número de la división y la letra del grupo de incompatibilidad.

Las divisiones son las siguientes:

1.1	<i>Materias y objetos que presentan un riesgo de explosión en masa. Afecta de manera casi instantánea a toda la carga.</i>
1.2	<i>Materias y objetos que presentan un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa.</i>
1.3	<i>Materias y objetos que presentan un riesgo de incendio con ligero riesgo de efectos de llama, producción de onda expansiva o de proyección, o bien de ambas, pero sin riesgo de explosión en masa.</i>
1.4	<i>Materias y objetos que solo presentan un pequeño riesgo de explosión en caso de ignición o cebado durante el transporte. Los efectos se limitan esencialmente a los bultos y normalmente no dan lugar a la proyección de fragmentos de tamaño apreciable ni a grandes distancias. Un incendio exterior no debe implicar la explosión prácticamente instantánea de la casi totalidad del contenido de los bultos.</i>
1.5	<i>Materias muy poco sensibles que no supongan riesgo de explosión en masa, con una sensibilidad tal que, en condiciones normales de transporte, hay muy poca probabilidad de detonación o de paso de la combustión a la detonación.</i>
1.6	<i>Objetos extremadamente poco sensibles que no supongan riesgo de explosión en masa. Dichos objetos no contendrán más materias detonantes extremadamente poco sensibles y que presenten una probabilidad despreciable de encebamiento o de propagación accidental. El riesgo queda limitado a la explosión de un objeto único.</i>

Tabla 2- División de materias y objetos explosivos de clase 1

Los grupos de compatibilidad son los siguientes:

A	<i>Materia explosiva primaria.</i>
B	<i>Objeto que contenga una materia explosiva primaria y que tenga menos de dos dispositivos de seguridad eficaces.</i>
C	<i>Materia explosiva propulsora, u otra materia explosiva secundaria deflagrante u objeto que contenga dicha materia explosiva.</i>
D	<i>Materia explosiva secundaria detonante o pólvora negra, u objeto que contenga una materia secundaria detonante, en cualquier caso sin medios de detonación ni carga propulsora, u objeto que contenga una materia explosiva primaria y que tenga al menos dos dispositivos de seguridad eficaces.</i>
E	<i>Objeto que contenga una materia explosiva secundaria detonante, sin medios de cebado, con carga propulsora.</i>
F	<i>Objeto que contenga una materia explosiva secundaria detonante, con sus propios medios de cebado, con carga propulsora.</i>
G	<i>Materia pirotécnica u objeto que contenga una composición pirotécnica, o bien objeto que contenga a la vez una materia explosiva y una composición luminosa, incendiaria, lacrimógena o fumígena.</i>
H	<i>Objeto que contenga una materia explosiva y además fósforo blanco.</i>
J	<i>Objeto que contenga una materia explosiva y, además, un líquido o gel inflamables.</i>
K	<i>Objeto que contenga una materia explosiva y además un agente químico tóxico.</i>
L	<i>Materia explosiva u objeto que contenga una carga explosiva y presente además un riesgo particular y que exija el aislamiento de cada tipo.</i>
N	<i>Objetos que no contengan más materias detonantes extremadamente poco sensibles.</i>
S	<i>Materia u objeto embalado o concebido de forma que todo efecto peligroso debido a un funcionamiento accidental quede circunscrito al embalaje, a menos que éste haya quedado deteriorado por el fuego, en cuyo caso los efectos de la onda expansiva deben ser lo suficientemente reducidos para no entorpecer la lucha contra incendios ni otras medidas de emergencia en las inmediaciones del bulto.</i>

Tabla 3- Grupos de compatibilidad de materias y objetos explosivos de clase 1 y Clase 2.
Gases

Se consideran materias de la clase 2, las materias que a 50 °C, tengan una presión de vapor superior a 300 KPa (3 bares) o esté en estado gaseoso a 20 °C, a la presión normalizada de 101,3 KPa. Dentro de esta denominación entran muy variados tipos de productos que pueden presentar riesgos muy distintos. Los hay inflamables y no inflamables, tóxicos y no tóxicos o inflamables y tóxicos (a la vez). Otra familia importante por lo peligrosa son los químicamente inestables que pueden ser además tóxicos y no tóxicos.

Clasificación:

Las materias y objetos de la clase 2 se subdividen del modo siguiente:

- **Gases comprimidos:** gases cuya temperatura crítica sea inferior a 20 °C. Aire comprimido, nitrógeno comprimido, oxígeno comprimido, etc.
- **Gases licuados:** gases cuya temperatura crítica sea igual o superior a 20 °C. Cloro, amoníaco, propano, butano, etc.
- **Gases licuados refrigerados:** gases que, cuando son transportados, se encuentran parcialmente en estado líquido a causa de su baja temperatura. Neón líquido refrigerado.
- **Gases disueltos a presión:** gases que, cuando son transportados, se encuentran disueltos en un disolvente. Amoníaco en agua, acetileno en acetona, etc.
- Generadores aerosoles y recipientes de reducida capacidad que contengan gases. Cartuchos de gas a presión.
- Otros objetos que contengan un gas a presión.
- Gases no comprimidos no sometidos a disposiciones especiales.
- Recipientes vacíos y cisternas vacías.

Todos los gases quedan asignados a uno de los grupos siguientes en función de las propiedades peligrosas que presenten:

A

Asfixiante: gas no comburente, no inflamable y no tóxico que diluya o reemplace el oxígeno normalmente presente en la atmósfera.

O	<i>Comburente: pueden causar o favorecer más que el aire, en general mediante la aportación de oxígeno, la combustión de otras materias.</i>
F	<i>Inflamable: gas que a una temperatura de 20 °C y presión de 101,3 KPa, sea inflamable en mezclas de un 13% como máximo (volumen) con aire, o que tenga una banda de inflamabilidad con el aire de al menos 12 puntos de porcentaje, con independencia de su límite inferior de inflamabilidad</i>
T	<i>Tóxico: gas cuya CL₅₀ para la toxicidad aguda es inferior o igual a 5.000 mL/m³ (ppm).</i>
TF	<i>Tóxico, inflamable.</i>
TC	<i>Tóxico, corrosivo.</i>
TO	<i>Tóxico, comburente.</i>
TFC	<i>Tóxico, inflamable, corrosivo.</i>
TOC	<i>Tóxico, comburente, corrosivo.</i>

Tabla 4- Grupos de los gases

Clase 3. Materias líquidas inflamables

Vulgarmente se les denomina inflamables, altamente inflamables, espontáneamente inflamables en aire, etc. Para el caso de líquidos, su grado de peligrosidad es inversamente proporcional a su punto de inflamación (Flash Point), es decir, cuanto más bajo es el punto de inflamación, mayor es su peligrosidad.

Son generalmente líquidos que por efecto de una llama o por aumento de temperatura pueden arder. Gasolinas, gasóleos, aceites minerales, benceno, barnices, alcoholes, etc.

Esta definición se aplica a las materias y los objetos que contengan materias que:

1. Tengan un punto de fusión igual o inferior a 20 °C a una presión de 101,3 KPa.
2. Tengan, a 50 °C, una presión de vapor máxima de 300 KPa (3 bar) y no sean completamente gaseosos a 20 °C y a la presión normalizada de 101,3 KPa.

3. Tengan un punto de inflamación máximo de 61 °C.
4. Materias sólidas en estado fundido, cuyo punto de inflamación sea superior a 61 °C y que sean entregadas al transporte o transportadas en caliente a una temperatura igual o superior a su punto de inflamación.

Estas materias se subdividen del modo siguiente:

A	<i>Materias con un punto de inflamación inferior a 23 °C, no tóxicas, no corrosivas.</i>
B	<i>Materias con un punto de inflamación inferior a 23 °C, tóxicas.</i>
C	<i>Materias con un punto de inflamación inferior a 23 °C, corrosivas.</i>
D	<i>Materias con un punto de inflamación inferior a 23 °C, tóxicas y corrosivas, así como los objetos que contengan tales materias.</i>
E	<i>Materias con un punto de inflamación de 23 °C a 61 °C, valores límites comprendidos, que puedan presentar un grado menor de toxicidad o corrosividad.</i>
F	<i>Materias y preparados que sirvan de plaguicidas con un punto de inflamación inferior a 23 °C.</i>
G	<i>Materias con un punto de inflamación superior a 61 °C, transportadas o entregadas al transporte calientes a una temperatura igual o superior a su punto de inflamación.</i>
H	<i>Envases vacíos.</i>

Tabla 5- División de materias líquidas inflamables de clase 3

Clasificación, según su grado de peligrosidad:

Se clasifican, según su grado de peligrosidad, como sigue:

- a) **Materias muy peligrosas:** Materias líquidas inflamables con un punto de ebullición de 35 °C como máximo, y materias líquidas inflamables con un punto de inflamación inferior a 23 °C, que o bien son muy tóxicas o muy corrosivas, según los criterios de los reglamentos.
- b) **Materias peligrosas:** Materias líquidas inflamables que tengan un punto de inflamación inferior a los 23 °C y que no estén clasificadas en la letra a), con excepción de las materias del marginal 2301, 5° c) del ADR.
- c) **Materias que presentan un grado menor de peligrosidad:** Materias líquidas inflamables que tengan un punto de inflamación de 23 °C a

61 °C, comprendidos los valores límites, así como las materias del marginal 2301,5° c) del ADR.

Clase 4.1. Materias sólidas inflamables

También son materias inflamables en estado sólido las que son capaces de arder por efecto del calor, llamas abiertas o chispas. Bajo la acción del calor pueden formar mezclas explosivas de vapor y aire y, algunas, gases tóxicos. Pueden ser: madera, serrín, celulosa de madera, azufre, celuloide, compuestos de fósforo, etc. Están incluidas en esta clase:

- Las materias y objetos sólidos fácilmente inflamables y los que se inflaman bajo efecto de una proyección de chispas o que puedan causar un incendio por efecto de frotamiento.
- Las materias de reacción espontánea que puedan sufrir, a temperaturas normales o elevadas, una descomposición fuertemente exotérmica causada por contacto con impurezas.
- Las materias relacionadas con materias de reacción espontánea que se distinguen de estas últimas por tener un punto de descomposición exotérmica superior a 75°C, y que pueden experimentar una descomposición fuertemente exotérmica y pueden, en ciertos envases/embalajes, responder a los criterios relativos a las materias explosivas de la clase 1.
- Las materias explosivas que son humedecidas con suficiente agua o alcohol o que contienen suficiente plastificante para que sus propiedades explosivas queden neutralizadas.

Estas materias se subdividen del modo siguiente:

A	<i>Materias y objetos orgánicos inflamables sólidos.</i>
B	<i>Materias y objetos inorgánicos inflamables sólidos.</i>
C	<i>Materias explosivas en estado no explosivo.</i>
D	<i>Materias relacionadas con materias de reacción espontánea.</i>
E	<i>Materias de reacción espontánea que no requieren regulación de temperatura.</i>
F	<i>Materias de reacción espontánea que requieren regulación de temperatura.</i>

G	<i>Envases/embalajes vacíos.</i>
----------	----------------------------------

Tabla 6- División de materias sólidas inflamables de clase 4.1

Clasificación según su grado de peligrosidad:

Se clasifican atendiendo a su grado de peligrosidad en:

- a) Muy peligrosas.
- b) Peligrosas.
- c) Las que poseen un grado de peligrosidad menor.

Clase 4.2. Materias que pueden experimentar inflamación espontánea

En esta clase se incluyen:

- a) *Las materias que pueden experimentar inflamación espontánea (pirofóricas):* son materias, mezclas y disoluciones (líquidas o sólidas) que en contacto con el aire, incluso en pequeñas cantidades, se inflaman en período de 5 minutos.
- b) *Las materias que experimentan calentamiento espontáneo:* son materias, objetos, mezclas y disoluciones que al contacto con el aire, sin aportación de energía, son susceptibles de calentarse. Estas materias únicamente pueden inflamarse en apreciables cantidades (varios kilogramos) y después de un largo período de tiempo (varias horas o días).

Estas materias se subdividen del modo siguiente:

A	<i>Materias orgánicas espontáneamente inflamables.</i>
B	<i>Materias inorgánicas espontáneamente inflamables.</i>
C	<i>Combinaciones organometálicas espontáneamente inflamables.</i>
D	<i>Envases vacíos.</i>

Tabla 7- División de materias de clase 4.2

Según su grado de peligrosidad se clasifican en:

- a) Espontáneamente inflamables (pirofóricas).
- b) Que experimentan calentamiento espontáneo.
- c) Que experimentan poco calentamiento espontáneo.

Pueden ser sólidas pirofóricas orgánicas (n° ONU 2846), líquidas pirofóricas orgánicas (n° ONU 2845), combinaciones organometálicas y corrosivas, etc. Son: fósforo blanco, combinaciones de fósforo con ciertos metales (alcalinos o alcalinotérreos), tejidos grasientos o aceitosos, hidruros de litio, sodio y aluminio, etc.

Clase 4.3. Materias que al contacto con agua desprenden gases inflamables

Son sustancias que, por reacción con el agua, desprenden gases inflamables que pueden formar mezclas explosivas con el aire, así como los objetos que contienen materias de esta clase.

Pueden ser orgánicas, combinaciones organometálicas, materias en disolventes orgánicos, e inorgánicas.

Estas materias se subdividen del modo siguiente:

A	<i>Materias orgánicas, combinaciones organometálicas y materias en disolventes que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.</i>
B	<i>Materias inorgánicas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.</i>
C	<i>Objetos que contengan materias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.</i>
D	<i>Envases vacíos</i>

Tabla 8- División de materias de clase 4.3

Clasificación según su grado de peligrosidad:

Atendiendo a su peligrosidad se clasifican en:

1. Muy peligrosas.
2. Peligrosas
3. Que presentan un grado menor de peligrosidad.

Algunos ejemplos de este grupo son Clorosilanos, sodio, potasio, aleaciones de ellos, hidruros de metales, carburo de calcio, etc.

Clase 5.1. Materias comburentes

Las materias comburentes u oxidantes son las materias que, sin ser combustibles en sí mismas pueden por lo general al desprender oxígeno, provocar o favorecer la combustión de otras materias.

Estas materias se subdividen del modo siguiente:

A	<i>Materias comburentes líquidas y sus soluciones acuosas.</i>
B	<i>Materias comburentes sólidas y sus soluciones acuosas.</i>
C	<i>Envases vacíos.</i>

Tabla 9- División de materias comburentes de clase 5.1

Clasificación según su grado de peligrosidad:

Según su grado de peligrosidad se clasifican en:

- a) Materias muy comburentes.
- b) Materias comburentes.
- c) Materias poco comburentes.

Las materias más utilizadas son: peróxido de hidrógeno estabilizado o soluciones, ácido perclórico y sus sales, cloritos, hipocloritos, permanganatos, percarbonatos, etc.

Clase 5.2. Peróxidos orgánicos

La clase 5.2 se refiere a las materias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O- y pueden ser consideradas como derivados del Peróxido de hidrógeno, en el cual uno o dos de los átomos de hidrógeno son sustituidos por radicales orgánicos.

Son sustancias comburentes como las anteriores, pero que además, son combustibles y relativamente inestables, que pueden desprender oxígeno al descomponerse, lo que favorece considerablemente la combustión. De ahí su especial peligrosidad, pues por un lado son comburentes y por otro combustibles.

Se clasifican en siete tipos (desde tipo A hasta G) según el grado de peligrosidad que presenten. Algunos peróxidos orgánicos solo pueden transportarse en condiciones de regulación de temperatura, calculada a partir de la temperatura de descomposición auto acelerada (TDAA) de cada tipo de peróxido.

Clasificación:

Se pueden clasificar en dos grandes grupos atendiendo a su necesidad de regulación de temperatura en el transporte:

- Peróxidos orgánicos para los que no se requiere regulación de temperatura: van desde el n° ONU 3101 hasta 3110, sólidos o líquidos.
- Peróxidos orgánicos para los que se requiere regulación de temperatura: van desde el n° ONU 3111 hasta 3120, sólidos o líquidos.

Clase 6.1. Materias tóxicas

Son una enorme variedad de sustancias que, muchas veces, no tienen ni afinidades químicas ni características físicas comunes, y que solo presentan en común la característica de que son tóxicas para el ser humano, los animales y el medio ambiente. Son sustancias de las que por experiencia se sabe, o cabe admitir por ensayos sobre animales, en cantidades relativamente pequeñas y por una acción única o de corta duración, que pueden dañar la salud del ser humano o causar su muerte por inhalación, absorción cutánea o ingestión.

Además dentro de esta toxicidad, se distinguen por las vías de afección:

1. Tóxicos por inhalación.
2. Tóxicos por ingestión.
3. Tóxicos por absorción cutánea.

También pueden subdividirse en:

1. Polvos tóxicos.
2. Gases tóxicos.
3. Gases tóxicos sin olor.
4. Vapores y polvos nocivos.
5. Aquellos que desprenden gases tóxicos cuando están en contacto con agua, ácidos o bajo la influencia de otras sustancias.

Estas materias se subdividen del modo siguiente:

A	<i>Materias muy tóxicas por inhalación, con un punto de inflamación inferior a 23 °C.</i>
B	<i>Materias orgánicas con un punto de inflamación igual o superior a 23 °C, o materias orgánicas no inflamables.</i>
C	<i>Compuestos organometálicos y carbonilos.</i>
D	<i>Materias inorgánicas que, al contacto con el agua (al igual que con la humedad ambiental), con soluciones acuosas o con ácidos, puedan desprender gases tóxicos y otras materias tóxicas que reaccionan con el agua.</i>
E	<i>Las demás materias inorgánicas y las sales metálicas de las materias orgánicas.</i>
F	<i>Materias y preparaciones que se usen como plaguicidas.</i>
G	<i>Materias destinadas a laboratorios y a experimentación, así como a la fabricación de productos farmacéuticos, siempre y cuando no aparezcan enumeradas en otros apartados de esta clase.</i>
H	<i>Envases vacíos.</i>

Tabla 10- División de materias tóxicas de clase 6.1

Clasificación según su grado de peligrosidad:

Pueden ser atendiendo a su grado de peligrosidad:

- a) Materias muy tóxicas.
- b) Materias tóxicas.
- c) Materias que presenten un grado menor de toxicidad.

Como pueden ser el cianuro de hidrógeno estabilizado y disoluciones, carbonilos, hidrocarburos halogenados, mezclas antidetonantes para combustibles de motores, cianuros, nitruros, compuestos de arsénico compuestos de mercurio, etc.

La tabla adjunta aporta criterios de clasificación a partir de los valores de dosis letal (DL₅₀) y concentración letal (CL₅₀)

	Subdivisión en grupos en los apartados	Toxicidad por ingestión DL₅₀ (mg/kg)	Toxicidad por absorción cutánea DL₅₀ (mg/kg)	Toxicidad por Inhalación CL₅₀ Polvos y nieblas (mg/L)
Muy tóxicas	a)	≤ 5	≤ 40	≤0.5
Tóxicas	b)	> 5-50	> 40-200	> 0.5-2
Que presenten un menor grado de toxicidad	c)	Materias sólidas > 50-200	> 200-1000	> 2-10
		Materias líquidas > 50-500		

Tabla 11- Clasificación de las materias tóxicas según DL₅₀ y CL₅₀

Clase 6.2. Materias infecciosas

Abarca las materias de las que se sabe o de las que hay razones para creer que contienen agentes patógenos. Estos agentes se definen como microorganismos (incluidas las bacterias, los virus, los parásitos y los hongos) o como microorganismos recombinados (híbridos o mutantes), de los que se sabe o existen motivos para creer que provocan enfermedades infecciosas a los animales o a los seres humanos. Pueden ser piel, restos de animales, vísceras, preparaciones o cultivos de virus, bacterias, etc.

Estas materias se subdividen del modo siguiente:

A	<i>Materias infecciosas con un potencial de riesgo elevado</i>
B	<i>Otras materias infecciosas</i>
C	<i>Envases vacíos</i>

Tabla 12- División de materias infecciosas de clase 6.2

Clase 7. Materias radiactivas

Son sustancias que emiten partículas y radiaciones capaces de provocar daños en las células de tejidos. Incluyen los combustibles nucleares, isótopos radiactivos y todos los compuestos que contienen materiales radiactivos. Uranio, torio y en general todos los emisores de partículas y radiaciones nucleares.

Todas están incluidas en la clase 7, pero según las intensidades de radiación que emiten, y por tanto según los grados de blindaje de sus contenedores, se clasifican en tres categorías:

- 1) Categoría I, Blanca.
- 2) Categoría II, Amarilla.
- 3) Categoría III, Amarilla.

Clase 8. Materias corrosivas

Son materias que, por su acción química, dañan el tejido epitelial de la piel y las mucosas al entrar en contacto con ellas, o que, en caso de fuga, puedan originar daños a otras mercancías o a los medios de transporte, o destruirlos, pudiendo dar lugar a otros peligros. También se aplica a materias que solo producen un líquido corrosivo al entrar en contacto con el agua o que, con la humedad natural del aire, produzcan vapores o neblinas corrosivos.

El término corrosivo no determina un tipo específico de productos que posean ciertas características estructurales comunes, químicas o reactivas. Los hay líquidos, gases y sólidos. Algunos son ácidos, otras bases y sales corrosivas. La mayoría tienen carácter inorgánico, pero los hay también orgánicos.

Clasificación según su grado de peligrosidad:

Se clasifican atendiendo a su grado de corrosión en:

- a) Materias muy corrosivas.
- b) Materias corrosivas.
- c) Materias que presentan menor grado de corrosión.

Atendiendo a su carácter ácido, básico, etc. se clasifican:

- a) **Materias corrosivas ácidas:** son las sustancias corrosivas más importantes por el volumen de su producción y transporte en España. Existe gran variedad, pues hay ácidos inorgánicos: ácido sulfúrico, nítrico, clorhídrico, mezclas, sulfónicos, perclórico, fluorhídrico, etc. y ácidos orgánicos: acético, fórmico, haluros orgánicos, clorosilanos, etc.
- b) **Materias corrosivas básicas:** hidróxidos sódico y potásico, hipoclorito sódico, etc. Bases orgánicas: hidracinas, aminas alquílicas y acrílicas, poliaminas, etc. Las bases son extraordinariamente corrosivas.
- c) **Otras materias corrosivas:** los más importantes son disoluciones de Peróxido de Hidrógeno y soluciones de hipoclorito. Las disoluciones de peróxido de hidrógeno de menos del 60% son consideradas corrosivas y no de la clase 5.1. Las disoluciones de menos del 8% no se consideran materias peligrosas y no están afectadas por estas regulaciones. Las disoluciones de hipoclorito de menos del 16% de cloro activo pertenecen a esta clase. Las de menos del 5% de cloro activo no están afectadas por estas regulaciones.

Clase 9. Materias y objetos peligrosos diversos

Son materias y objetos que, a lo largo del transporte, supongan un peligro diferente de los que contemplan las restantes clases.

Se subdividen en:

A	<i>Materias que, inhaladas en forma de polvo fino, puedan poner en peligro la salud: son el amianto y sus mezclas, azul, marrón y blanco.</i>
B	<i>Materias y aparatos que, en casos de incendio, pueden formar dioxinas: son los denominados PCB y PCT, bifenilos y terfenilos policlorados y polihalogenados y sus mezclas (Las mezclas cuyo contenido de PCB o PCT no sobrepasen de 50 mg/kg, no están afectadas por estas regulaciones). Además los aparatos que contengan PCB o mezclas como transformadores, condensadores, aparatos hidráulicos que contengan ciertos tipos de aceites con piralenos o materias similares.</i>
C	<i>Materias que desprenden vapores inflamables: polímeros expansibles que contienen líquidos inflamables.</i>
D	<i>Pilas de litio.</i>
E	<i>Aparatos de salvamento: aquellos que contengan señales fumígenas u otras materias para hacer señales.</i>
F	<i>Materias peligrosas para el medio ambiente: son materias líquidas y sólidas contaminantes del medio ambiente acuático y soluciones que no estén clasificadas en las demás clases. Parafinas cloradas, pesticidas, etc. También</i>

	<i>son los organismos y microorganismos modificados genéticamente.</i>
G	<i>Materias transportadas a temperatura elevada.</i>
H	<i>Otras materias que presenten un riesgo durante el transporte pero que no se correspondan con las definiciones de ninguna otra clase.</i>
I	<i>Envases y embalajes vacíos.</i>

Tabla 13- División de materias y objetos peligrosos de clase 9

Clasificación según su grado de peligrosidad:

Según su grado de peligrosidad se clasifican en:

- a) Materias peligrosas
- b) Materias que comportan un peligro menor

Clase 10. Residuos Tóxicos y Peligrosos

Aunque a efectos de su transporte, los residuos tóxicos y peligrosos (RTP) puedan englobarse en alguna de las clases definidas anteriormente, y, por tanto, estar regulados por los reglamentos ADR y RID, debido a su especial regulación se incluyen aquí para asimilarlos a las clases de las mercancías peligrosas.

Los recipientes o envases que contengan residuos tóxicos y peligrosos deberán estar etiquetados de forma clara, legible e indeleble, al menos en la lengua oficial del Estado. En la etiqueta deberá figurar:

- a) El código de identificación del residuo.
- b) Nombre, dirección y teléfono del titular del residuo.
- c) Fechas de envasado.
- d) Naturaleza de los riesgos que presentan los residuos.

Las clasificaciones de RTP atienden a varias características:

- Tipos genéricos de RTP: aparecen 41 tipos de sólidos, líquidos, lodos, y gases comprimidos o licuados.
- Constituyentes que en función de las cantidades y forma de presentación del residuo le pueden dar un carácter tóxico y peligroso: aparecen desde C1 hasta C54 (no correlativos), que designan el o los componentes principales del residuo o las familias químicas a las que pueden asignarse.

- Clasificación por sus características. Al ser la clasificación más comparable a la de las mercancías peligrosas, es la que se incluye.

Las características y la denominación de los RTP son las siguientes:

H1	<i>Explosivos: sustancias y preparados que puedan explotar bajo el efecto de la llama o que son más sensibles a los choques o a las fricciones que el dinitrobenceno.</i>
H2	<i>Comburentes: sustancias y preparados que presenten reacciones altamente exotérmicas al entrar en contacto con otras sustancias, en particular sustancias inflamables.</i>
H3-A	<i>Fácilmente inflamables: sustancias y preparados que tengan un punto de inflamación inferior a 21 °C.</i>
H3-B	<i>Inflamables: sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación superior o igual a 21 °C e inferior o igual a 55 °C.</i>
H4	<i>Irritantes: sustancias y preparados no corrosivos que puedan causar reacción inflamatoria por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas.</i>
H5	<i>Nocivos: sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan entrañar riesgos de gravedad limitada para la salud.</i>
H6	<i>Tóxicos: sustancias y preparados (incluidos los preparados y sustancias muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos, incluso la muerte.</i>
H7	<i>Carcinógenos: sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.</i>
H8	<i>Corrosivos: sustancias y preparados que puedan destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.</i>
H9	<i>Infecciosos: materias que contienen microorganismos viables o sus toxinas, de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos.</i>
H10	<i>Tóxicos para la reproducción: sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan inducir malformaciones congénitas no hereditarias o aumentar su frecuencia.</i>
H11	<i>Mutagénicos: sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.</i>
H12	<i>Sustancias o preparados que emiten gases tóxicos o muy tóxicos al entrar en contacto con el aire, con el agua o con un ácido.</i>

H13	<i>Materias susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera, por ejemplo lixiviado, que posea alguna de las características enumeradas anteriormente.</i>
H14	<i>Peligrosos para el medio ambiente: sustancias y preparados que presenten o puedan presentar riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente.</i>

Tabla 14- Características y denominación de los RTP

El Reglamento de Residuos Tóxicos y Peligrosos establece una serie de requisitos en lo referente al traslado, independientemente de lo dispuesto en la normativa de transporte de mercancías peligrosas, es decir, aumentan las condiciones requeridas para su traslado además de las contempladas en el ADR y RID.

La clasificación anterior sólo tiene carácter orientativo de la composición química del producto, y es demasiado generalista en cuanto a las propiedades de riesgo de dichos productos, además de agrupar materiales con comportamientos heterogéneos. Por ello, emplearla como base para un análisis de riesgos puede dirigirnos hacia errores de importancia.

Otra clasificación de interés es la que se encuentra en la “Guía Norteamericana de Respuesta en Caso de Emergencia”(CANUTEC, 2012), que clasifica las 3.500 mercancías peligrosas contenidas en el “Libro Naranja” de la ONU en 62 grupos, a los que denomina *números guía* de intervención, y que constituyen, de alguna manera, una clasificación según comportamientos homogéneos.

Esta clasificación está desarrollada conjuntamente por los Departamentos de Transporte de Estados Unidos y Canadá y el Secretariado de Comunicaciones y Transportes de Méjico, y es una guía concebida como de respuesta inicial para los servicios actuantes, contemplando la identificación a partir del número ONU de los peligros asociados a la mercancía en cuestión. También define las distancias de aislamiento y control a partir del conocimiento empírico y con carácter conservador.

Esta guía se actualiza cada tres años, con el fin de adecuarse a los nuevos materiales y tecnologías.

En la misma línea de esta clasificación está la “Guía de Primera Intervención para el Transporte de Mercancías Peligrosas” elaborada por la Dirección General de Protección Civil, que fundamentalmente identifica a los

productos a partir del *número ONU*, y se concentra principalmente en los medios y tipos de intervención contra cada uno de los productos.

2.2.2. El transporte

El transporte de mercancías peligrosas se produce cuando es necesario el desplazamiento de cualquiera de estos productos de un punto geográfico a otro. Este transporte es especialmente problemático, ya que se relacionan directamente los problemas medioambientales que pueda generar, con la salud de la población, además, está sometido a todas las vicisitudes que rodean al tráfico aéreo, marítimo o terrestre, sea por carretera o por vía férrea.

El transporte de mercancías peligrosas ha ido evolucionando de la mano del transporte en general a lo largo de la historia, pero es a partir de la revolución industrial cuando las cantidades, tanto producidas como transportadas, han aumentado de forma exponencial y, por lo tanto, también el peligro que supone dicho transporte; sin embargo, los conceptos implícitos de riesgo siguen siendo los mismos.

La desigual distribución de los yacimientos fósiles a lo largo del planeta, y el abaratamiento de los costes del transporte, provocan que haya un intensísimo flujo de estas materias primas por todo el mundo. Sobre el 44% del petróleo, el 14% del gas y el 11% del carbón son objeto de transacciones internacionales.

Los tipos de transporte de mercancías peligrosas empleados más comúnmente son: transportes terrestres por carretera y ferrocarril para la distribución zonal y capilar; los fletes marítimos para la distribución a granel y a grandes distancias, y concentrado principalmente en el abastecimiento de productos petrolíferos desde los yacimientos a los centros de refino; y los transportes aéreos, que están mucho más limitados a cantidades menores que demandan una mayor rapidez en la distribución de productos a grandes distancias, o a transportes militares.

En el presente trabajo, en relación al tipo de transporte de mercancías peligrosas, nos subscribiremos al transporte por carretera en el ámbito geográfico de Castilla y León.

2.2.2.1. Comparativa de siniestralidad del transporte de mercancías y el de mercancías peligrosas

Para la obtención de los datos se han consultado los boletines, anuarios estadísticos o informes de las siguientes unidades administrativas:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Dirección General de Tráfico y la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, del Ministerio del Interior.
- Subdirección General de Estadística y Estudios y fuentes propias del Gabinete de Ordenación y Coordinación del Transporte de Mercancías Peligrosas, del Ministerio de Fomento.

Es de resaltar que en el transporte de mercancías peligrosas, la mayoría de los accidentes son debidos a factores humanos o fallos mecánicos del vehículo o convoy, siendo en pocas ocasiones debido a fallos en los embalajes de las mercancías transportadas.

Además, en los accidentes con víctimas en el transporte terrestre, el porcentaje de éstas debidas a las mercancías peligrosas transportada oscila entre el 3% y el 7 %, siendo el resto de las víctimas debidas al accidente en sí.

La exigencia de capacitación profesional de los conductores de vehículos para el transporte de mercancías peligrosas, la observancia en el cumplimiento de los tiempos de descanso y demás normas más restrictivas a las que se someten: las restricciones al tráfico en determinados horarios y por determinadas vías, así como las condiciones que se imponen a los vehículos de este transporte, tanto en su construcción como en las inspecciones, han influido sin duda alguna en buena parte en los resultados tan favorables en cuanto a siniestralidad del transporte terrestre de mercancías peligrosas se refiere.

Transporte por Carretera

Como se puede observar, tanto el número de mercancías como el de mercancías peligrosas transportadas por carretera se incrementa cada año, mientras que el número de accidentes con víctimas no presenta una clara tendencia ni en el número total de accidentes con víctimas en carretera, ni en el transporte de mercancías en general ni en el transporte de mercancías peligrosas. (Secretaría General de Transportes, 2011).

Transporte por ferrocarril

Por el contrario, en el transporte por ferrocarril, tanto el número de mercancías como el de mercancías peligrosas transportadas, aunque en cifras absolutas, sufre pocas variaciones de año en año, no presenta una clara tendencia, mientras que en el número de accidentes en el transporte de mercancías se observa una tendencia regresiva que no se presenta en el transporte de mercancías peligrosas.

Es de destacar que el número de accidentes por millón de toneladas en el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril es más elevado, en general, que en el resto de mercancías y presenta una tendencia ascendente, mientras que para las mercancías en general la tendencia es descendente (Secretaría General de Transportes, 2011).

2.2.3. Producción, Consumo y recorridos en España

En este apartado solo se pretende realizar una primera aproximación a los órdenes de magnitud de los volúmenes de mercancías peligrosas producidos, consumidos y transportados en España, sin ser una un análisis desglosado ni una estimación detallada. La información ha sido extraída fundamentalmente de los datos recogidos y elaborados por el ministerio de fomento en el “estudio comparativo de la siniestralidad en el transporte terrestre de mercancías peligrosas” (Secretaría General de Transportes, 2011). Según la fuente citada, mientras que en el año 2000 se transportaban sobre 88,9 millones de toneladas en 2010 la cantidad transportada media en España de mercancía peligrosa era alrededor de 213,6 millones de toneladas. Hablamos de consumo aparente y no de consumo real, ya que los problemas de *stocks* pueden des configurar mucho los datos.

Debido a la importancia de los productos energéticos derivados del petróleo, las ocho provincias de la península que cuentan con refinerías de petróleo, que son A Coruña, Vizcaya, Huelva, Ciudad Real, Murcia, Cádiz, Castellón y Tarragona, producían el 88,5% de los 65 millones de 1.979. Si a éstas les añadimos Barcelona y Santander, con importantes sectores químicos, reúnen entre las diez el 92% del total, quedando para las 40 provincias restantes el 8% de la producción. Por lo tanto, podemos constatar que *en nuestro país la producción está muy concentrada.*

De todos los productos, solo tres de ellos, los combustibles líquidos (fueles, gasóleos y gasolinas), representan aproximadamente un 80% del total de productos peligrosos transportados, relación que se mantiene actualmente.

A finales de los años setenta, en relación a la distribución del transporte por superficie, la participación de la carretera y el ferrocarril era del 50% para cada uno, aproximadamente. A partir de ahí, la carretera empezó a tomar mucha más fuerza, y en los años 1.983/84, la proporción era bastante diferente: carretera el 90% y ferrocarril el 10% aproximadamente. Posteriormente, el ferrocarril recuperó parte de la cuota de mercado perdida hasta situarse en un 25% del transporte de mercancías peligrosas por superficie.

Posiblemente existan diferentes razones para explicar el porqué de la disminución del transporte de mercancías peligrosas mediante el ferrocarril en la primera mitad de la década de los 80; pero, seguramente, una parte importante de dicho descenso fue debida al incremento del transporte por tubería en nuestro país, asociado al desarrollo del Plan Energético Nacional (PEN), particularmente en el caso de los combustibles de la Clase 3 del ADR, y también, por la sustitución de los mismos por combustibles gaseosos, consecuencia de las variaciones del mercado. De un modo especial, por el gas natural, transportado mediante gasoductos que se están desarrollando a un gran ritmo. Además, el aumento del consumo del gas natural provoca la disminución de consumo, y por tanto, de transporte de los GLP's (Gases Licuados del Petróleo), principalmente del butano y propano.

El posterior "renacer" del ferrocarril fue debido a la toma de una serie de medidas, fundamentalmente de mejora del servicio, formación, mentalización de su personal y desarrollo comercial, aunque sin llegar a alcanzar la importancia anterior a la crisis energética de los setenta.

Generalmente, la siniestralidad del transporte por ferrocarril es bastante menor al transporte por carretera; sin embargo, debido a la mayor cantidad de producto transportado por unidad de transporte, un accidente ferroviario será normalmente más grave que uno por carretera.

2.2.3.1. Recorridos medios y unidades de tráfico:

Con los datos de que se dispone, y teniendo en cuenta que se han excluido los de los transportes interiores y zonales, además de la

distribución, el reparto y el transporte capilar, los recorridos medios aproximados correspondientes al transporte interzonal son:

- Por carretera: 180 km.
- Por ferrocarril: 220 km.

Evidentemente, si considerásemos los transportes realizados dentro de las respectivas áreas interzonales, los recorridos medios serían mucho mayores.

Las toneladas de mercancías peligrosas transportadas por kilómetro recorrido en España son:

- Por carretera: 11,7 millones de toneladas por kilómetro.
- Por ferrocarril: 47,5 millones de toneladas por kilómetro.

Aquí observamos que, en toneladas por kilómetro, el transporte de mercancías peligrosas es mayor por ferrocarril, que por carretera, debido a los grandes volúmenes transportados.

2.2.3.2. Localización de los centros más importantes de producción y consumo de materiales peligrosos en España

Para visualizar mejor las principales rutas de transporte de mercancías peligrosas, podemos partir de la ubicación de las principales refinerías de petróleo, de los complejos químicos y petroquímicos, de las centrales nucleares y de los centros de recepción y consumos más importantes de nuestro país. Concretamente, los núcleos más significativos de producción y/o recepción son los siguientes:

2.2.3.2.1. Refinerías y terminales de oleoductos

Las refinerías españolas más importantes se encuentran en Huelva, Cartagena, Algeciras, Castellón, Somorrostro, Tarragona, A Coruña, Puertollano y Santa Cruz de Tenerife. Por otro lado, las terminales de oleoducto más importantes de España están ubicadas en Málaga, Rota, Puertollano, Almodóvar, Loeches, Villaverde, Barajas, Zaragoza, Ayoluengo y Quintanilla.

2.2.3.2.2.- Puertos

Los puertos españoles que más se utilizan para el transporte de mercancías peligrosas son los siguientes: Huelva, Bahía de Cádiz, Algeciras, Málaga, Cartagena, Valencia, Castellón, Tarragona, Barcelona, Bilbao, Santander, Gijón-Musel, Avilés, A Coruña, Santa Cruz de Tenerife y Puerto de la Luz (Las Palmas).

2.2.3.2.3- Industrias Petroquímicas y Nucleares

Las industrias químicas y petroquímicas con mayor importancia dentro del Estado español están situadas en Huelva, Algeciras, Cartagena, Castellón, Tarragona, Martorell, Bilbao, Torrelavega y Sabiñánigo. También consideramos las centrales nucleares de Ascó, Vandellós, Santa María de Garoña, José Cabrera (actualmente en proceso de desmantelamiento), Cofrentes, Trillo y Almaraz. Además se deben considerar otras instalaciones como la Empresa Nacional del Uranio situada en Juzbado (Salamanca) y la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos en el Cabril (Córdoba), para el transporte de productos de la clase 7.

2.2.4. Marco Normativo y Recomendaciones Generales

El marco normativo existente relacionado con el transporte de mercancías peligrosas, trata los diferentes tipos de transporte: aéreo, marítimo, ferroviario y por carretera; además de normas específicas para el transporte de materiales radioactivos.

En el presente apartado, debido a que este estudio se centra en el transporte por carretera, obviaremos las normativas específicas que no correspondan a este tipo de transporte, pero manteniendo sin embargo las de carácter general.

2.2.4.1. Organismos

Los organismos internacionales principales que han dictado normas de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas, son:

- **ONU** (Organización de las Naciones Unidas).
- **ISO** (Iso Standards Organization): es una organización internacional que trata de uniformar normas, entre las cuales se encuentran las de Transporte y Seguridad.

- **IAEA (International Atomic Energy Agency):** regula las materias nucleares.
- **ADR (Agreement for the International Carriage of Dangerous Goods by Road):** Acuerdo Europeo para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.

Aunque carecen de validez legal fuera de su país, son muy utilizadas las regulaciones y normas desarrolladas por dos prestigiosas instituciones norteamericanas:

- **NFPA (National Fire Protection Association):** elaboran y actualizan los “NFPA Codes”, que son la base de la mayoría de los códigos tanto nacionales como internacionales en materia de fuegos, prevención de incendios, materiales de lucha contra incendios,...
- **ANSI (American National Standards Institute):** entre otras, elabora normas de seguridad de diversos contenidos: almacenamiento, transporte, diseño....

Otro organismo, cuyo prestigio en algunos aspectos del transporte de mercancías peligrosas sigue aumentando, es el **CEFIC (Conseil Europeen des Federations de l'Industrie Chimique)**, el cual tiene sede en Zúrich, y agrupa las asociaciones de empresas de productos químicos de los países europeos más importantes, entre los que se halla España.

Entre los diferentes trabajos del CEFIC, destacan las **TREMCARDS (Transport Emergency Cards)**, que son unas fichas con recomendaciones de seguridad, que aconsejan e informan para situaciones de emergencia en el transporte de los principales productos químicos peligrosos.

2.2.4.2. Normativa aplicable al transporte de mercancías peligrosas

La mayoría de las disposiciones de los acuerdos internacionales se han ido incorporando, salvo algunas excepciones, a los reglamentos nacionales para el transporte interior, y, en consecuencia, los requisitos de transporte, nacionales e internacionales, por carretera, ferrocarril y vías navegables interiores han alcanzado una considerable aceptación a nivel internacional.

Como ya hemos señalado anteriormente, vamos a considerar únicamente la normativa asociada al transporte de mercancías peligrosas

por carretera. Este es el método más usual y voluminoso en nuestro país, excluyendo el transporte de crudo y productos petrolíferos, el cual se realiza por mar y tubería.

Tanto el transporte nacional como el internacional, se rigen por el Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), con sede en Ginebra. Este Acuerdo tiene como misión regular las condiciones del transporte de materias y objetos considerados como peligrosos. Nacido en el seno de la Comisión Económica de las Naciones Unidas el 30 de septiembre de 1957, engloba un gran número de países dentro del ámbito europeo.

España se adhirió a este Acuerdo el 22 de febrero de 1972 y las regulaciones fueron aprobadas por nuestro país y publicadas en el B.O.E. de 9/7/73. Posteriormente volvieron a ser publicadas nuevas versiones del ADR. La última entró en vigor el 1 de enero de 2011 y consta de los Anexos A (Disposiciones relativas a las materias y objetos peligrosos) y B (Disposiciones relativas al material de transporte y al transporte)(UNECE, 2011).

Para el transporte por carretera en la unión Europea, se aplica la siguiente normativa específica de emergencias:

- Directiva 95/50/CE del Consejo, de 6 de octubre de 1995, relativa a procedimientos uniformes de control del transporte de mercancías peligrosas por carretera.
- Directiva 94/55/CE del Consejo, de 21 de noviembre de 1994, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros con respecto al transporte de mercancías peligrosas por carretera. Diario Oficial nº L 319 de 12/12/1994. Modificaciones:
- Directiva 96/86/CE de la Comisión, de 13 de diciembre de 1996, para la adaptación al progreso técnico de la Directiva 94/55/CE del Consejo sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros con respecto al transporte de mercancías peligrosas por carretera (Texto pertinente a los fines del EEE). Diario Oficial nº L 335 de 24/12/1996, págs. 0043 y 0044.
- Directiva 1999/47/CE de la Comisión, de 21 de mayo de 1999, por la que se adapta por segunda vez al progreso técnico la Directiva 94/55/CE del Consejo sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros con respecto al transporte de mercancías peligrosas por carretera (Texto pertinente a los fines del EEE). Diario Oficial nº L 169 de 05/07/1999, pág. 0001 - 0058.

- **Directiva 2000/61/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 10 de octubre de 2000, por la que se modifica la Directiva 94/55/CE del Consejo sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros con respecto al transporte de mercancías peligrosas por carretera. Diario Oficial nº L 279 de 01/11/2000, pág. 0040 - 0043.**
- **Directiva 2001/7/CE de la Comisión, de 29 de enero de 2001, por la que se adapta por tercera vez al progreso técnico la Directiva 94/55/CE del Consejo sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros con respecto al transporte de mercancías peligrosas por carretera (Texto pertinente a efectos del EEE). Diario Oficial nº L 030 de 01/02/2001, pág. 0043.**
- **Directiva 96/49/CE del Consejo, de 23 de julio de 1996, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas al transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril, y sus modificaciones. Diario Oficial nº L 235 de 17/09/1996.**
- **Directiva 2000/61/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 10 de octubre de 2000, por la que se modifica la Directiva 94/55/CE del Consejo sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros con respecto al transporte de mercancías peligrosas por carretera.**
- **Directiva 2001/7/CE de la Comisión, de 29 de enero de 2001, por la que se adapta por tercera vez al progreso técnico la Directiva 94/55/CE del Consejo sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros con respecto al transporte de mercancías peligrosas por carretera (Texto pertinente a efectos del EEE).**

Para el transporte por carretera en nuestro país además del ADR, se aplica la siguiente normativa específica de emergencias:

- **ADR en vigor: BOE 1 de enero de 2011(UNECE, 2011).**
- **Orden FOM/2924/2006, de 19 de septiembre, por la que se regula el contenido mínimo del informe anual para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (BOE, 2006).**
- **Real Decreto 551/2006 de 5 de Mayo por el que se (BOE, 2006).**
- **Resolución de 21 de Noviembre de 2005, de la Dirección General de Transportes por carretera, sobre la inspección y control por riesgos inherentes al transporte de mercancías peligrosas por carretera. (BOE, 2005).**
- **Real Decreto 563/2010, de 7 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería.(BOE, 2010)**

- Orden FOM/605/2004 de 27 de febrero 2004 sobre la capacitación profesional de los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable: BOE de 9 de marzo de 2004.(BOE, 2004)
- Real Decreto 1256/2003 de 3 de Octubre, por el que se determinan las autoridades competentes de la administración general del estado en materia de transporte de mercancías peligrosas, y se regula la comisión para la coordinación de dicho transporte.(BOE, 2003)
- Orden FOM/2861/2012, de 13 de diciembre, por la que se regula el documento de control administrativo exigible para la realización de transporte público de mercancías por carretera.(BOE, 2013)
- Resolución de 21 de noviembre de 2005, de la Dirección General de Transportes por Carretera, sobre la inspección y control por riesgos inherentes al transporte de mercancías peligrosas por carretera.(BOE, 2005)
- Orden FOM/2924/2006, de 19 de septiembre, por la que se regula el contenido mínimo del informe anual para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.(BOE, 2006)
- Orden de 24 de abril de 2000 por la que se regula el parte de accidente: BOE de 17 de mayo de 2000.(BOE, 2000)
- Real Decreto 818/2009, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento General de Conductores.(BOE, 2009)
- Reglamento General de Vehículos: BOE 26 de enero de 1998.(BOE, 1998)
- Resolución de 16 de enero de 2013, de la Dirección General de Tráfico, por la que se establecen medidas especiales de regulación del tráfico durante el año 2013.(BOE, 2013)
- Real Decreto 948 /2005, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.(BOE, 2005)
- Real Decreto 230/1998, de 16 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de explosivos.(BOE, 1998)
- Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil.(BOE, 1992)

2.2.4.3. Recomendaciones de la ONU para el transporte de mercancías peligrosas

Debido al carácter internacional de la ONU, a la que pertenecen la mayoría de las naciones del mundo, este organismo ha emanado un cuerpo de doctrina en la materia en forma de recomendaciones elaboradas por su “Comité de Expertos de Transporte de Mercancías Peligrosas Embaladas” de Nueva York. Las recomendaciones de la ONU no se aplican al transporte de Mercancías Peligrosas no embaladas. A pesar de no tener carácter obligatorio, estas recomendaciones constituyen la base de otras regulaciones internacionales e incluso de las que se establecen, para el transporte interior, dentro de los territorios nacionales que adaptan sus leyes a las normas generales de la ONU.

Dichas recomendaciones, a pesar de su alcance limitado, tienen una innegable utilidad práctica para todos los interesados, directa o indirectamente, en el transporte de Mercancías Peligrosas. Una vez adaptados a este marco general los reglamentos nacionales e internacionales, ya están orientadas a la adopción de un único sistema de clasificación, numeración, embalaje y etiquetado de las Mercancías Peligrosas.

Los transportistas, los expedidores y las autoridades encargadas de la inspección se beneficiarán con la simplificación de las operaciones de transporte, manipulación e inspección y, con la supresión de trámites, sus tareas serán mucho más sencillas y los obstáculos que dificultan el transporte internacional de las Mercancías Peligrosas se reducirán.

2.2.5. Etiquetado y señalización de peligro

Existen dos elementos fundamentales para la identificación del peligro de la mercancía transportada por un vehículo. Estos elementos son las Etiquetas de peligro y los Paneles Naranjas.

2.2.5.1. Etiquetas de peligro

Las etiquetas de peligro son unas marcas indicativas de los riesgos de cada tipo de materia que se transporta y están destinadas principalmente a ser colocadas sobre las mercancías o sobre los bultos o envases que las contienen.

Código ADR/RID (UNECE, 2011).

El sistema de etiquetado se basa en la clasificación de las mercancías peligrosas y tiene las siguientes finalidades:

- Hacer que las mercancías peligrosas sean fácilmente reconocibles a distancia por el aspecto general (símbolo, color y forma) de sus etiquetas.
- Hacer que la naturaleza del riesgo sea fácilmente reconocible mediante unos símbolos conocidos por todo el mundo.

Los cinco símbolos principales son:

- La bomba: peligro de explosión.
- La llama: peligro de incendio.
- La calavera y las tibias cruzadas: peligro de envenenamiento.
- El trébol esquematizado: peligro de radiactividad.
- Los líquidos goteando de dos tubos de ensayo sobre una mano y una plancha de metal: peligro de corrosión.

Otros símbolos complementarios utilizados son:

- Una llama sobre un círculo: materias comburentes.
- Una botella: gases comprimidos no inflamables.
- Tres medias lunas sobre un círculo: sustancias infecciosas.
- Un aspa sobre una espiga de trigo: sustancias nocivas que deben colocarse a distancia de los alimentos
- Siete franjas verticales: sustancias peligrosas varias.

Los rótulos son etiquetas de peligro ampliadas y deben ir colocadas en las paredes externas de las unidades de transporte para advertir que las mercancías transportadas son peligrosas y presentan riesgos.

Las unidades de transporte deben llevar etiquetas en al menos dos lados opuestos de la unidad. Las etiquetas son cuadradas, deben tener unas dimensiones mínimas de 25x25 mm y ser resistentes a la intemperie. Se colocan sobre uno de sus vértices.

Junto con el denominado panel naranja de 40x30 cm, identifican tanto la mercancía que se transporta, el tipo de riesgo que conlleva y sus símbolos identificativos. Todas las etiquetas deben ir acompañadas de su

correspondiente significado. Las etiquetas que deben acompañar a las mercancías peligrosas, junto con su significado principal son: (Unizar, 2013)

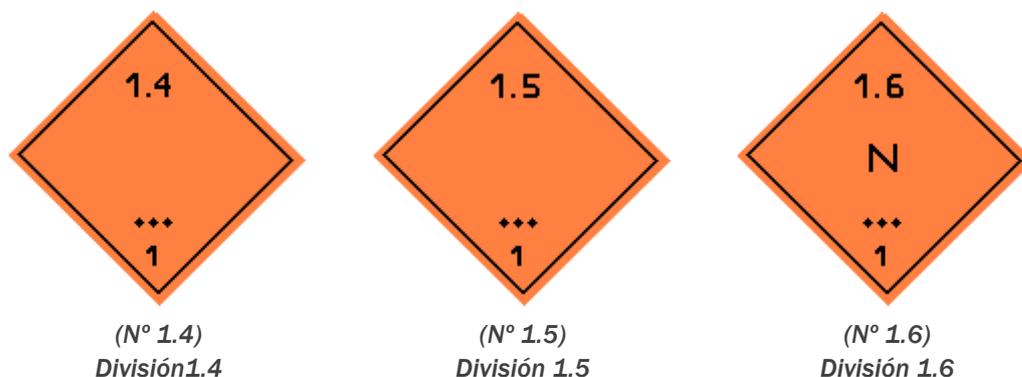
Clase 1.- Materias y objetos peligrosos



(N° 1 - NARANJA)

Figura 1- División 1

Signo convencional (bomba explosionando): negro sobre fondo naranja; cifra 1 en la esquina inferior. En su mitad inferior se indica la división de peligro (1.1, 1.2 ó 1.3) y donde aparece el asterisco (letra del grupo de compatibilidad (A-S)), se dejará en blanco si las propiedades explosivas constituyen riesgo subsidiario.



(N° 1.4)
División 1.4

(N° 1.5)
División 1.5

(N° 1.6)
División 1.6

Figura 2- Divisiones 1.4, 1.5 y 1.6

Cifras negras sobre fondo naranja. Deberán medir unos 30 mm de altura y 5 mm de espesor (para una etiqueta 100 mm x 100 mm); cifra 1 en la esquina inferior. En su mitad superior se indica la división de peligro (1.4, 1.5 ó 1.6) y en la mitad inferior, donde aparece el asterisco (*), la letra del grupo de compatibilidad (A-S). Se dejará en blanco si las propiedades explosivas constituyen el riesgo subsidiario.

Clase 2.- Gases



Figura 3- Gases inflamables

Signo convencional (llama): negro o blanco sobre fondo rojo. Cifra 2, en la esquina inferior.

En esta etiqueta colocada en las botellas y cartuchos de gas para los gases de los nº ONU 1011, 11075, 1965 y 1978, el signo convencional puede figurar en el mismo color que el recipiente siempre que el contraste sea adecuado.



Figura 4- Gases no inflamables, no tóxicos

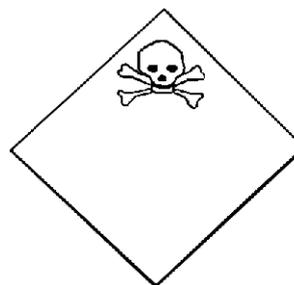
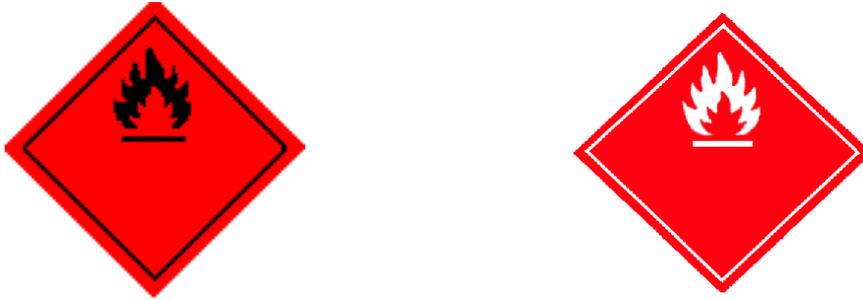


Figura 5- Materia tóxica

Signo convencional (botella de gas): negro o blanco sobre fondo verde; cifra 2, en la esquina inferior.

Signo convencional (calavera sobre dos tibias): negro sobre fondo blanco; cifra 2, en la esquina inferior.

Clase 3. Materias líquidas inflamables



(N° 3 - Roja)

Figura 6 - Materias líquidas inflamables

Signo convencional (llama): negro o blanco sobre fondo rojo; cifra 3, en la esquina inferior.

Clase 4.1. Materias sólidas inflamables



Figura 7- Materias sólidas inflamables

(N° 4.1 - Blanca y roja)

Signo convencional (llama): negro sobre fondo blanco, con siete barras verticales rojas; cifra 4, en la esquina inferior.

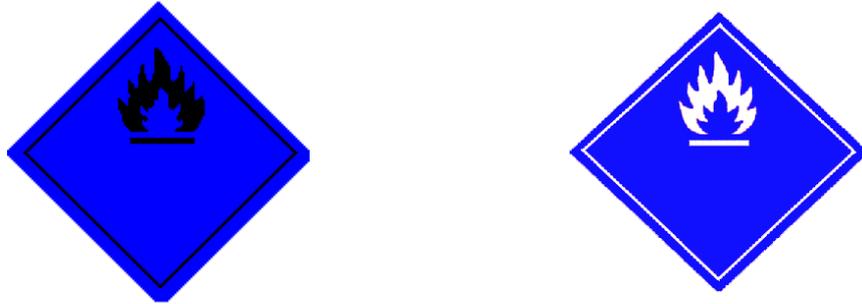
Clase 4.2. Materias que pueden experimentar inflamación espontánea



Figura 8- Materias que pueden experimentar inflamación espontánea

Signo convencional (llama): negro sobre fondo blanco (mitad superior), fondo rojo (mitad inferior); cifra **4**, en la esquina inferior.

Clase 4.3. Materias que al contacto con agua desprenden gases inflamables



(N° 4.3 - Azul)

Figura 9- Materias que al contacto con agua desprenden gases inflamables

Signo convencional (llama): negro o blanco sobre fondo azul; cifra **4** en la esquina inferior.

Clase 5.1.- Materias comburentes



(N° 5.1 - Amarillo)

Figura 10- Materias comburentes

Signo convencional (llama por encima de un círculo): negro sobre fondo amarillo; cifra **5.1**, en la esquina inferior.

Clase 5.2. Peróxidos orgánicos.

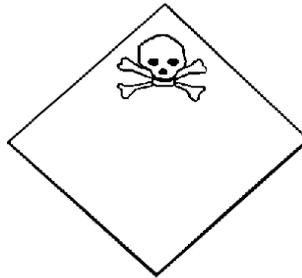


(Nº 5.2 - Amarillo)

Figura 11 - Peróxidos orgánicos

Signo convencional (llama): negra o blanca; fondo: mitad superior roja y mitad inferior amarilla; cifra **5.2**, en la esquina inferior.

Clase 6.1. Materias tóxicas



(Nº 6.1 - Blanca)

Figura 12- Materias tóxicas

Signo convencional (calavera sobre dos tibias): negro sobre fondo blanco; cifra **6**, en la esquina inferior.

Clase 6.2. Materias infecciosas



(Nº 6.2 - Blanca)

Figura 13- Materias infecciosas

Signo convencional (tres lunas crecientes sobre un círculo) y menciones, negras sobre fondo blanco; cifra 6, en la esquina inferior. La mitad inferior de la etiqueta puede llevar las menciones: "MATERIAS INFECCIOSAS" y "EN CASO DE DESPERFECTO O FUGA, AVISAR INMEDIATAMENTE A LAS AUTORIDADES SANITARIAS"

Clase 7. Materias radiactivas

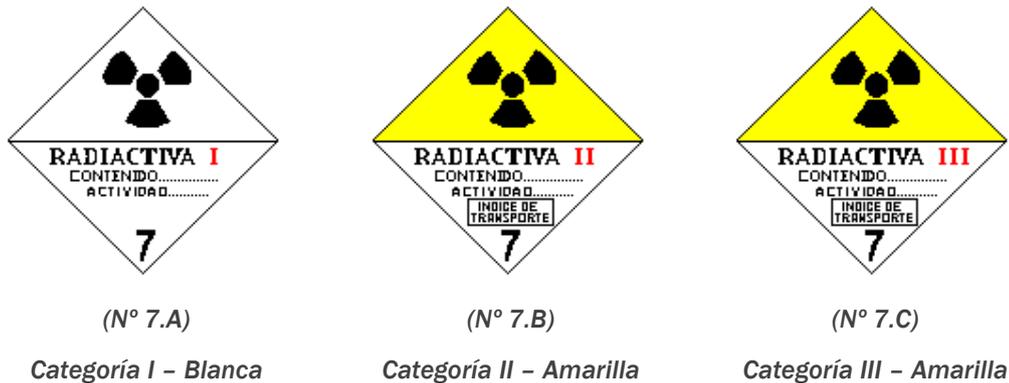
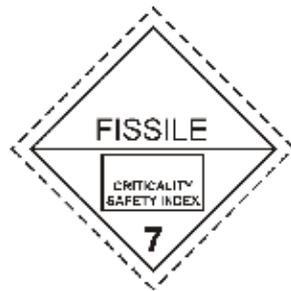


Figura 14- Materias radiactivas

- **Categoría I – Blanca.** Signo convencional (trébol): negro sobre fondo blanco; texto (obligatorio): en negro en la mitad inferior de la etiqueta: "RADIOACTIVE" seguida de una barra vertical roja, "CONTENTS.....", "ACTIVITY....."; cifra 7, en la esquina inferior.
- **Categoría II – Amarilla.** Signo convencional (trébol): negro sobre fondo amarillo con reborde blanco (mitad superior) y blanco (mitad inferior); texto (obligatorio): en negro en la mitad inferior: "RADIOACTIVE" seguida de dos barras verticales rojas, "CONTENTS.....", "ACTIVITY....."; en un recuadro de borde negro: "TRANSPORT INDEX"; cifra 7, en la esquina inferior.
- **Categoría III – Amarilla.** Signo convencional (trébol): negro sobre fondo amarillo con reborde blanco (mitad superior) y blanco (mitad inferior); texto (obligatorio): en negro en la mitad inferior: "RADIOACTIVE" seguida de tres barras verticales rojas, "CONTENTS.....", "ACTIVITY....."; en un recuadro de borde negro: "TRANSPORT INDEX"; cifra 7, en la esquina inferior.



(Nº 7.E)

Figura 15- Materias fisibles de la clase 7

Fondo blanco; texto (obligatorio): en negro en la parte superior de la etiqueta: "FISSILE"; en un recuadro negro en la parte inferior de la etiqueta: "CRITICALITY SAFETY INDEX"; cifra 7, en la esquina inferior.

Clase 8. Materias corrosivas

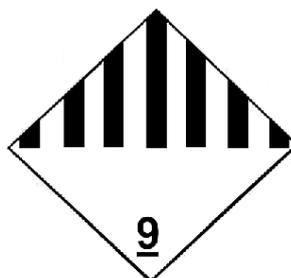


(Nº 8 -Blanca y negra)

Figura 16- Materias corrosivas

Signo convencional (líquidos vertidos de dos tubos de ensayo de vidrio sobre una mano y un metal): negro sobre fondo blanco (mitad superior); y negro con reborde blanco (mitad inferior); cifra 8, en blanco en la esquina inferior.

Clase 9. Materias y objetos peligrosos diversos



(Nº 9 - Blanca y negra)

Figura 17- Materias y objetos peligrosos

Signo convencional (siete líneas verticales en la mitad superior): negro sobre fondo blanco; cifra 9, subrayada en la esquina inferior.

2.2.5.2. Panel Naranja

Colocados en la unidad de transporte, sirven para identificar la naturaleza de la materia que se transporta y el peligro que presenta, en caso de verse involucrada en un accidente. Deben ser de color naranja, reflectante y con un reborde negro. Sus dimensiones habituales son de 30 x 40 cm.

Estos paneles naranja deberán ir provistos de números de identificación, de color negro, prescritos para cada materia, cuyo significado se describe a continuación.

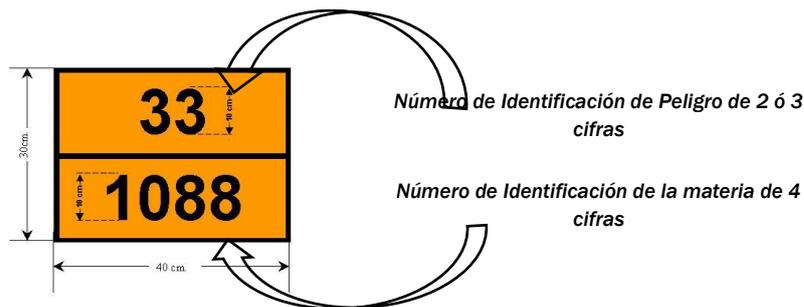


Figura 18- Panel naranja

En los vehículos caja que porten bultos con mercancías peligrosas y en cisternas con capacidad inferior a 3.000 L, no es obligatorio la presencia de números en los paneles.

Normalmente van colocados en las partes delantera y trasera de los vehículos, pero en los vehículos cisterna, aquellos que transporten contenedores cisterna y los vehículos o contenedores que transporten mercancías peligrosas a granel, deberán igualmente llevar los paneles naranja en cada lado de la cisterna, los compartimentos de las cisternas o de los vehículos/contenedores para mercancías a granel.

A continuación se presenta, esquemáticamente, la forma de colocar los paneles naranja.

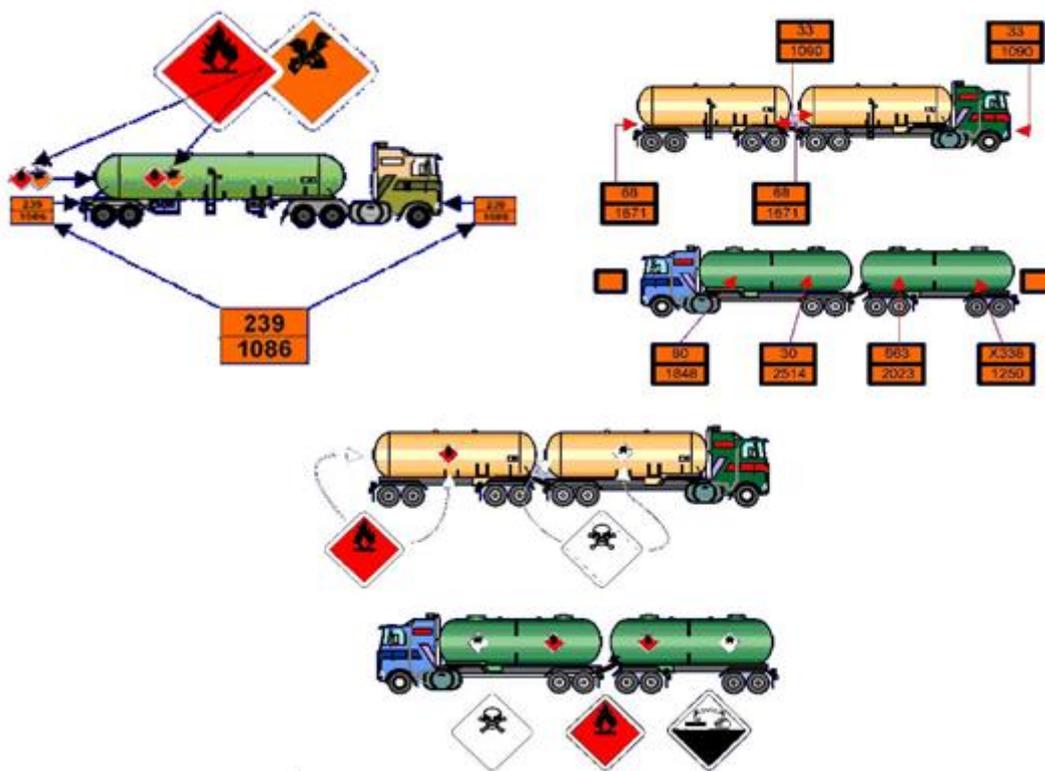


Figura 19- Los vehículos según diferentes tipos

En la parte superior del panel va colocado un código de peligro, que identifica el tipo de peligro de la materia que se transporta, es lo que se denomina número de identificación de peligro. Este código se compone de dos o tres números y a veces de la letra X que los precede.

En la parte inferior, aparece un número de cuatro cifras que hace referencia a la identificación de la materia que se transporta. Es lo que se denomina número de la ONU.

2.2.5.3. Número de identificación de la materia. Número ONU

Consiste en un conjunto de cuatro cifras que representan la identificación de la materia de que se trate. Este número se adoptó por parte del Comité de Expertos de la ONU en sus Recomendaciones para el Transporte de Mercancías peligrosas, más conocido como Libro Naranja (UN, 2011).

Se presenta un listado de materia, ordenadas por orden alfabético con inclusión de su número ONU, para su correcta identificación. Este

número de 4 cifras asignado oficialmente a cada producto figura en todas las reglamentaciones nacionales e internacionales sobre transporte de mercancías peligrosas, ya sea por carretera, ferrocarril, vía aérea, transporte marítimo y vía navegable interior. Se encuentran en el cuadro I del Apéndice B.5 del ADR (UNECE, 2011).

También se presenta otro listado ordenado por su número ONU, con todas las mercancías peligrosas que están en el cuadro III del Apéndice B.5 del ADR (UNECE, 2011).

2.2.5.4. Número de identificación del peligro

Como se ha indicado antes, el número de identificación de peligro es un conjunto de dos o tres cifras, acompañado a veces de la letra X, y representa el tipo de peligro intrínseco a la materia que se transporta. El primer número del conjunto indica, en general, los peligros siguientes:

2	<i>Emanación de gas resultante de presión o de una reacción química</i>
3	<i>Inflamabilidad de materias líquidas (vapores) y gases o materia líquida susceptible de auto calentamiento</i>
4	<i>Inflamabilidad de materias sólidas o materias susceptibles de auto calentamiento</i>
5	<i>Comburente (favorece el incendio)</i>
6	<i>Toxicidad o peligro de infección</i>
7	<i>Radiactividad</i>
8	<i>Corrosividad</i>
9	<i>Peligro de reacción violenta espontánea¹</i>

Tabla 15- Tipo de peligro intrínseco a la materia que se transporta

Por otra parte, hay que tener en cuenta las siguientes normas en cuanto a su significado:

¹Comprende la posibilidad, de acuerdo con la naturaleza de la materia, de un peligro de explosión, de descomposición o de una reacción de polimerización debida a un desprendimiento de calor considerable o de gases inflamables y/o tóxicos.

1. Cuando la cifra figura dos veces, es señal de intensificación del peligro que conlleva.
2. Cuando el peligro de una materia puede ser indicado suficientemente con una sola cifra, ésta se completará con un cero en segunda posición.
3. Las combinaciones de las siguientes cifras tienen sin embargo un significado especial: 22, 323, 333, 362, 382, 423, 44, 446, 482, 539, 606, 623, 642, 823, 842, y 99
4. Cuando la letra X precede al número de identificación, indica que la sustancia reacciona de manera peligrosa con el agua. Para tales materias, no se podrá utilizar el agua más que con la autorización de los expertos.

2.3. Los riesgos

2.3.1. Definiciones

En nuestra vida cotidiana, solemos hacer un uso indistinto de los términos riesgo y peligro, o desastre y catástrofe. Continuamente asumimos riesgos, tanto físicos como económicos, o “estamos en peligro de...”.

No en vano, toda actividad que realiza el hombre, conlleva un riesgo asociado. El mundo industrial, por supuesto, tampoco está exento del riesgo en diversas facetas: economía, seguridad e higiene, etc. como consecuencia del desarrollo de actividades productivas. Sin embargo, a pesar de ello rara vez nos paramos a pensar en qué es el riesgo y cómo definirlo o cuantificarlo.

Decimos que algo es “poco arriesgado” o “presenta mucho riesgo”, pero excepto algunos casos muy concretos de la actividad industrial (seguridad e higiene), no se suelen usar cuantificaciones de riesgo.

En la comunidad científica, tampoco hay unanimidad en el contenido de estos términos. Así, tenemos diversas definiciones, de entre las cuales vamos a citar algunas de ellas:

Definición de *Riesgo*:

- Desde una perspectiva etimológica: “*Posibilidad de que exista un daño*”.

- Canceill (1.983): “Peligro en el que entra la idea del azar”.
- Universidad de Arizona: “Posibilidad de sufrir un daño por la exposición a un peligro”.
- Rowe (1.977): “Producto de la probabilidad de ocurrencia de un peligro por el valor del daño esperado”.

Definición de *Peligro*:

- Universidad de Arizona: “Fuente del riesgo”. Se refiere a una sustancia o a una acción que pueda causar daño.
- Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, 1977) “Una condición, proceso o suceso potencial que supone una amenaza para la salud, seguridad y bienestar de un grupo de ciudadanos, o para las funciones o economía de una comunidad o para el medio ambiente”.
- “El daño potencial derivado de la interacción sociedad/tecnología” (Lundgren, 1986).
- Otras definiciones (Ayala, 1990) definen la peligrosidad como “el conjunto de aspectos físicos que caracterizan un fenómeno potencialmente dañino, especialmente su tipología, probabilidad de ocurrencia, dimensión espacial, duración y características dinámicas que puedan definirse cualitativa o cuantitativamente”. Este mismo autor define el riesgo como “el daño potencial producible por un fenómeno potencialmente dañino que puede ser cuantificado en términos económicos o sociales o evaluado cuantitativamente”.

De acuerdo a la expresión:

$$R = P_{HG} \times V_U \times V$$

Ecuación 1- Formulación del Riesgo para el modelo de Ayala

Donde:

- **R**: es el valor del riesgo.
- **P**: es la probabilidad de ocurrencia.
- **Vu**: es la vulnerabilidad.
- **V**: es el valor del bien expuesto.

Si el valor se expresa en términos económicos, el tipo de riesgo considerado será de pérdidas económicas, mientras que si el bien expuesto es la vida humana, será un riesgo social.

Expresión, que es concordante en gran manera con la propuesta por Ayala (Ayala, 1990), donde los factores de vulnerabilidad y de valor del bien expuesto están comprendidos implícitamente en el término de gravedad. No obstante, este valor aplicado al medio ambiente es difícil, en la mayoría de las veces, traducirlo a valor económico y se recurre, por tanto, a una valoración empírica en función de parámetros, tales como: rareza, fragilidad, etc. similares a los empleados en los estudios de evaluación de impacto ambiental (EIA).

Este modelo de cálculo de riesgo asociado al transporte de mercancías peligrosas es el que usará como punto de partida del presente proyecto, y lo detallaremos con mayor profundidad en los siguientes capítulos.

2.3.2. Modelos conceptuales de riesgo

Podemos considerar un modelo conceptual a cualquier simplificación que permita comprender y expresar, cualitativa o cuantitativamente, el funcionamiento de cualquier proceso del mundo real, con el objetivo de poder incidir sobre alguna o sobre el conjunto de las variables consideradas para conseguir un efecto.

Los efectos de la actualización de los riesgos ambientales supondrán, sin ninguna duda, un impacto sobre nuestras condiciones de vida o sobre el entorno en el que vivimos, es decir, un impacto ambiental, considerando al hombre como un elemento más integrante del medio.

De acuerdo a la "National Environment Policy Act" (NEPA, 1969), el impacto ambiental se define como "*la alteración que se produce en el medio, ocasionada por un proyecto o actividad que se lleva a cabo*". Debe tenerse en cuenta que una actividad o proyecto no siempre produce los mismos efectos y ello dependerá fundamentalmente del medio receptor. Así, un accidente con derrame de líquidos contaminantes sobre una zona geológicamente impermeable, podría ser asimilado por el medio natural sin dar lugar a procesos degradantes, con lo que el impacto ambiental sobre el substrato acuífero sería prácticamente nulo. Sin embargo, la misma acción introducida en un medio poroso, como por ejemplo un área de captación de

agua potable, podría desencadenar procesos irreversibles de degradación, alcanzando el impacto ambiental valores máximos.

El grado de alteración que puede producirse, se expresa como la diferencia entre la evolución del medio sin la aplicación del accidente o actividad y con la aplicación del mismo. Y se denomina *Impacto Ambiental* al grado de incidencia que tiene en las condiciones o circunstancias que rodean al hábitat humano.

Bajo esta perspectiva de impacto ambiental, la actividad o proyecto considerado será el transporte de mercancías peligrosas que circulan a través de la red de carreteras de un espacio determinado, a lo largo del cual es posible que se produzca un accidente en el que dichas mercancías salgan de su contenedor y afecten al espacio exterior. El medio receptor o escenario de dicho impacto será el espacio físico y biótico, comprendido entre los puntos de origen y destino, y sobre el que se originaría dicho accidente.

La magnitud del impacto generado por el accidente dependerá de la calidad y cantidad del factor ambiental afectado, mientras que la importancia estará condicionada por la intensidad (tipo de accidente), la extensión (volumen, tipo y comportamiento de las mercancías expulsadas) y el momento en que se produce. El signo del impacto en este tipo de análisis, al contrario que en otras evaluaciones del impacto ambiental, siempre será negativo, dado que un accidente de mercancías peligrosas siempre tendrá un carácter perjudicial.

2.3.3. Análisis de riesgos

Un análisis de riesgos debe tener como último objetivo la prevención de la ocurrencia y la mitigación de los efectos de accidentes en los que se encuentre involucrado el objeto a estudiar, mediante un estudio sistemático del mismo.

Básicamente, las etapas de las que consta son:

- Identificar los peligros que puede representar el objeto de estudio para las personas, bienes y medio ambiente.
- Tipificarlos en una serie de accidentes mayores cuya ocurrencia es factible.
- Determinar los alcances que puedan tener estos accidentes.
- Definir las zonas vulnerables existentes.

- Calcular los daños que puedan provocar.
- Analizar las causas de los accidentes, eventualmente cuantificando sus frecuencias.
- Determinar el nivel de riesgo asociado al objeto de estudio.

Para conseguir estos objetivos y por tanto para realizar una evaluación del riesgo de cualquier tipo de fenómeno, existen básicamente tres métodos:

- *Métodos analíticos*: se fundamentan en la simulación espacio-tiempo de determinadas situaciones.
- *Métodos deterministas*: basados en criterios empíricos causa-efecto.
- *Métodos heurísticos*: utilizan algoritmos que aplicando el conocimiento propio del problema y técnicas razonables, se acercan a la solución de problemas en un tiempo razonable.

2.3.4. Peligros asociados a las mercancías peligrosas

Los diferentes tipos de sustancias químicas implicadas en accidentes pueden generar, básicamente, los siguientes peligros:

- Inflamabilidad de las áreas circundantes.
- Ondas expansivas destructivas.
- Generación de nubes tóxicas y contaminantes.
- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

El tipo de riesgo va a estar determinado, en primer lugar, por las propiedades de toxicidad, reactividad e inflamabilidad/explosividad, de los productos, y en segundo, por las características del medio afectado. Las consecuencias ambientales serán básicamente:

- Destrucción de la masa vegetal
- Destrucción de edificaciones e infraestructuras
- Destrucción del patrimonio cultural
- Mortalidad de personas y fauna
- Inhabilitación de suelos para la agricultura
- Inhabilitación de acuíferos y cauces de agua

2.4. Delimitación espacial del riesgo

En la evaluación y modelización espacial de los riesgos, los sistemas de Información Geográfica (SIG), constituyen una herramienta idónea para el diseño de los "escenarios de riesgo" o teatros de operaciones en terminología militar, a partir de la caracterización y localización de las fuentes de peligro como de los receptores potenciales de esos impactos (Goodchild, et al., 1993).

Los análisis propuestos tienen una gran componente espacial. Así, la gravedad de las consecuencias de cualquier accidente de mercancías peligrosas está en función de la ubicación relativa de dicho accidente con respecto a los elementos vulnerables contemplados, acuíferos, masas de agua superficial, poblaciones o cualquier otro elemento ambiental. Los aspectos ambientales son tratados previa integración y modelización en un SIG.

Por otro lado, la probabilidad de ocurrencia de un accidente no es homogénea en todo el espacio, sino que tiene también una componente de diferenciación territorial. Por lo que se pueden integrar sobre un SIG.

Para la integración de todas estas variables territoriales, al objeto de perfilar un análisis de riesgos, el empleo de herramientas SIG tiene la gran ventaja en la capacidad de éstas para la carga, gestión y cálculo de grandes cantidades de información georreferenciada sobre el medio, así como para categorizarla en capas separadas y conseguir de esta manera una mejor y más clara representación del mismo. De esta manera, el SIG es empleado como un medio de almacenamiento de información, análisis y representación de los resultados espaciales y alfanuméricos.

Los SIG son herramientas orientadas a un fin concreto, es necesario por tanto definir previamente el objetivo a conseguir con las mismas, y de esta manera adecuar dichas herramientas a los objetivos planteados.

La cartografía del riesgo (Bosque J., 1992) implica identificar, localizar y caracterizar espacialmente tres componentes del problema:

- La actividad fuente del riesgo.
- El área susceptible de sufrirlo.
- Los receptores potenciales del daño.

En el caso que nos ocupa, el objetivo concreto a conseguir es la delimitación espacial de los riesgos ambientales en relación al transporte de mercancías peligrosas y para ello, el sistema deberá contener información espacial y alfanumérica relativa a:

- Red de Carreteras.
- Clasificación de elementos integrantes de la vulnerabilidad ambiental.
- Productos transportados.
- Clasificación según usos del suelo.

Asimismo deberá de tener capacidades de análisis de información estadística y representación espacial de los resultados, y de análisis algebraico de los distintos elementos vulnerables. Dado que estos elementos vulnerables presentan en algunos casos un carácter vectorial discreto tal como la red fluvial, mientras que en otros tienen una mayor continuidad y con límites menos definidos, tal como la vegetación o las elevaciones del terreno, el sistema deberá poder efectuar de alguna manera análisis conjuntos “ráster”/ vectorial.

La clasificación de riesgos así obtenida puede ser fácilmente representada en un mapa, e incluso con la posibilidad de análisis relativos entre diferentes tipos de riesgo en función del producto considerado.

Esta potencialidad de análisis puede ser empleada tanto en análisis predictivos, como sobre accidentes ya ocurridos, proporcionando en este caso una información objetiva y precisa sobre la que tomar decisiones de gestión de la situación de emergencia que se genere.

Capítulo 3: Conceptos teóricos asociados: modelo inicial de partida

3.1. Introducción

A la hora de efectuar un análisis de riesgos en el transporte de mercancías peligrosas, es necesario considerar las peculiaridades intrínsecas que presenta esta actividad, como son la gran variedad de productos que se pueden ver implicados (en España 1866), mucho mayor que el de una instalación industrial concreta, la cual opera con un número limitado y definido de productos. Por otro lado es necesario contemplar también la característica de movilidad del elemento principal generador del riesgo, el vehículo, lo que da lugar a una variación continua del escenario receptor o conjunto de elementos vulnerables, ésta es también una notable diferencia frente a una instalación industrial fija, en la que se reducen considerablemente los parámetros necesarios para la modelización del escenario, al estar éste ubicado en un espacio concreto.

Integrar estas peculiaridades, de variedad de producto y de escenarios dinámicos, en los clásicos métodos de simulación analítica de procesos físico-químicos de riesgo, supone una labor ímproba e inabordable “a priori”, y su realización “a posteriori” del accidente producido con el objeto de valorar sus efectos, es lenta y poco operativa, con lo que la adopción de las medidas paliativas adecuadas no tendría la eficacia deseada. Por estas razones se considera más útil el empleo de metodologías deterministas, menos precisas en tanto se reduce el número de variables y más empíricas, es decir fundamentadas en principios “causa efecto”, pero al tiempo más rápidas.

En esta línea de trabajo predictiva sobre efectos, quizás los mayores desarrollos se han conseguido en el campo de las ciencias ambientales, con la adecuación de modelos conceptuales, simplificados en matrices de impacto, árboles y listas secuenciadas de efectos, etc. siendo éstas, por tanto, el camino que recorreremos para el desarrollo de este proyecto.

En el presente trabajo de investigación se exponen los resultados de la aplicación de un modelo de cálculo original, desarrollado por R.Martínez-Alegría (Martínez-Alegría, et al., 2003), basado en la evaluación de riesgos a partir de datos históricos de intensidad de tráfico y siniestralidad, estado de las carreteras, así como de las características del escenario receptor, tal como la geología, usos del suelo, hidrografía, etc. Esta metodología determinista se puede considerar como semicuantitativa en tanto que valora, aunque de un modo relativo, tanto la gravedad del accidente como la probabilidad de ocurrencia y por tanto el riesgo global. A diferencia de anteriores trabajos realizados en esta línea, se plantea el uso del cálculo de

la probabilidad de accidente mediante el uso de la regresión logística, así como su posterior postprocesamiento por sistemas SIG.

Las salidas del modelo son en primer lugar, una discretización de la fragilidad de los distintos factores ambientales en términos de vulnerabilidad absoluta, en segundo lugar se obtiene la vulnerabilidad relativa del territorio respecto a los diferentes productos transportados, en tercer lugar, la siniestralidad para cada punto de la red, y por último una clasificación de las carreteras fundamentada en su potencial amenaza al medio ambiente, estimada a partir de la siniestralidad estadística y de la vulnerabilidad del medio próximo.

El riesgo se ha determinado sobre la base de un cálculo de probabilidad de ocurrencia de un accidente y de la gravedad potencial del daño que se podría producir. Por otra parte el daño es función del tipo de mercancía transportada y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos en el escenario donde se produce el accidente.

El modelo matemático propuesto se implementó en este proyecto en un SIG, obteniéndose mapas de probabilidad, vulnerabilidad y riesgo, en los que se pudieron delimitar los tramos de carretera potencialmente más conflictivos.

3.2. Modelo conceptual

La estimación de los factores de riesgo y la determinación final de su nivel, se ha basado en el desarrollo de una metodología predictiva de carácter determinista, con la que se han evaluado los dos factores que determinan el nivel de riesgo; probabilidad de ocurrencia de un accidente en el que estén implicadas mercancías peligrosas y la gravedad del mismo, estimada por las potenciales consecuencias para el hombre y el medio ambiente

Este factor de gravedad está condicionado por la interacción entre las propiedades químicas del tipo de mercancía y las características de fragilidad ambiental del elemento expuesto. El concepto de riesgo que adopta es sencillo y polivalente, ya que lo evalúa como un producto de la probabilidad de ocurrencia de accidente en el que están implicadas mercancías peligrosas, por la magnitud de la gravedad del mismo, estimada por las consecuencias para el hombre y el medio ambiente.

La valoración de los dos multiplicandos de la expresión adjunta, definirán los resultados del análisis.

$$R = P_{HG} * G$$

Ecuación 2- Formulación del Riesgo para el modelo de Martínez-Alegría

Donde:

R = Riesgo, como una magnitud asociada a una determinada zona.

G = Gravedad estimada a partir del tipo e intensidad de los daños posibles.

P_{HG} = Probabilidad de ocurrencia de un accidente.

3.2.1. Probabilidad de Ocurrencia

Las causas que dan origen a la existencia de accidentes de tráfico o la posibilidad de que ocurran son de muy diversa índole, entre las que se pueden citar, el estado de la red viaria, la densidad del tráfico, o la meteorología (Lovett, 1997); pero también influirán otros de difícil cuantificación, como el estado psicosocial del conductor o el estado de los vehículos.

Así pues, a efectos de determinar de un modo cuantitativo o semicuantitativo la probabilidad de ocurrencia de dichos fenómenos, este método recurrirá a herramientas estadísticas, la cuales simplifican el problema al no contar de un modo directo con algunos de los factores que determinan la aparición de dichas situaciones, tales como el estado psicosocial del conductor, y otros los simplifican enormemente, tal es el caso del estado de la red viaria, en la que se asumen hipótesis simplificadoras según las cuales una carretera del mismo orden de importancia y gestionada por el mismo organismo se supone que tiene idéntico control de calidad y, por ende, un estado de conservación similar.

Los índices de siniestralidad estadística empleados pretenden compensar o estimar de alguna manera estas lagunas de desconocimiento de causas no incorporables directamente al método de cálculo.

El factor meteorológico, en relación a la incidencia de las variaciones estacionales en la siniestralidad, no se ha considerado al ser un estudio de predicción plurianual y global, y tampoco haberse detectado en la muestra estadística tendencia alguna en este campo.

Para la determinación de la probabilidad de ocurrencia, en proyectos anteriores se ha optado por el estudio del uso del modelo de regresión logística, con su posterior validación mediante el método propuesto por (Martínez-Alegría, et al., 2005). Es decir existen dos métodos para la obtención de este término:

- Método lineal.
- Método de regresión logística.

3.2.2. Estimación de la gravedad

En el transporte de mercancías peligrosas, se pueden definir dos tipos de amenazas; por un lado, la que se supone de la magnitud del accidente y por otro, las características físico-químicas del producto transportado. En el primer caso se definirá una peligrosidad o severidad asociada al tipo de accidente (P_e) y en el segundo, mediante una peligrosidad intrínseca del producto (R_{mp}).

De esta manera, la gravedad del daño se puede considerar multidimensional, y está condicionada principalmente por la peligrosidad estimada en función del tipo de accidente (P_e), por las características del producto transportado o peligro intrínseco del producto (R_{mp}) y por la vulnerabilidad del medio donde se produce el accidente (V). Así pues, se estimará según la expresión:

$$G = P_e * (R_{mp} + V)$$

Ecuación 3- Formulación para el término de Gravedad

Siendo por tanto los factores a determinar:

- (P_e) Peligrosidad del tipo de accidente.
- (R_{mp}) Peligrosidad intrínseca del producto.
- (V) Vulnerabilidad del medio afectado por el accidente.

3.2.2.1. Peligrosidad del tipo de accidente o severidad (P_e)

La magnitud de la severidad (P_e) para cada situación de emergencia se va a estimar en función del tipo de accidente. Se consideran 5 tipos de accidentes en el transporte de mercancías peligrosas en lo que se refiere a la afección de la materia peligrosa transportada como consecuencia del

accidente, asignándose posteriormente un valor numérico a cada tipo de accidente.

Tipos de accidente:

- Tipo 1: Avería o accidente en el que el vehículo o convoy de transporte no puede continuar la marcha, pero el continente de las materias peligrosas está en perfecto estado y no se ha producido vuelco.
- Tipo 2: Como consecuencia de un accidente el continente ha sufrido desperfectos o se ha producido vuelco del vehículo, pero no existe fuga o derrame del contenido.
- Tipo 3: Como consecuencia de un accidente el contenido ha sufrido desperfectos y existe fuga o derrame del contenido.
- Tipo 4: Existen daños o incendio en el continente y fugas con llamas en el contenido.
- Tipo 5: Explosión del contenido destruyendo el continente.

3.2.2.2. Peligrosidad intrínseca del producto (*Rmp*)

Para la asignación de las propiedades físico-químicas de peligro de los productos (*Rmp*), se han clasificado el total de los productos químicos peligrosos, transportados en España, en grupos de comportamiento similar mediante la asignación de valores relativos de:

- Índice de inflamabilidad (*Hi*).
- Índice de reactividad (*Hr*).
- Índice de Toxicidad / Corrosividad (*Ht*).
- Grado de oxidación (Capacidad de comburencia) (*Hgo*).

Las características que definen cada uno de estos índices de peligro son:

- Inflamabilidad: Es la posibilidad de ignición de los materiales por calor, chispas, llamas, etc. La ignición puede producirse de diferentes formas: autoignición o ignición espontánea. La descripción de los tipos de ignición se puede encontrar en el capítulo dedicado a las mercancías peligrosas.
- Reactividad: En este término se pueden englobar todo cambio químico del material como respuesta a algún elemento iniciador determinado y a unas condiciones especiales del entorno que permitan que la reacción se desarrolle. En general, las reacciones que intervienen en el estudio de los materiales peligrosos son aquellas que presentan peligro, y

que normalmente producen un comportamiento del material distinto al que presenta en condiciones normales. Pueden ser explosiones, estallidos, etc.

- **Toxicidad / Corrosión:** Estos dos términos incluidos dentro de una misma clasificación indican que ambos riesgos implican perjuicio en organismos. Los productos que presentan peligro tóxico y/o corrosivo, son los productos tóxicos y/o corrosivos, aquellos que como consecuencia de su interacción con el ambiente u otras sustancias generan subproductos tóxicos y/o corrosivos.
- **Grado de Oxidación:** Esta característica tiene que ver con el poder comburente de una materia, es decir, la capacidad del material a proporcionar oxígeno a una reacción.

El grado de oxidación o capacidad de aporte de oxígeno que aumenta la riqueza del comburente, se ha considerado como un coeficiente incremental sobre el valor numérico del riesgo intrínseco del producto considerado.

De esta forma, se identificarán cuáles son las propiedades de peligro que caracterizan a cada uno de los grupos de materiales peligrosos y qué grado de daño pueden generar.

Formulación del Peligro intrínseco (R_{mp}):

La cuantificación de estos índices de peligro intrínseco se hace mediante la asignación de un valor numérico en una escala de 0 a 4 dependiendo de la magnitud de la propiedad considerada.

El peligro medio (R_{mp}) asociado a la mercancía peligrosa implicada y dado que cada producto presentará en determinado grado las propiedades consideradas, se calcula en función de los índices de peligro del grupo de la clasificación al que pertenezca dicha mercancía. Para ello se utiliza la expresión siguiente:

$$R_{mp} = \frac{(H_i + H_t + H_r)}{3} + (H_{go} - 1)$$

Ecuación 4- Formulación para el término de Peligro Intrínseco

3.2.2.3. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se define como el potencial de una comunidad o territorio para experimentar daños, y es función de la presencia en el entorno considerado de actividades, elementos, usos y/o poblaciones sensibles susceptibles de ser dañadas en caso de accidente (Hewitt, 1.997).

El término vulnerabilidad va a estar compuesto por tantos subterminos como elementos vulnerables deseemos o sea posible encontrar en el estudio.

En este método se consideraron dos tipos de elementos vulnerables expuestos. Por un lado, la población directamente expuesta V_p y por otro, el medio ambiente V_a (cuyas afecciones generarán también daños a la población, aunque de un modo más indirecto).

Para la estimación de la vulnerabilidad de población (V_p), se partió de la “densidad de población” de cada término municipal, y de los núcleos urbanos, zonas de agrupamiento de la población, como variables fundamentales, y definidas geográficamente por los polígonos que delimitan los cascos urbanos y el término municipal.

La estimación de la vulnerabilidad ambiental (V_a) se realiza en función de las características del área donde se realicen emisiones de sustancias potencialmente contaminantes y sus previsible efectos.

Se consideraron cuatro elementos vulnerables ambientales:

- *Red hidrográfica*: considerando la magnitud y orden de cada río, embalse o canal.
- *Hidrogeología*: teniendo en cuenta la impermeabilidad de los terrenos y la posible filtración de sustancias peligrosas y la contaminación de los acuíferos.
- *Usos y aprovechamiento del suelo*: se consideran aquí los tipos de aprovechamiento y vegetación presentes en cada zona.
- *Red de Espacios Naturales (REN)*: aunque las características de las zonas comprendidas por los espacios naturales declarados quedan definidas con las vulnerabilidades anteriores, se acentúa más la característica de espacios ambientales especialmente sensibles.

Para cada uno de estos elementos vulnerables se definen, a su vez, dos índices de vulnerabilidad:

a.) **Vulnerabilidad intrínseca (Vi)**: que define lo vulnerable que es cada elemento independientemente de la sustancia por la que se vea afectada. Esta fragilidad vulnerabilidad intrínseca (Vi) de los factores ambientales se ha estimado, de un modo empírico, con criterios similares a los que se emplean para determinar los impactos ambientales en las matrices de evaluación, es decir, por sus rarezas, por su capacidad de recuperación, su reversibilidad, grado de dependencia humana de su uso, etc. Este índice variará entre 0 y 4.

b) **Vulnerabilidad extrínseca o externa (Ve)**: que define lo vulnerable que es cada elemento frente al tipo de sustancia involucrada. Así, un elemento acuífero tendrá valores muy altos de Ve frente al vertido de una sustancia tóxica; pero en cambio, adoptará valores muy bajos frente a un explosivo. Los valores que tomará estarán comprendidos entre 0 y 4.

La vulnerabilidad total de cada elemento vendrá expresada por el producto de ambos términos para cada elemento expuesto considerado, en la forma:

$$V_p = V_e * V_i$$

Ecuación 5- Formulación para el término Vulnerabilidad Poblacional

Para los elementos de población expuestos, y:

$$V_a = V_e * V_i$$

Ecuación 6- Formulación para el término Vulnerabilidad Ambiental

Para cada uno de los elementos ambientales expuestos.

Por lo tanto, el valor total de la vulnerabilidad, será la suma de la media de todos los valores de la vulnerabilidad ambiental (m) de cada uno de los elementos ambientales expuestos, más la media de todos los valores de vulnerabilidad de población expuesta (n), expresados de la siguiente forma:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n V_{p_i}}{n} + \frac{\sum_{j=1}^m V_{a_j}}{m}$$

Ecuación 7- Formulación para el término Vulnerabilidad

Como podemos observar, tanto V_p como V_a tendrán valores que pueden ir desde 0 a 16.

El empleo de valores medios permite la introducción de nuevos elementos vulnerables que sean necesarios y se disponga de información, sin que se produzca una descompensación de los resultados de vulnerabilidad total. Por lo que en caso de realizarse futuros estudios más detallados, no presentaría ningún problema añadir nuevos elementos de vulnerabilidad.

3.1.3.4. Formulación de la gravedad

Descomponiendo los distintos factores de la ecuación de la gravedad, expresada para n elementos de vulnerabilidad de población y m elementos vulnerables ambientales, adopta la siguiente forma:

$$G = P_e * \left[n_a * \left(\frac{(H_i + H_t + H_r)}{3} + (H_{go} - 1) \right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{p_i}}{n} + \frac{\sum_{j=1}^m V_{a_j}}{m} \right) \right]$$

Ecuación 8- Formulación desglosada para el término Gravedad

En donde el multiplicando n_a actúa como factor de ponderación para compensar los pesos entre el valor de severidad P_e y el de la relación peligro intrínseco/vulnerabilidad ($Rmp + V$).

3.1.4. Determinación del riesgo

Una vez determinadas la gravedad (G) y la probabilidad (P_{HG}) de accidentes, la estimación del riesgo se efectúa mediante la resolución matemática de la expresión de cálculo siguiente:

$$R = P_{HG} * \left\{ P_e * \left[n_a * \left(\frac{(H_i + H_t + H_r)}{3} + (H_{go} - 1) \right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{p_i}}{n} + \frac{\sum_{j=1}^m V_{a_j}}{m} \right) \right] \right\}$$

Ecuación 9- Formulación desglosada para el término Riesgo

Los pasos que se desarrollan para el análisis y determinación del Riesgo en el transporte de mercancías peligrosas son los reflejados en el diagrama adjunto

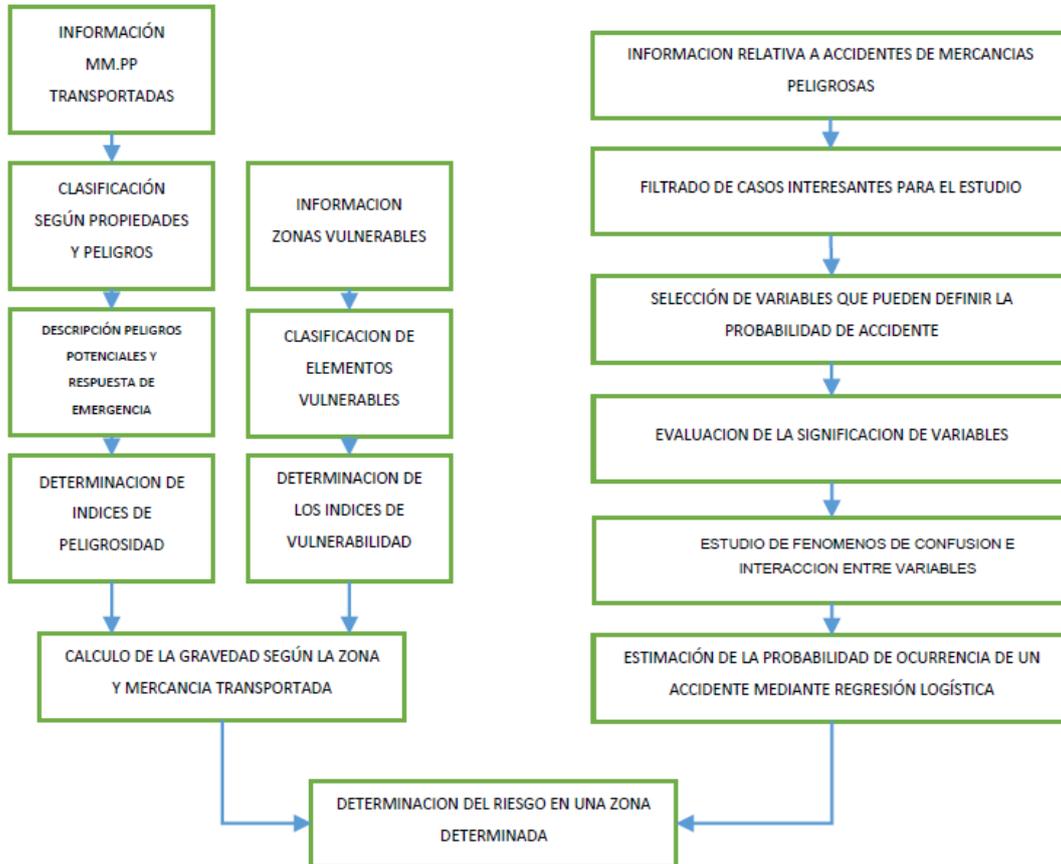


Ilustración 1- Diagrama determinación Riesgo

Capítulo 4: Proyecto VANE

4.1. Objetivo y justificación

El objetivo de este capítulo es el de introducir los datos y resultados del proyecto de Valoración de los Activos Naturales de España (VANE). El proyecto ofrece por primera vez una valoración económica del conjunto de bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas presentes en todo el territorio español. Estas valoraciones van a ser empleadas en forma de mapas “ráster”, como variables de datos, para crear posteriormente un modelo matemático que refleje la cuantía económica total de la vulnerabilidad ambiental.

Estos mapas son de gran utilidad puesto que nos permitirán obtener un dato real, en unidades monetarias (euros), en función de cómo se pudiese ver afectada un área del medio natural en el caso de que se produjese en una carretera de la comunidad de Castilla y León un accidente asociado al transporte de mercancías peligrosas.

Hemos elegido para nuestro estudio los datos del proyecto VANE porque este viene a dar una respuesta al interrogante suscitado de cómo comparar los progresos en materia económica, social y ambiental que soportan el concepto de desarrollo sostenible. También porque este surge como una herramienta de apoyo a la evaluación de la contribución del medio ambiente al desarrollo sostenible mediante la valoración de las rentas de los servicios ambientales en condiciones de mantenimiento de los ecosistemas. Y por último, como utilidad más evidente, que el medio ambiente forma parte de la “economía” más allá del mero hecho de ser fuente de recursos o receptor de residuos (como en nuestro caso de estudio, si se produjese un accidente que ocasionase el derrame de sustancias nocivas y contaminantes al medio). Es importante resaltar que el medio ambiente proporciona bienestar a la población susceptible de ser cuantificado y evaluado en términos monetarios.

A continuación pasamos a introducir los antecedentes del proyecto VANE, el propio proyecto en sí y sobre todo aquellos elementos de este que son de especial importancia para desarrollar un modelo matemático que nos sirva para obtener el valor numérico (en euros/hectárea/año) de la vulnerabilidad ambiental.

4.2. Antecedentes al proyecto VANE

Es necesario entender como en la actualidad, resulta innegable la importancia que la Sociedad otorga al medio natural como fuente de una

serie de funciones clave, que proporcionan unas condiciones de vida adecuadas a los actuales niveles de bienestar. Así, cada vez con mayor frecuencia, los gestores públicos se enfrentan a la tarea de determinar el valor de algunos bienes y servicios que la naturaleza presta y que, sin embargo, habitualmente carecen de precio de mercado o cuyo precio refleja escasamente la función o servicio prestado. Esta realidad está conduciendo al empleo de técnicas económicas para el establecimiento del “valor monetario” de dichos servicios.

La valoración económica de los servicios de la naturaleza ha experimentado un notable impulso en los últimos años gracias a la multitud de trabajos publicados así como al amplio número de profesionales de prestigio dedicados a esta disciplina. Probablemente el artículo con mayor repercusión científica haya sido el publicado por *Costanza et al.* A través de la revista *Nature* en 1997, en el cual se estima la contribución al bienestar del capital natural, por medio de una matriz de 17 servicios naturales que estarían producidos por 16 biomas diferentes de toda la Tierra.

El valor unitario de aquellos servicios para los que existía información se obtuvo por medio de un meta-análisis que recogía una extensa revisión bibliográfica y algunos cálculos propios, de manera que el valor agregado de los servicios de la biosfera, en el momento de realización del estudio, estaba comprendido en un rango entre 16 y 54 billones de dólares de 1994 al año. No obstante, los propios autores advierten que su objetivo era, además de ofrecer una aproximación de primer orden a esa magnitud, “plantear un marco de análisis para investigaciones futuras, señalar vacíos de información y estimular el debate y la investigación” (*Costanza et al. 1997*).

Este artículo se caracteriza por tratar múltiples servicios de los ecosistemas a una escala global. De hecho, quizás su importancia radica en que es el primer y casi único ejemplo a escala global. Sin embargo, pueden encontrarse trabajos anteriores que ya habían abierto esta línea de investigación y cuyas estimaciones fueron en ocasiones empleadas como información de base. Uno de los primeros es probablemente el de *Peters et al. (1989)*, sobre el bosque tropical húmedo amazónico, que trataba de poner de relieve los diferentes beneficios de la extracción de madera en ese ecosistema. En esa misma línea de ambientes tropicales cabe señalar el estudio del valor económico total de los bosques en México de *Adger et al. (1995)*, y, a una escala de mayor detalle, el estudio de *Eade y Moran (1996)* sobre valoración del área protegida de Río Bravo (Belice), pionero por el empleo de Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que permitió a sus autores ofrecer resultados referidos a celdas georreferenciadas de 50 por 50 metros que describían toda la extensión analizada. A escala global, pero sin

la intención de ofrecer valores referidos a una unidad de superficie, el trabajo sobre los beneficios de la biodiversidad de Pimentel et al. (1995) constituye probablemente un antecedente directo de Costanza et al. (1997).

Tras la publicación de estos trabajos, la línea de investigación ha seguido consolidándose y ampliándose. El propio Costanza ha participado en posteriores extensiones de su artículo como Sutton y Costanza (2002), en el que a los resultados del trabajo de 1997, añadía una cartografía del Producto Interior Bruto (PIB) del mundo basada en la energía lumínica capturada por imágenes de satélite nocturnas, para calcular lo que se denominaba como “subtotal de producción ecológica-económica”, y que permitiría determinar la importancia relativa de los servicios de los ecosistemas frente a los bienes y servicios producidos. Además, en la actualidad, el propio Costanza colabora con el proyecto EcoValue de la Universidad de Vermont y el Gund Institute for ecological Economics, que utiliza la misma técnica de transferencia de resultados aplicada en el trabajo inicial (Costanza et al. 1997), utilizando datos de estudios locales de zonas templadas de Estados Unidos y Europa.

Entre los resultados generados por esta iniciativa, cabe destacar el artículo de Troy y Wilson (2006), en el que se plantean algunos principios básicos para la denominada “transferencia de resultados espacialmente explícita” y se aborda el empleo de SIG como base para ofrecer estimaciones con significación territorial. Otras derivaciones del artículo de Costanza et al. (1997) son las de Kreuter et al (2001) y Zhao et al. (2004), en las que se estima el impacto sobre el bienestar debido a cambios en el uso del suelo (urbanización de superficie agrícola o forestal) o el trabajo de evaluación económica de un proyecto de restauración de humedales de Tong et al. (2007).

Cabe mencionar otros ejercicios como el proyecto MEDFOREX (MEDiterranean FOrest EXternalities), una iniciativa encaminada a descubrir el valor de las externalidades de los bosques mediterráneos de países del Sur de Europa, Oriente Medio y Norte de África. En España, investigadores del Instituto de Economía y Geografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha elaborado, como marco de análisis, las Cuentas Económicas Agroforestales (CAF), una propuesta propia, lanzada en paralelo al sistema IEEAF (Integrated Environmental and Economic Accounting for Forests) del grupo de trabajo en cuentas ambientales de la Unión Europea, que pretende superar las deficiencias del sistema normalizado de contabilidad nacional. Las CAF toma como fundamento teórico el concepto de renta hicksiana y aborda la valoración de rentas comerciales y ambientales (Campos y Caparrós, 2006; Caparrós et al. 2001).

En definitiva, se observa una evolución técnica y científica desde el carácter descriptivo de los primeros trabajos hacia una mayor sofisticación e interés por aplicar el concepto de valor de los servicios de los ecosistemas a la evaluación de los impactos producidos por la modificación del territorio.

Por último, pero no menos importante, es necesario hacer referencia en esta revisión de antecedentes a la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, por sus siglas en inglés), una iniciativa promovida por un conjunto de agencias de Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales, cuyo objetivo ha sido evaluar el estado y evolución de los ecosistemas del mundo al inicio del tercer milenio. Si bien el énfasis de este trabajo está en la descripción, evaluación cualitativa y previsión de tendencias futuras, la idea de que los servicios ambientales contribuyen de forma clara a garantizar la supervivencia y los niveles de bienestar de las sociedades ha quedado definitivamente establecida. Además, llama la atención sobre la evolución negativa a escala global de los niveles de provisión de muchos de estos servicios como consecuencia de un aumento sostenido de la presión sobre los ecosistemas que los generan. De alguna manera, la MEA realizado por Naciones Unidas, ha contribuido significativamente a definir de forma institucional los esfuerzos por cuantificar económicamente la contribución de los activos naturales al bienestar humano.

4.3. El proyecto VANE

El conocimiento científico-técnico actual y los medios tecnológicos existentes posibilitan la realización de proyectos complejos de valoración de las funciones y servicios ambientales en todo el territorio español. Se dan, en todo caso, las condiciones para apoyar un esfuerzo de investigación en este campo, que no sería posible sin la masa crítica de investigadores que en este momento ya existe en nuestro país.

En el año 2005, desde el entonces Ministerio de Medio Ambiente, por su notable responsabilidad en esta materia, se consideró oportuno impulsar un trabajo de valoración integral de las funciones y servicios ambientales que sintéticamente se ha denominado como “Valoración de los Activos Naturales de España” o de forma resumida “proyecto VANE”.

La “Valoración de los Activos Naturales de España” es un proyecto que ofrece la posibilidad de determinar el valor económico de las funciones y servicios ambientales en cada una de las hectáreas del territorio nacional. Los resultados de VANE se plasman en coberturas cartográficas, en formato ráster, permitiendo conocer las funciones y los servicios ambientales que

existen en cada punto del territorio (terrestre y marino) así como la importancia relativa del mismo en unidades monetarias referidas al año 2005.

Se trata, por tanto, de un trabajo innovador por su escala y nivel de detalle, que tiene como objetivo ofrecer una herramienta práctica para múltiples utilidades del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, y por extensión de la Administración Pública y la Sociedad en general.

4.3.1. El enfoque

El valor económico del medio natural depende de diversos factores que van desde los precios en el mercado, en alguno de los bienes y servicios evaluados, hasta la percepción subjetiva del valor, en otros casos. Tanto unos como otros son de carácter dinámico, unos con referencia a las reglas del mercado, que marcan su estabilidad o variación; los otros sujetos a los cambios de apreciación individuales y colectivos. En general, todos sometidos a la propia evolución de los aspectos naturales.

Uno de los principios en los que se basa el trabajo es valorar un sistema general de explotación y uso sostenible de los activos naturales, por lo que se pretende determinar el valor de los activos en una situación de equilibrio entre la presión total de uso del activo y su capacidad de regeneración.

El otro principio básico es la forma de plantear la valoración de los activos. En este trabajo, la determinación del valor de los activos naturales se considera el resultado de la integración de los valores de “uso y no uso”, siendo los primeros aquellos que se pueden englobar en las características de utilización directa, como las materia primas, indirecta, como la regulación de los ciclos naturales o asimilación de residuos, o de opción, como relativos a las posibilidades aún por descubrir de dichos activos naturales. Asimismo, los valores de “no uso” pueden considerarse como los valores susceptibles de transferir a las generaciones futuras o aquellos de apreciación intrínseca de carácter individual como es la valoración de los activos por su propia existencia. En el proyecto se ha considerado de manera reducida los valores de no uso, pues su cuantificación es, al menos, cuestionada por muchos investigadores en materia de economía ambiental.

Por último, indicar que mediante el presente proyecto se determinaron las rentas y no el capital natural, al entender que dado que el punto de partida es la sostenibilidad, lo lógico es evaluar los servicios de la

naturaleza en condiciones de prestación definida, sin riesgo para la propia pervivencia del ecosistema que los proporciona. Es decir, vivir de los intereses de un capital bien gestionado. En definitiva, se optó por valorar las rentas de los servicios naturales y no el capital natural.

4.3.2. La organización: el soporte científico-técnico

Bajo la dirección de la Administración del Estado, la ejecución del proyecto fue encomendada al Área de Desarrollo Rural de Tragsatec.

El soporte científico fue desarrollado bajo la dirección del equipo de Economía Ambiental del Departamento de Fundamentos de Economía e Historia Económica de la Universidad de Alcalá, con la colaboración de:

- Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias de la Escuela Técnica superior de Ingenieros agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.

- Departamento de Economía y Gestión Forestal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de la Universidad de Córdoba.

- Departamento de Economía Aplicada de la Universitat de les Illes Balears/Universidad de las Islas Baleares.

- Departamento de Fundamentos de Análisis Económico de la Euskal Herriko Unibertsitatea/Universidad del País Vasco.

La asistencia científica se materializó en una serie de estudios piloto llevados a cabo por los equipos de valoración, aplicando los protocolos metodológicos elaborados para VANE a casos concretos. Posteriormente, dichos estudios se tomaron como base para establecer las directrices metodológicas conducentes a la valoración del conjunto del Estado.

Establecidos los fundamentos científicos se procedió a elaborar los mecanismos para la extensión de los protocolos de valoración al ámbito de VANE, mediante la adaptación de la metodología a las circunstancias nacionales en cuanto a aspectos clave: escala, información disponible, automatización de procesos, etc.

4.3.3. Activos y servicios considerados

Se denominada “activo” a todo aquello que genera un flujo de rentas para su poseedor, considerándose como un concepto próximo al de “capital natural”. Por otra parte “los servicios naturales” representan los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de las

funciones de los ecosistemas. De esta manera, los sistemas naturales pueden ser modelizados como un conjunto de activos que proporcionan una serie de servicios.

La identificación de los distintos activos existentes en el territorio se ha realizado adoptando el Mapa Forestal de España (MFE) como cartografía de base, siendo éste complementado con “CORINE Land Cover 2000” para el desglose de los cultivos agrícolas. Como resultado de la combinación de ambos mapas se ha obtenido una cobertura de usos del suelo específica para VANE, denominada Mapa Forestal de España adaptado a VANE (MFEV). Los usos del suelo distinguidos en el MFEV (un total de 53) pertenecen a 5 grandes grupos de activos suministradores de servicios, siendo considerados para la valoración aquellos no artificiales (Tabla 1).

Activos naturales
Bosques
Suelo agrícola y pastizales
Aguas continentales
Franja costera
Mar abierto y plataforma continental

Tabla 16- Activos Considerados

Dentro de cada grupo de activos se han identificado y analizado los servicios proporcionados, tomando como referencia para ello la bibliografía preexistente y la información disponible (cartográfica y alfanumérica). Como resultado se han seleccionado un total de 30 servicios (Tabla 2) pertenecientes a 8 categorías clásicas en el ámbito de la valoración ambiental: producción de alimentos y materias primas, provisión de agua,

servicios recreativos, caza y pesca deportiva, control de la erosión, tratamiento de vertidos, captura de carbono y conservación de la diversidad biológica.

Los servicios son considerados la unidad funcional básica de los ecosistemas, por lo que los procedimientos y metodologías de valoración se han diseñado específicamente para cada uno de ellos.

GRUPO	SERVICIO
Producción de alimentos y materias primas	Producción de madera
	Producción de leña
	Producción de piñones
	Producción de corcho
	Producción de hongos
	Producción agraria
	Producción ganadera forestal
	Producción pesquera capturada en Océano

	Máximo de opción de pesca en océano
	Mínimo de opción de pesca en océano
	Producción de mat. primas y pesca cultivada en océano
	Provisión de agua para uso agrícola
	Provisión de agua para uso industrial
	Provisión de agua para uso doméstico
	Provisión de agua para uso energético
Servicios recreativos	Servicio recreativo en costa residentes
	Servicio recreativo en costa no residentes
	Servicio recreativo en el interior

Caza y pesca deportiva	Caza menor
	Caza mayor
	Pesca en aguas continentales
Control de la erosión	Control de la erosión
Tratamiento de vertidos	Trat. de vertidos en aguas continentales
	Trat. de vertidos en el océano
Captura de carbono	Captura de carbono por el arbolado
	Captura de carbono por el matorral
	Captura de carbono en suelo agrícola
	Captura de carbono en turberas
	Captura de carbono en el océano
Conservación de la diversidad biológica	Conservación de la diversidad biológica

Total=30 servicios considerados	
---------------------------------	--

Tabla 17- Servicios Considerados

4.3.4. Objetivos

La “Valoración de los Activos Naturales de España” persigue el objetivo principal de conocer el valor, expresado en unidades de flujo, €/año, de los bienes y servicios proporcionados por los recursos naturales en la totalidad del territorio español, así como de asignar dicho valor al lugar concreto que lo proporciona con una precisión geográfica de 1 hectárea.

Este objetivo general puede desglosarse en los siguientes objetivos específicos del Proyecto VANE:

- Establecer métodos eficaces para determinar los valores económicos asociados a los bienes y servicios ambientales.

- Contribuir a la optimización de los procesos de toma de decisión colectiva sobre la gestión del medio ambiente, así como de servir de referencia para estudios de detalle sobre los usos alternativos de los recursos naturales.

- Proporcionar una herramienta práctica para múltiples utilidades del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, y por extensión de la Administración Pública.

- Incrementar la información disponible sobre los beneficios que el entorno natural ofrece a la Sociedad.

- Evaluar los costes que supone la degradación, deterioro o desaparición del medio ambiente o de algunos de sus componentes.

- Ayudar en la toma de decisiones sobre gestión del territorio y definición de las políticas públicas.

- Evaluar la variación, positiva o negativa, del capital natural en los balances de la actividad social, y analizar, por lo tanto, la sostenibilidad de los sistemas de explotación y aprovechamiento.

4.3.5. Presentación y análisis de los resultados del proyecto del VANE

A continuación, de los 30 servicios considerados anteriormente en la Tabla 2, los cuales nos permiten cuantificar diferentes aspectos ambientales en el área nacional, pasamos a presentar y analizar aquellos que son relevantes para nuestro objeto de estudio. Es decir, pasamos a analizar

aquellos servicios significativos para la comunidad de Castilla y León (que son, finalmente, un total de 18).

4.3.5.1 Producción de alimentos y materias primas

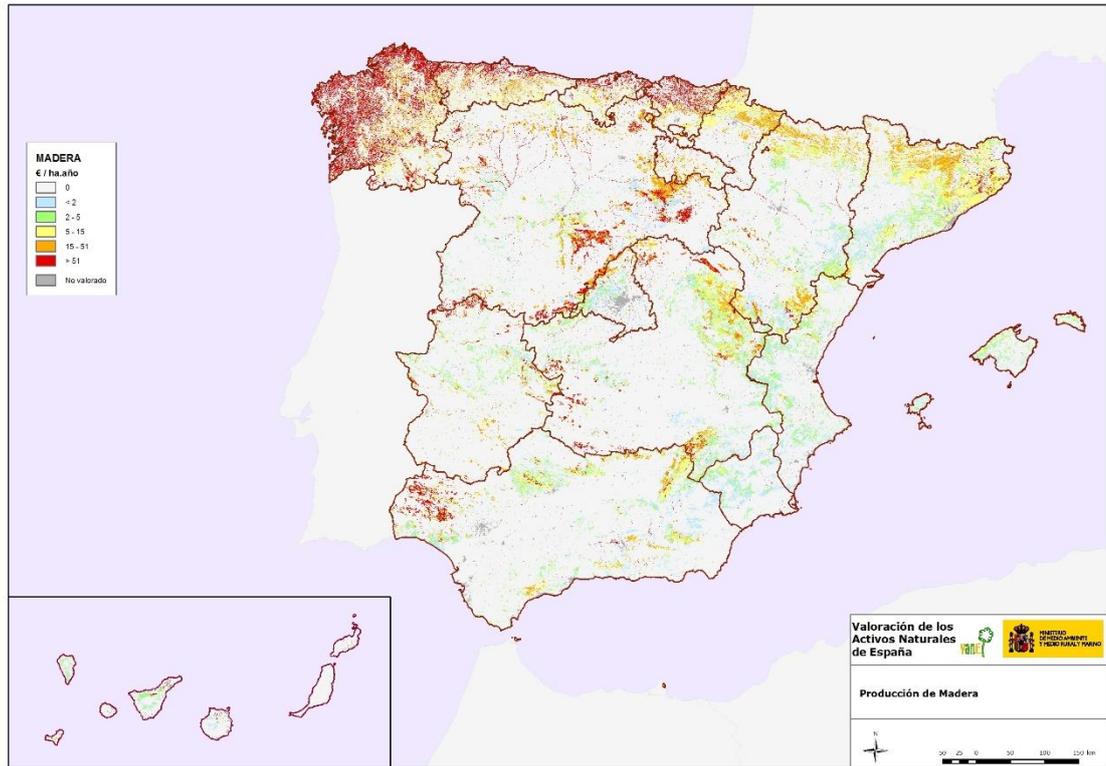
4.3.5.1.1. Producción de madera

El servicio de producción de madera hace referencia a la producción real de madera que suministran los montes españoles de manera sostenible. La superficie total de los usos del suelo considerados como potenciales productores de madera asciende a cerca de 16 millones de hectáreas, si bien únicamente entorno al 60% de dicha superficie se ha declarado productora comercial de madera. Los criterios en base a los cuales se ha determinado esta superficie han sido los siguientes: el tipo de masa según su composición sea pura o mixta, el estado de las especies (latizal o fustal), el interés comercial de las especies, el uso del suelo, la pendiente media del terreno y la pertenencia a espacios naturales protegidos, en concreto a Parques Nacionales.

Como resultado, los bosques de plantación han recibido el mayor valor, siendo el total de 258 millones de euros. Destacar el resultado obtenido para los bosques de ribera, los cuales presentan un valor por hectárea de 118,03 euros. Esta circunstancia es coherente con el hecho de que las plantaciones productoras de madera de chopo estén incluidas en este uso del suelo.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque de plantación	133,23
Bosque	20,85
Árboles Fuera de Monte (Riberas)	118,03
Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	53,60
Moisaico arbolado sobre forestal desarbolado	31,84
Total	46,73

Tabla 18- Valor de la producción maderera por usos del suelo



Mapa 1- Mapa de valor de la producción de madera (€/ ha año)

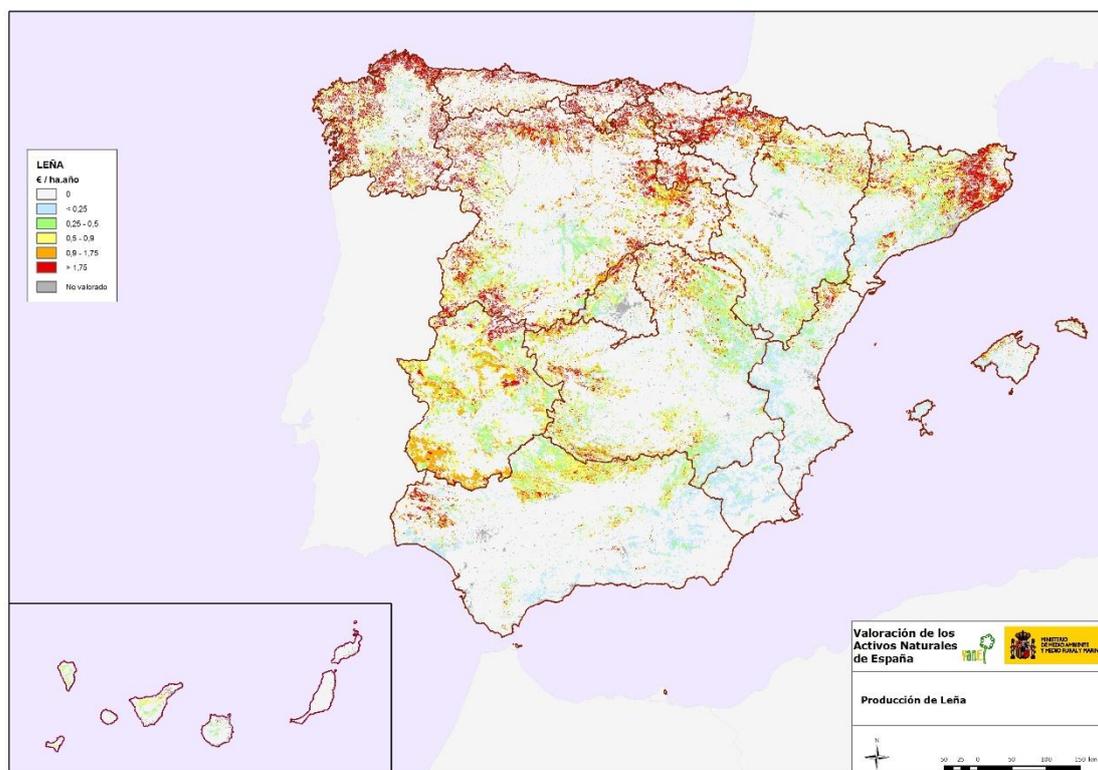
4.3.5.1.2. Producción de leña

La producción de leña se valora mediante criterios coherentes con la producción de madera ya que ambas se encuentran íntimamente relacionadas, siendo el monte arbolado el activo suministrador de ambos bienes. El criterio de sostenibilidad se garantiza asignando a cada tesela del territorio un aprovechamiento de madera y leña que, en conjunto, no supere el crecimiento anual de la masa en volumen. Esto es, el incremento del volumen del bosque se destinará a madera y leña conforme a las estadísticas oficiales, mientras el restante volumen al no ser aprovechado representará un depósito estable de carbono.

Al igual que en el caso de la madera se han establecido una serie de criterios con el fin de determinar la superficie productora de leña con destino comercial. Los criterios hacen referencia a la fracción de cabida cubierta, al tipo de masa según su composición (pura o mixta), al uso del suelo, al estado de las especies (monte bravo, latizal y fustal), al interés comercial de las especies, a la pendiente media y a la pertenencia o no a un Parque Nacional.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque de plantación	1,50
Bosque	1,32
Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesado	0,80
Cultivos agrícolas con arbolado adhesado	0,60
Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	1,23
Árboles Fuera de Monte (Riberas)	0,83
Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	1,34
Total	1,26

Tabla 19- Valor de la producción de leña por usos del suelo



Mapa 2- Mapa de valor de la producción de leña (€/ ha año)

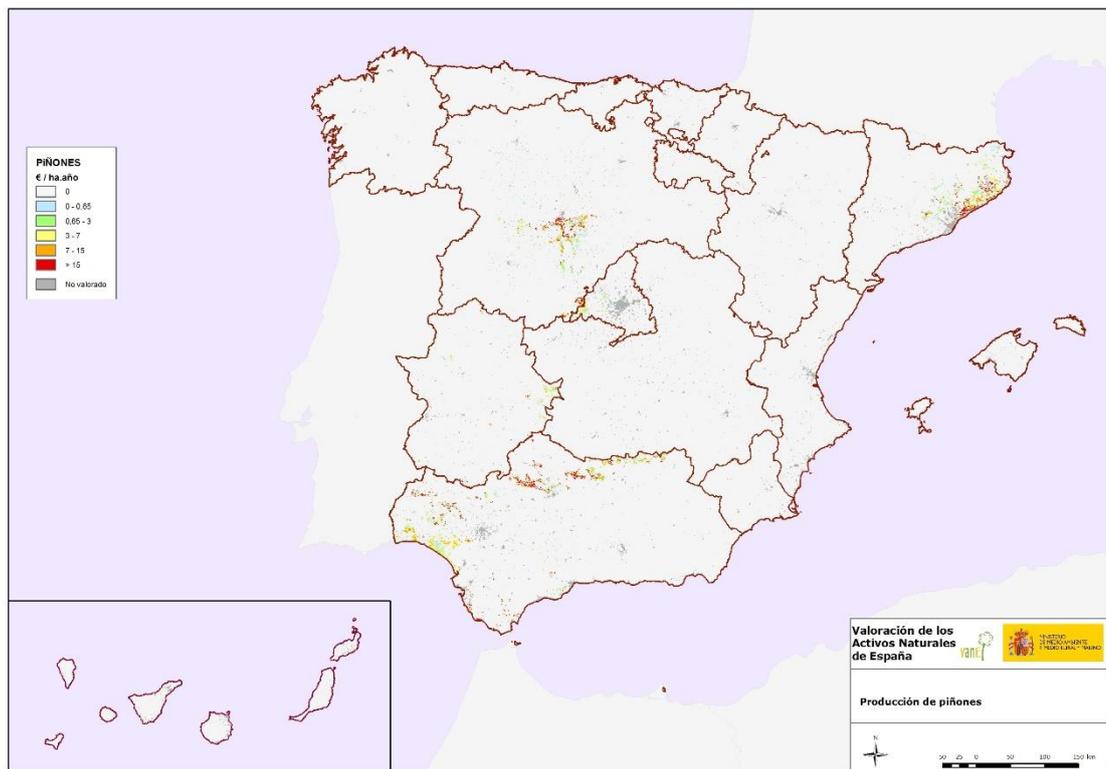
4.3.5.1.3. Producción de piñones

La producción de piñones ha sido evaluada exclusivamente en las provincias declaradas productoras según el Anuario de Estadística Agroalimentaria. Dentro de estas provincias únicamente se han seleccionado las teselas arboladas con presencia de pies maduros de Pinus

pinea (latizales y fustales), estas premisas explican que únicamente hayan recibido valor no nulo 648.617 ha.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	8,44
Bosque de plantación	9,65
Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	13,91
Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado	1,44
Árboles Fuera de Monte (Riberas)	4,79
Cultivos agrícolas con arbolado adherado	3,02
Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	2,61
Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	3,81
Total	8,60

Tabla 20- Valor de la producción de piñones por usos del suelo



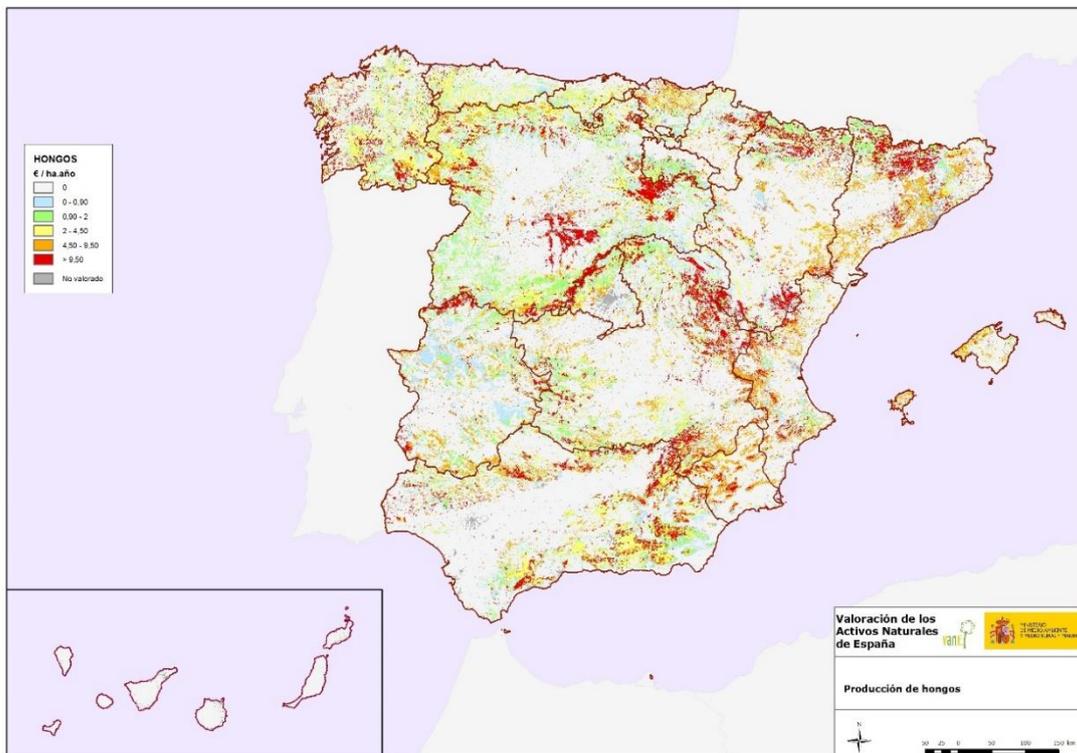
Mapa 3- Mapa de valor de la producción de piñones (€/ha año)

4.3.5.1.4. Producción de hongos

La producción comercial de hongos se ha evaluado a través de un modelo estadístico, que ha permitido estimar el aprovechamiento real en el conjunto del Estado a partir de los datos publicados para Castilla y León en el proyecto MICODATA. Las variables explicativas de dicho modelo han sido el uso del suelo, las especies vegetales presentes, la fracción de cabida cubierta, la altitud, la pendiente, la temperatura y las precipitaciones.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	11,21
Bosque de plantación	16,88
Matorral	2,14
Herbazal	1,02
Pastizal-matorral	1,31
Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	7,52
Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	3,45
Árboles Fuera de Monte (Riberas)	0,97
Total	8,37

Tabla 21- Valor de la producción de hongos por usos del suelo



Mapa 4- Mapa de valor de la producción de hongos (€/ ha año)

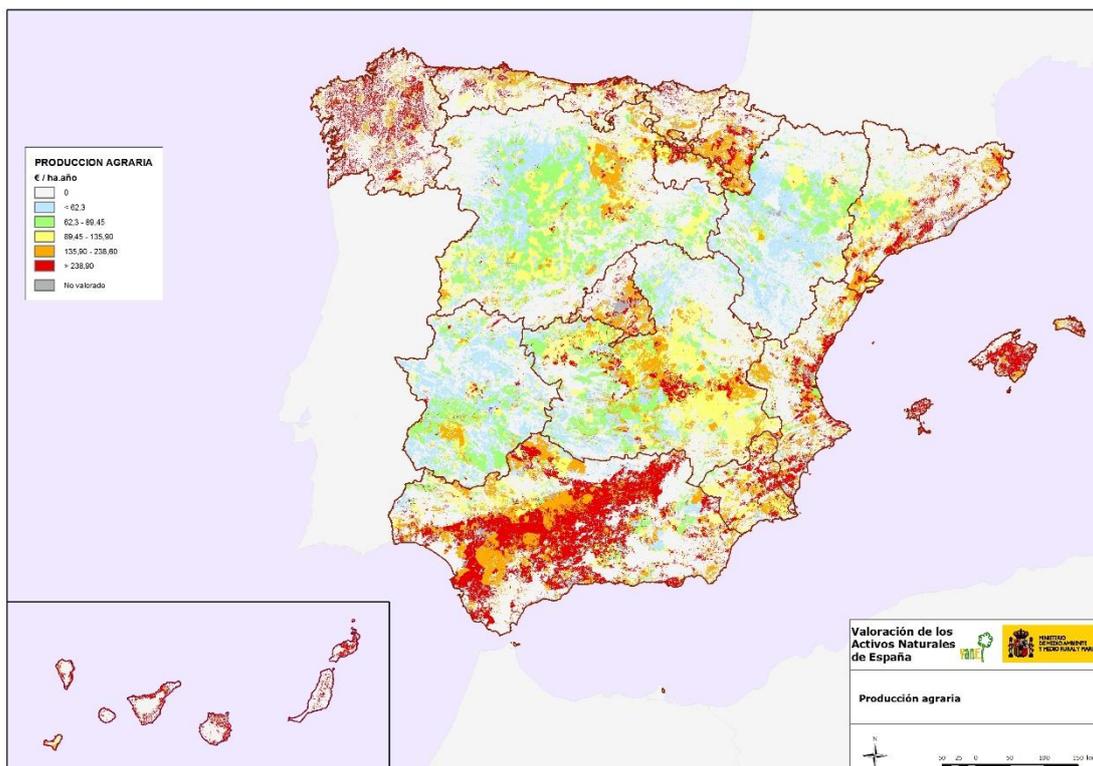
4.3.5.1.5. Producción agraria

La estadística sobre precios de la tierra agrícola ha servido como base para la evaluación del servicio de producción agraria. Se ha tomado como referencia únicamente el precio de los cultivos en secano con el fin de no incorporar en este estudio el valor del agua de riego.

La vía de valoración escogida, a través de la Encuesta de Precios de la Tierra, conduce a que en el presente servicio no se considere únicamente la producción agrícola y ganadera, sino que en adición, se pueden estar incluyendo otros servicios con repercusión sobre el precio. Es el caso de la caza, y de otras producciones de bienes con precio de mercado: corcho, leña, etc. Asimismo pueden estar incluidos otros aspectos no necesariamente ligados a los recursos naturales del territorio, como son las subvenciones que reciben los cultivos y determinados valores de opción sobre la tierra.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Tierras de labor en secano	129,83
Olivares	535,38
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	199,70
Cultivos herbáceos en regadío	121,39
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	179,74
Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	263,39
Viñedos	447,72
Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesado	72,93
Otras zonas de irrigación	2.135,93
Prados y praderas	169,31
Mosaico de cultivos permanentes	194,34
Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	141,94
Frutales	211,22
Otros frutales	244,81
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	383,72
Prado con setos	174,99
Cultivos agrícolas con arbolado adhesado	118,55
Mosaico de prados o praderas	143,14
Frutas tropicales	287,35
Total	177,82

Tabla 22- Valor de la producción de agraria por usos del suelo



Mapa 5- Mapa de valor de la producción agraria (€/ha año)

4.3.5.1.6. Producción ganadera forestal

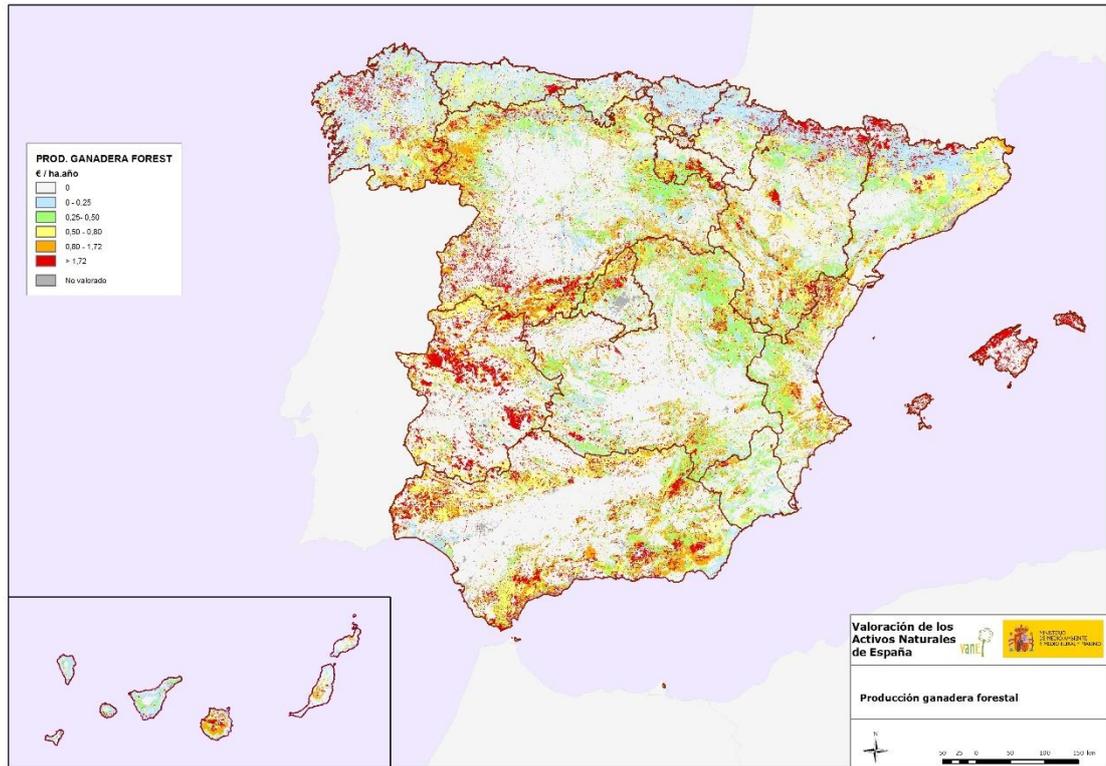
La producción de pastos en los terrenos forestales se ha evaluado empleando como valor de anclaje las unidades de ganado mayor (UGM) en régimen extensivo existentes en cada provincia. El reparto de las UGM a cada uso del suelo productor de pastos ha tenido como consecuencia disponer de valores para la totalidad de la superficie forestal considerada.

El modelo de asignación al territorio penaliza a las masas arboladas con altas fracciones de cabida cubierta, asignándoles menor valor que a las aclaradas. En sentido contrario actúa la productividad potencial forestal (a mayor productividad se ha asignado mayor valor del pasto).

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Herbazal	61,65
Bosque	0,91
Bosque de plantación	1,61
Matorral	0,82
Pastizal-matorral	1,54
Arboles Fuera de Monte (Bosquetes)	1,78
Arboles Fuera de Monte (Riberas)	1,39

Árboles Fuera de Monte (Árboles sueltos)	21,41
Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	1,89
Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	1,99
Total	5,07

Tabla 23- Valor de la producción ganadera forestal por usos del suelo



Mapa 6- Mapa de valor de la producción ganadera forestal (€/ha año)

4.3.5.2. Provisión de agua

4.3.5.2.1. Provisión de agua para uso agrícola

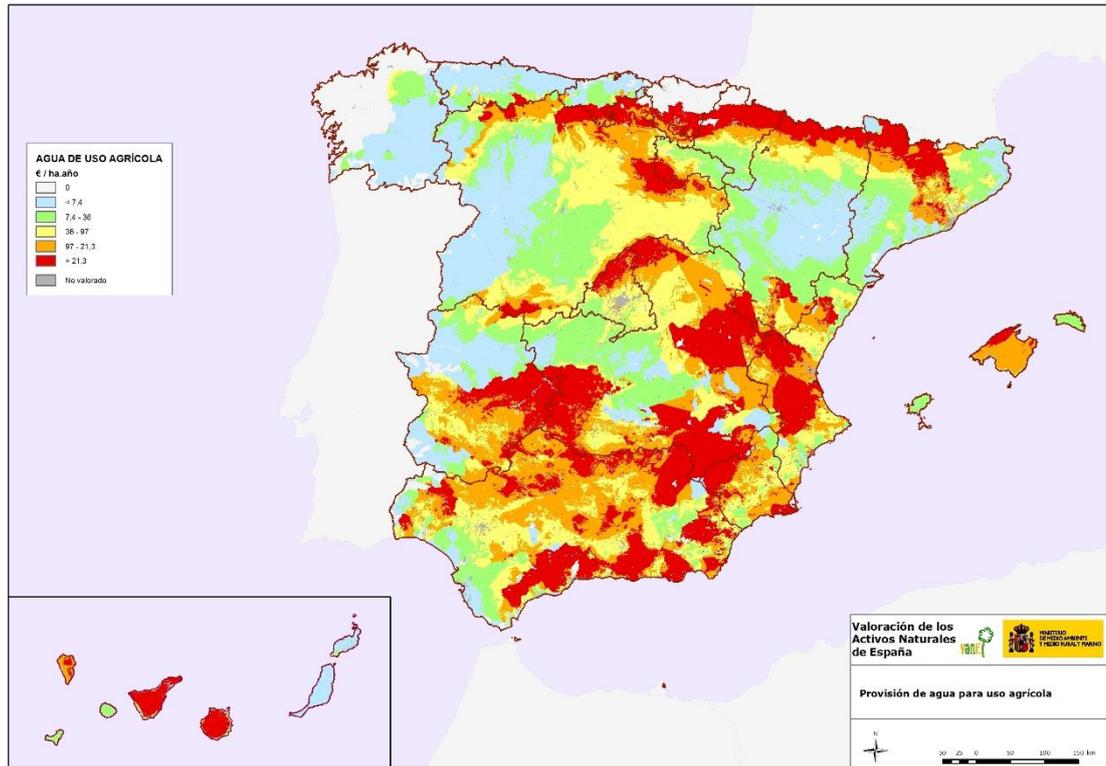
El agua empleada en el riego de los cultivos agrícolas se ha valorado a partir de la estructura de costes de cada cultivo. Una vez calculado el valor en destino (parcela de regadío), se remonta aguas arriba hasta su origen, lugar que finalmente recibe el valor. Esta premisa conduce a que las subcuencas hidrológicas ubicadas en las cabeceras reciban un valor superior a las ubicadas aguas abajo. Dentro de cada subcuenca se ha asignado un valor diferencial a cada píxel en base a la cantidad de agua que aporta

conforme al “Sistema Integrado para la Modelación del proceso Precipitación Aportación” (SIMPA) elaborado por el CEDEX.

La totalidad de usos identificados en el mapa han recibido valor para este servicio (existe al menos una superficie de los mismos que aporta agua que posteriormente será aprovechada para riego). Las regiones del territorio que figuran con valor nulo se interpretan como zonas con aportación nula de agua y zonas que no cuentan con cultivos en regadío aguas abajo (principalmente se trata de subcuencas endorreicas o vertientes directamente al mar). Estas apreciaciones son extensibles a los servicios de provisión de agua para uso doméstico e industrial (en estos casos figuran con valor cero las subcuencas que no tienen núcleos urbanos aguas abajo), provisión de agua con fines energéticos (contarán con valor cero las subcuencas que no tengan centrales hidroeléctricas aguas abajo) y provisión de agua para tratamiento de vertidos (contarán con valor cero las subcuencas en las que no se produzcan vertidos aguas abajo).

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	215,37
Tierras de labor en secano	100,55
Matorral	178,27
Pastizal-matorral	252,11
Bosque de plantación	163,37
Herbazal	187,03
Olivares	157,61
Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesado	115,06
Cultivos herbáceos en regadío	74,12
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	112,31
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	100,86
Monte sin vegetación superior	277,55
Prados y praderas	154,76
Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	123,08
Mosaico de cultivos permanentes	142,38
Frutales	181,98
Cultivos agrícolas con arbolado adhesado	143,13
Embalses	163,96
Viñedos	60,25
Total	154,95

Tabla 24- Valor de la provisión de agua para uso agrícola por usos del suelo



Mapa 7- Mapa de valor de provisión de agua para uso agrícola (€/ha año)

4.3.5.2.2. Provisión de agua para uso industrial

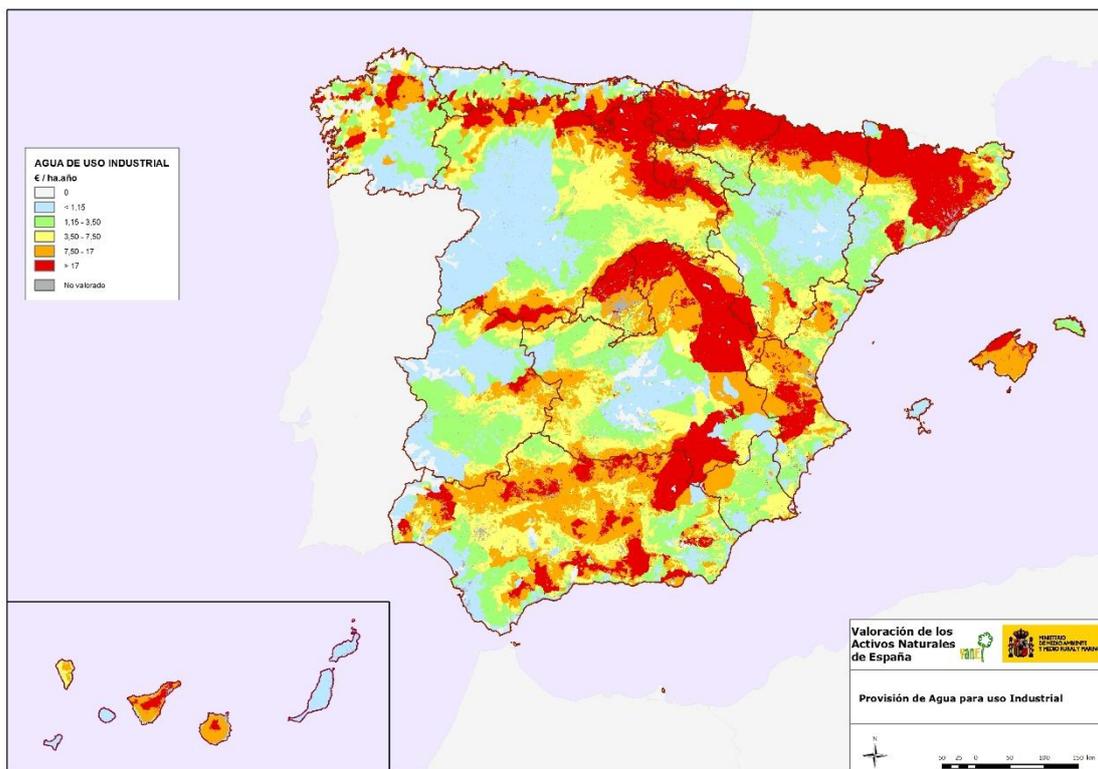
El aprovechamiento del agua continental para el desarrollo de procesos industriales se ha evaluado empleando las “Tablas Input-Output” y las estadísticas sobre captaciones autorizadas y cánones satisfechos proporcionadas por las distintas Confederaciones Hidrográficas.

Los bosques y matorrales son los principales suministradores de este servicio,, siendo asimismo notable la aportación de los bosques de plantación y las tierras de labor en secano, si bien los valores por hectárea de estos últimos son relativamente inferiores (el valor de un bosque promedio asciende a 27 euros/hectárea/año, mientras el de las tierras de labor se cifra en 8 euros/hectárea/año).

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	26,83
Matorral	17,42
Tierras de labor en secano	7,76
Bosque de plantación	24,08
Herbazal	25,97
Pastizal-matorral	11,84

Prados y praderas	38,49
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	14,39
Monte sin vegetación superior	46,70
Olivares	9,12
Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado	5,29
Cultivos herbáceos en regadío	4,70
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	5,72
Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	12,08
Prado con setos	19,82
Viñedos	6,24
Árboles fuera de monte (Riberas)	16,90
Otros	8,69
Total	16,31

Tabla 25- Valor de la provisión de agua para uso industrial por usos del suelo



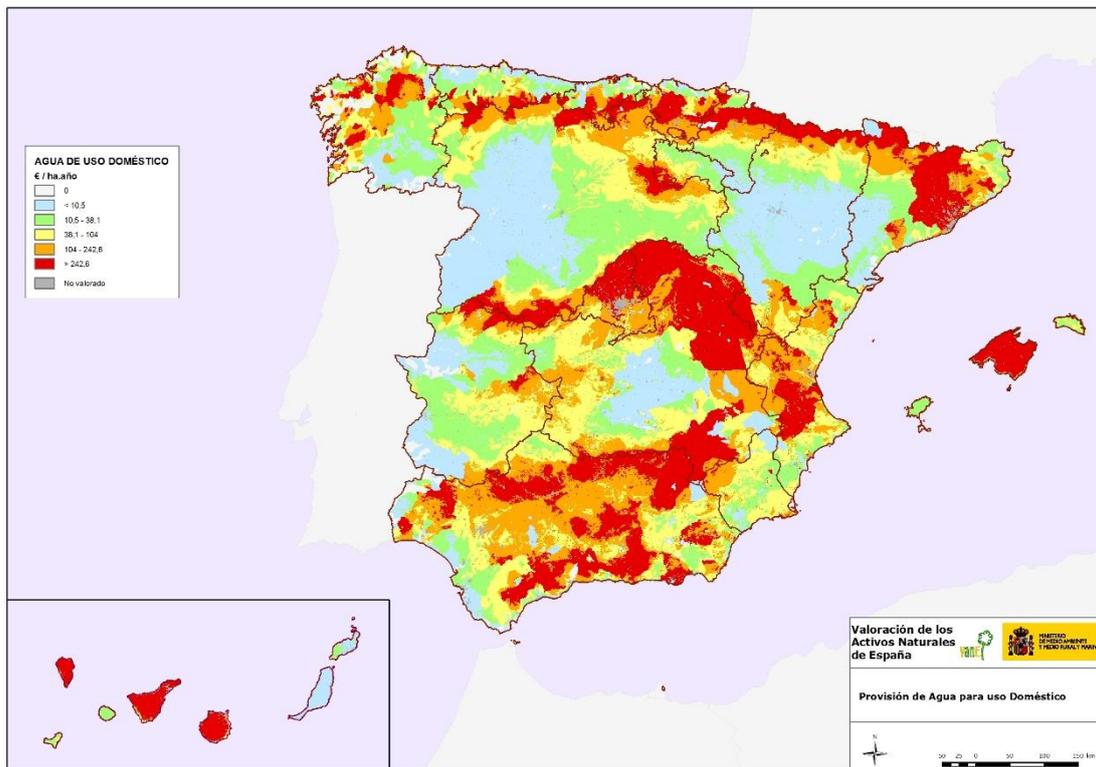
Mapa 8- Mapa de valor de provisión de agua para uso industrial (€/ ha año)

4.3.5.2.3. Provisión de agua para uso doméstico

La valoración del agua empleada en los usos domésticos se ha basado en el estudio de la demanda y el consumo de este bien mediante la estimación del excedente del consumidor. El conocimiento de dicho excedente, estimado a partir de los datos estadísticos preexistentes, posibilita la inclusión de este servicio de la disposición a pagar por la Sociedad, viniendo está definida por el intervalo existente entre la tarifa satisfecha actualmente en cada Comunidad Autónoma, y el precio que supone el suministro mediante camión cisterna, siendo éste el extremo superior del intervalo.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	274,13
Matorral	234,53
Tierras de labor en secano	100,79
Bosque de plantación	189,97
Pastizal-matorral	188,21
Herbazal	196,88
Olivares	180,97
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	155,76
Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesado	94,71
Cultivos herbáceos en regadío	67,40
Prados y praderas	213,05
Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	174,75
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	91,82
Monte sin vegetación superior	307,46
Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	163,08
Otros	128,65
Total	180,95

Tabla 26- Valor de la provisión de agua para uso doméstico por usos del suelo



Mapa 9- Mapa de valor de provisión de agua para uso doméstico (€/ ha año)

4.3.5.2.4. Provisión de agua para uso energético

El agua con fines hidroeléctricos se valora a través de los costes en los que la Sociedad evita incurrir, al no tener que generar esa energía a través de otras tecnologías.

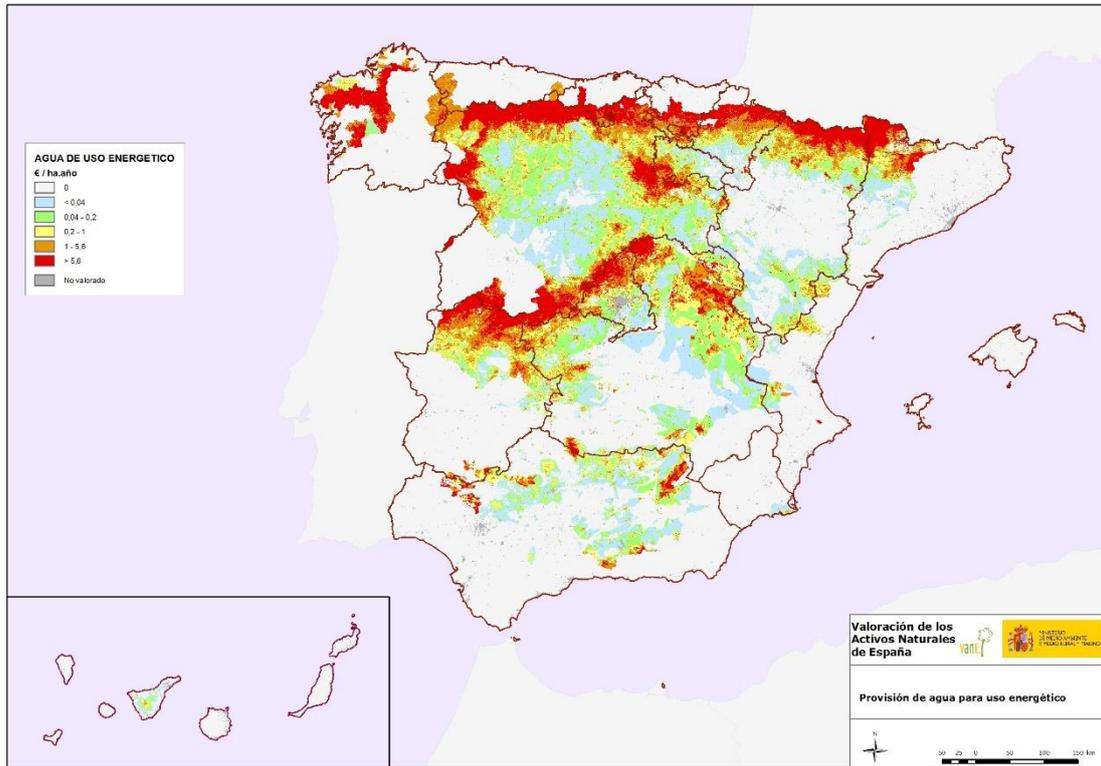
Calculado el valor total, éste es asignado únicamente a las subcuencas hidrológicas que cuentan con alguna central de generación de aguas abajo. El reparto diferencial a cada píxel se realiza en base al volumen de agua superficial aportado según el modelo SIMPA.

De promedio, en el conjunto del Estado, únicamente recibe valor del presente servicio el 52% de la superficie, dado que tal como se ha indicado tan sólo un determinado número de subcuencas vertientes presenta centrales hidroeléctricas aguas abajo.

Al igual que en los restantes servicios de provisión de agua, el bosque es el principal activo con el 27% del valor total seguido por el matorral (19%). Asimismo los montes sin vegetación superior y herbazales tienen una aportación notable (14% y 13% respectivamente); aspecto que indica la importancia de los usos del suelo característicos de las cuencas de cabecera.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	8,67
Matorral	18,41
Monte sin vegetación superior	201,06
Herbazal	30,45
Tierras de labor en seco	2,36
Bosque de plantación	9,27
Pastizales, prados o praderas con arbolado adherido	5,78
Prados y praderas	14,95
Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	12,15
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	4,31
Pastizal-matorral	2,92
Embalses	16,25
Cultivos herbáceos en regadío	2,12
Prado con setos	22,23
Olivares	2,21
Otros	3,67
Total	8,93

Tabla 27- Valor de la provisión de agua para uso energético por usos del suelo



Mapa 10- Mapa de valor de provisión de agua para uso energético (€/ ha año)

4.3.5.3. Servicios recreativos

4.3.5.3.1. Servicio recreativo en costa (residentes)

El servicio recreativo proporcionado por la costa a los residentes de los municipios litorales ha sido evaluado individualmente para cada uno de estos municipios aplicando el método del coste del viaje. De esta forma, como resultado, se ha obtenido un valor único para cada uno de los términos que cuentan con al menos una playa en su territorio.

4.3.5.3.1. Servicio recreativo interior

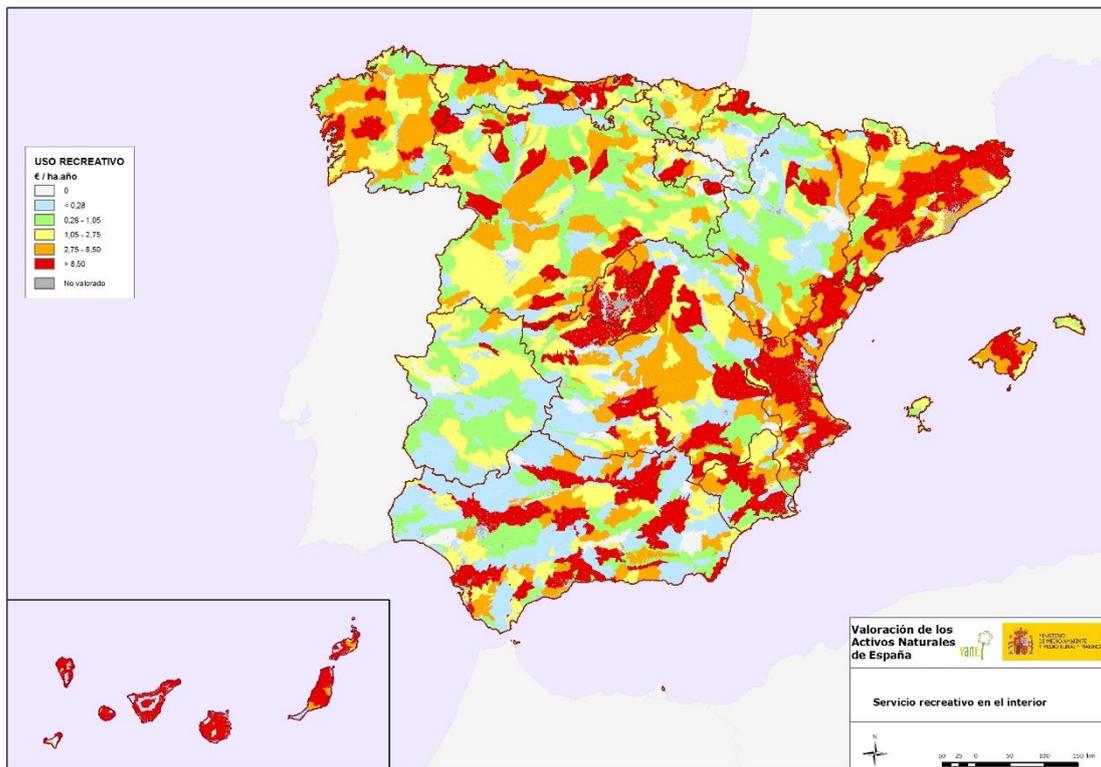
El servicio recreativo proporcionado por el medio natural del interior se ha valorado mediante una transferencia de resultados a partir de la disposición a pagar por los visitantes (DAP). Se han aplicado dos modelos de valoración, uno específico para espacios naturales protegidos, y otro genérico aplicable al resto de unidades del paisaje.

El presente servicio se ha analizado en la totalidad del territorio nacional, si bien mediante la transferencia de resultados de la DAP se han obtenido valores significativos (iguales o superiores a 1 céntimo de euro) para el 96% del territorio considerado.

Los matorrales reciben la mayor proporción del valor (23%), seguidos de los montes sin vegetación superior (17%), los cuales asimismo presentan el mayor valor unitario (265,35 euros/hectárea/año). Esta clase incluye tanto los terrenos de alta montaña desprovistos de vegetación como otras estructuras de escasa vegetación como los desiertos y semidesiertos. Si bien debe tenerse en cuenta que las unidades geográficas objeto de valoración han sido las unidades de paisaje (descritas en el Atlas de los Paisajes de España, Ministerio de Medio Ambiente, 2004) y los espacios naturales protegidos; por lo que el aspecto recreativo debe entenderse como un servicio prestado por el conjunto del territorio y no únicamente por uno de sus elementos.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Matorral	27,94
Monte sin vegetación superior	265,35
Bosque	6,95
Tierras de labor en secano	8,64
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	10,61
Pastizal-matorral	7,18
Olivares	8,91
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	9,45
Cultivos herbáceos en regadío	5,72
Bosque de plantación	4,02
Viñedos	14,09
Otros	8,22
Total	11,53

Tabla 28- Valor del servicio recreativo interior por usos del suelo



Mapa 11- Mapa de valor del servicio recreativo en el interior (€/ ha año)

4.3.5.4. Caza y pesca deportiva

4.3.5.4.1. Caza menor

La caza menor se valora mediante las capturas declaradas bien a nivel de coto (recogidas en los planes técnicos de caza (o bien a nivel provincial, publicadas en las estadísticas oficiales AEA).

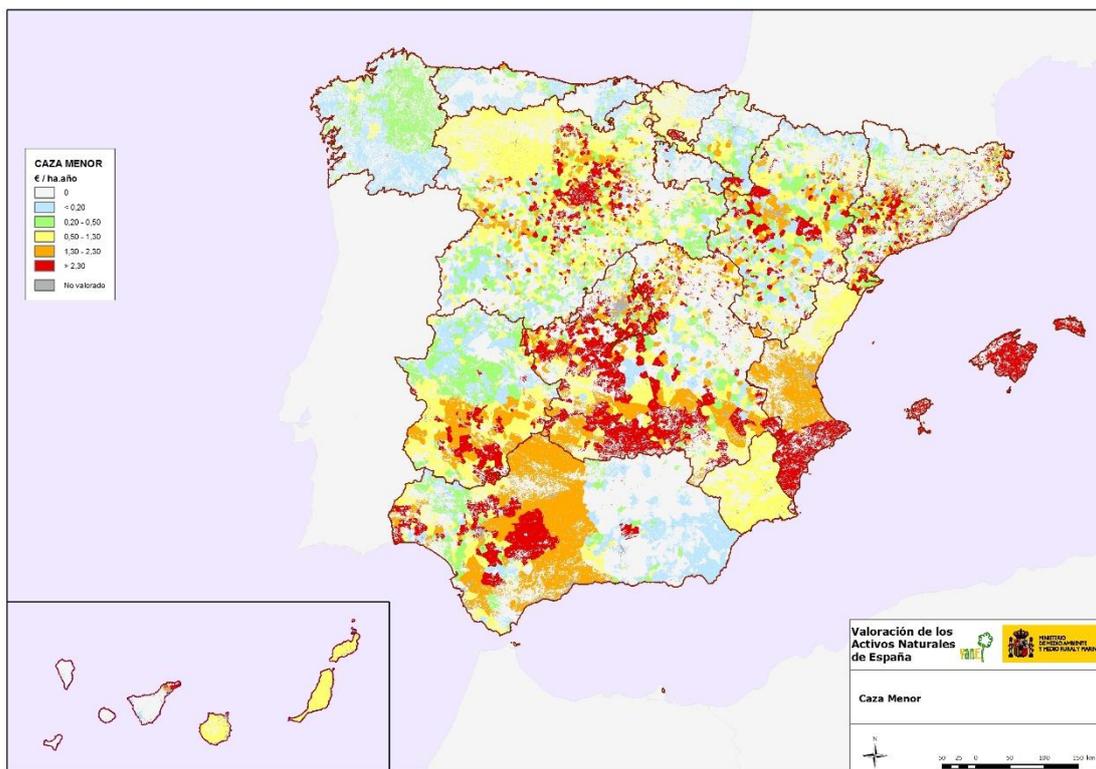
Los valores se asignan al lugar en el cual se producen, coto de caza o provincia, habiendo sido seleccionados únicamente aquellos usos del suelo considerados aptos como hábitat para la producción de caza menor.

En los casos en los que se dispone de una cobertura digital de los cotos de caza (facilitada por las Comunidades Autónomas), el valor que se asigna a cada uno de los mismos a partir de sus capturas. Esta circunstancia causa que no toda la superficie de los usos del suelo considerados como hábitat de la caza menor reciba valor, ya que no en toda se producen capturas; al igual que ocurre en el caso de la caza mayor. En concreto, el 87% de la superficie apta para la caza genera valor.

Destacan en este servicio, las tierras de labor en secano, las cuales aportan aproximadamente un tercio del valor total (17 mill. Euros). Entre los usos forestales, el de mayor importancia es el matorral, aglutinando el 9% del valor total (5 mill. Euros).

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Tierras de labor en secano	1,99
Matorral	1,16
Cultivos herbáceos en regadío	1,97
Pastizal-matorral	1,75
Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	1,44
Olivares	2,40
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	1,86
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	1,47
Mosaico de cultivos permanentes	3,95
Viñedos	2,45
Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	2,77
Herbazal	0,84
Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	2,66
Cítricos	2,92
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	1,99
Frutales	2,01
Otros frutales	2,51
Otros	1,26
Total	1,75

Tabla 29- Valor de la producción de caza menor según usos del suelo



Mapa 12- Mapa de valor de la caza menor (€/ha año)

4.3.5.4.2. Caza mayor

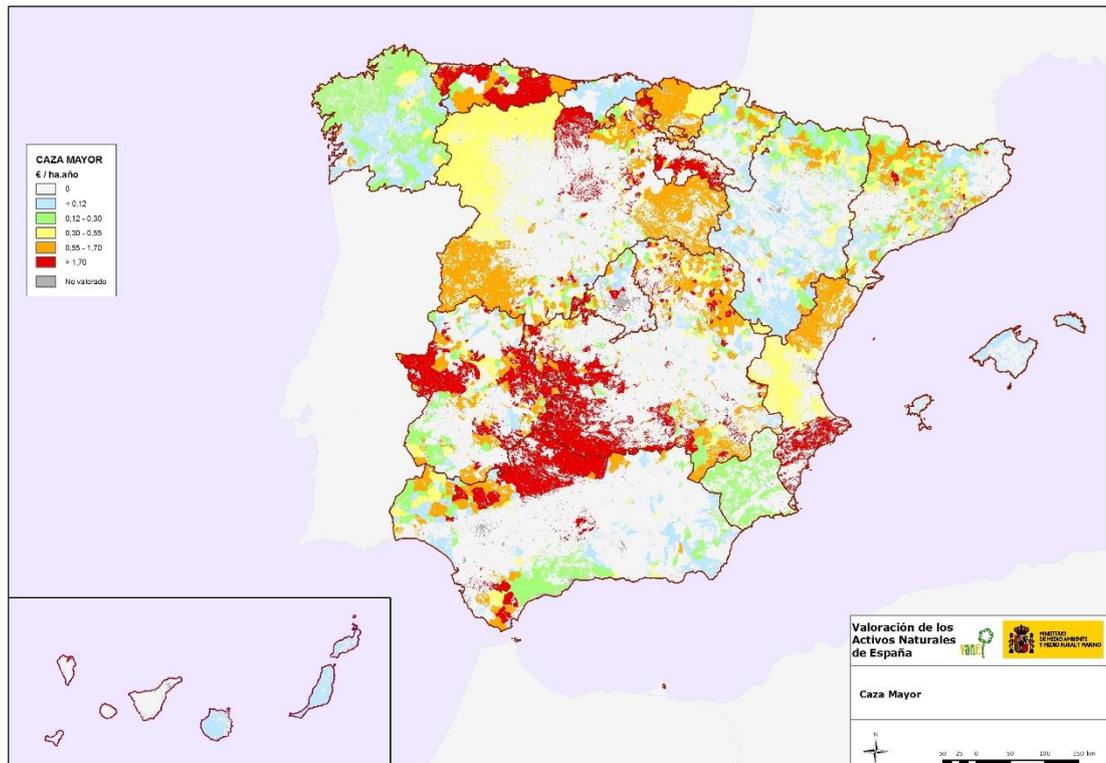
El modelo diseñado para la valoración de la caza mayor sigue pautas similares al de la caza menor, afianzando de esta forma la coherencia global del sistema. De nuevo la base para la valoración son los datos de piezas capturadas, bien a nivel de coto, a través de los planes cinegéticos, o bien a nivel de provincia allí donde no se dispuso de datos desagregados.

La mayor parte del valor de este servicio reside en los bosques (43,5%), los matorrales (14,3%) y los pastos adhesionados (12,9%). Si bien el mayor valor unitario se ha obtenido en las dehesas con cultivos (4,82 euros/hectárea/año).

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	1,33
Matorral	1,17
Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	2,25
Bosque de plantación	1,11
Herbazal	1,29

Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	4,82
Pastizal-matorral	0,85
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	0,70
Prados y praderas	1,07
Prado con setos	1,32
Árboles Fuera de Monte (Riberas)	1,25
Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	0,85
Monte sin vegetación superior	0,39
Mosaico de prados o praderas con vegetación natural	1,05
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	0,72
Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	0,69
Árboles Fuera de Monte (Árboles sueltos)	0,13
Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	0,77
Total	1,32

Tabla 30- Valor de la producción de caza mayor según usos del suelo



Mapa 13- Mapa de valor de la caza mayor (€/ ha año)

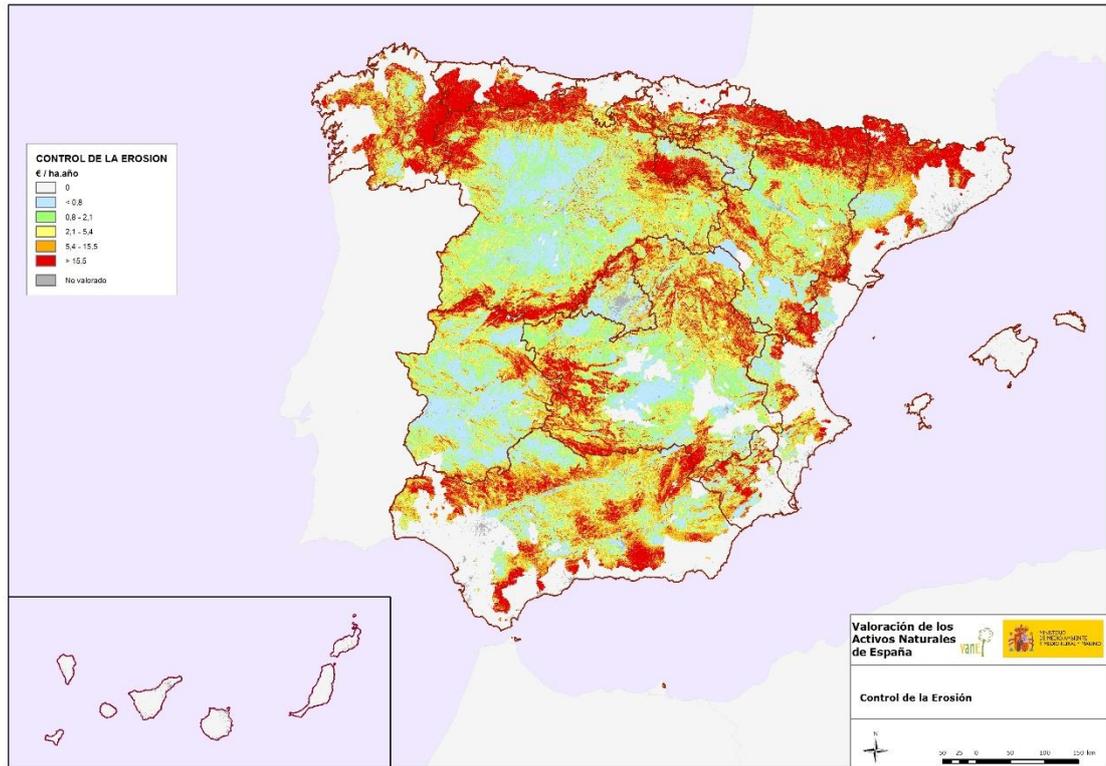
4.3.5.5. Control de la erosión

El control de la erosión, o servicio de retención de suelo, se ha valorado por el método de los costes evitados. En concreto, se ha evaluado el coste que supondría la desaparición de la vegetación del terreno, y por lo tanto el consecuente aumento de la erosión. Para ello se han considerado los efectos ex situ de esta pérdida en los vasos de los embalses receptores de sedimentos, en los cuales se evita incurrir en costes de limpieza, dragado, etc.

La existencia de cuencas hidrográficas que no vierten a embalse, generalmente endorreicas o vertientes directamente al mar, justifica que no toda la superficie nacional reciba valor de control de la erosión. Adicionalmente en el caso de ausencia completa de vegetación, la erosión actual se iguala con la potencial siendo nula la erosión evitada, y asimismo nulo el valor de retención del suelo.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	23,29
Matorral	19,98
Bosque de plantación	17,21
Tierras de labor en seco	2,19
Pastizal-matorral	8,61
Herbazal	8,92
Olivares	6,64
Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado	4,21
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	6,86
Monte sin vegetación superior	37,94
Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	7,57
Prados y praderas.	9,51
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	3,26
Prado con setos	18,10
Otros	3,58
Total	11,45

Tabla 31- Valor del servicio de control de la erosión por usos del suelo



Mapa 14- Mapa de valor de control de la erosión (€/ ha año)

4.3.5.6. Tratamiento de vertidos

4.3.5.6.1. Tratamiento de vertidos por el agua continental

El proceso de autodepuración natural de las aguas continentales evita incurrir en cierta medida en los costes que supondría realizar dicha depuración de forma artificial. El valor del servicio se ha asignado al lugar en el cual se produce, entendiendo que éste es cada una de las subcuencas hidrográficas que aportan el agua necesaria para la depuración. Dentro de cada subcuenca se ha diferenciado el valor de cada píxel en base al volumen de agua superficial aportado por cada uno según el modelo SIMPA.

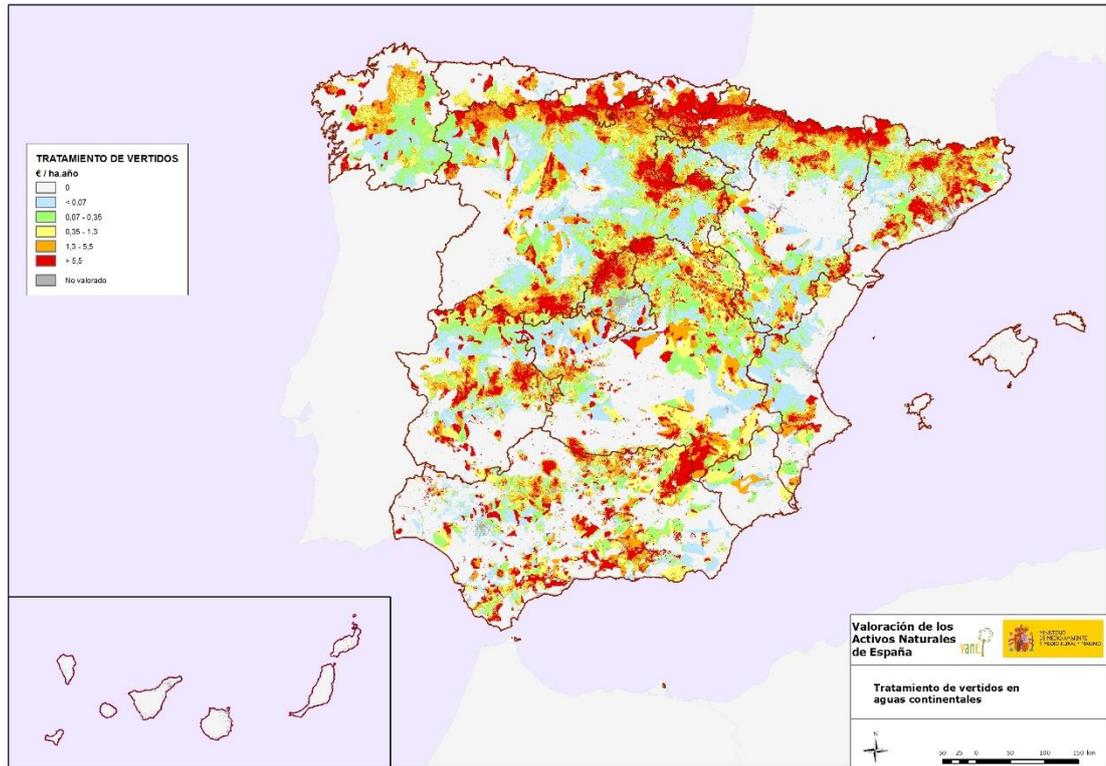
Los bosques son los principales suministradores del servicio (28% del valor total), seguidos de las tierras de labor en secano (17%) y el matorral (9%). Al igual que en los restantes servicios de provisión de agua continental se ha mantenido el uso artificial, considerando que en el mismo también se genera agua procedente de las precipitaciones, en concreto, con los volúmenes especificados en el modelo SIMPA.

En este caso únicamente han recibido valor no nulo las celdas suministradoras de agua superficial, se excluyen por lo tanto aquellas celdas en las que la totalidad del agua procedente de las precipitaciones se infiltra, y que adicionalmente presentan algún punto de vertido aguas abajo.

El activo más valorado es el forestal (con más del 52% del valor total), seguido del agrícola (37,5%). Ambos presentan cifras por hectárea similares comprendidas entre 7,38 y 7,63 euros/hectárea/año. De nuevo, los usos artificiales presentan un relativamente elevado valor de aportación de agua; resultado de la división de una cantidad significativa del valor (5,3%) entre una pequeña superficie (2,3%), en la que, adicionalmente, la proporción de agua de escorrentía sobre la que se infiltra es muy elevada.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	7,13
Tierras de labor en secano	5,97
Matorral	7,52
Olivares	18,68
Bosque de plantación	7,90
Herbazal	10,15
Pastizal-matorral	8,02
Cultivos herbáceos en regadío	4,53
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	8,17
Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	5,27
Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	5,12
Prados y praderas.	11,82
Otros	8,62
Total	7,59

Tabla 32- Valor del tratamiento de vertidos continentales por usos del suelo



Mapa 15- Mapa de valor del tratamiento de vertidos en aguas continentales (€/ ha año)

4.3.5.7. Captura de carbono

4.3.5.7.1. Captura de carbono por el arbolado forestal

La captura de carbono realizado por los árboles en suelo forestal es un servicio suplementario al de producción de madera y leña, considerando que la parte del crecimiento anual de la masa que no se aprovecha con estos fines, medido en unidades de volumen, es un sumidero estable del carbono atmosférico. Esta premisa afianza la ausencia de duplicidades en la cuantificación de los servicios relacionados con el aprovechamiento de la biomasa arbórea.

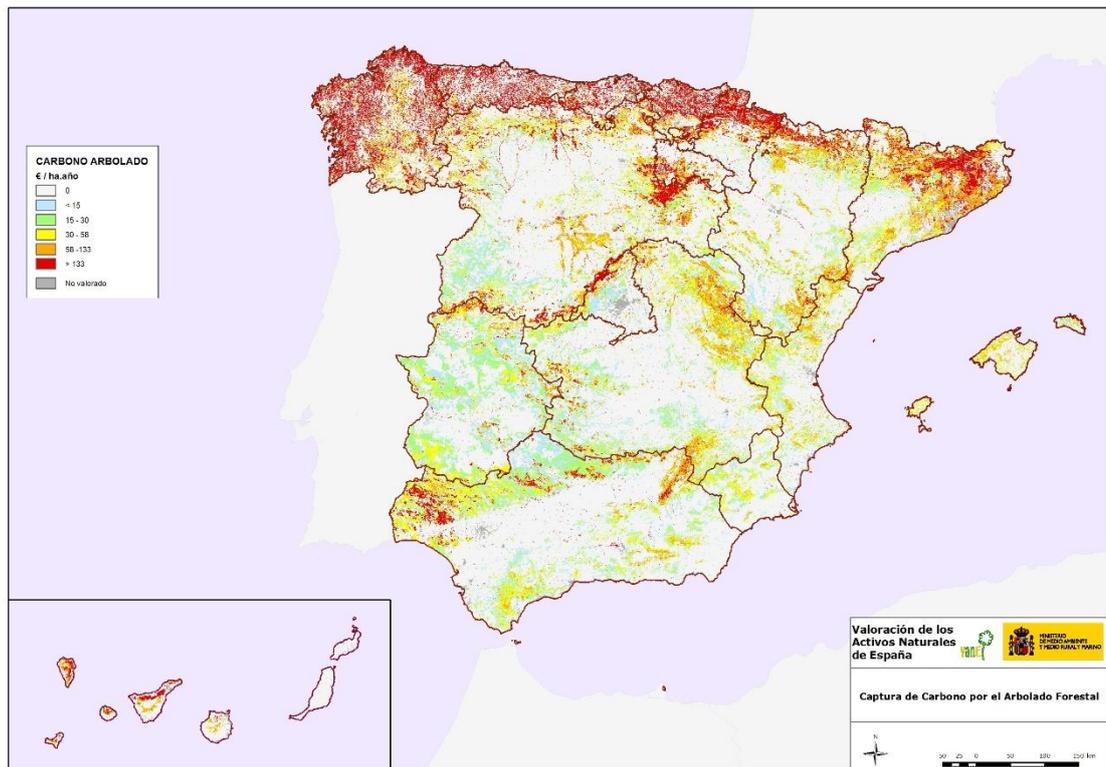
Las teselas clasificadas como bosques son el sumidero más valioso con el 54% del valor total nacional. No obstante, la mayor importancia unitaria recae sobre los bosques de plantación (294,80 euros/hectárea/año), siendo también notable su aportación al valor global del servicio (39,5%).

La existencia de determinadas superficies forestales arboladas con valor nulo del servicio de captura de carbono, especialmente en los bosques

de plantación y en los mosaicos arbolados sobre forestal desarbolado, se interpreta como aquellos bosques en los que se corta actualmente la totalidad de la posibilidad anual de madera y/o leña. Por lo tanto estas superficies aportarían valor de madera y leña, mientras que su contribución a la captura de carbono de manera estable sería nula según la presente metodología.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	83,29
Bosque de plantación	294,80
Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado	21,53
Árboles Fuera de Monte (Riberas)	184,03
Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	144,39
Cultivos agrícolas con arbolado adherado	14,06
Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	51,38
Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	172,61
Árboles Fuera de Monte (Árboles sueltos)	12,91
Total	107,02

Tabla 33- Valor del servicio de captura de carbono por el arbolado forestal según usos del suelo



Mapa 16- Mapa de valor de la captura de carbono por el arbolado forestal (€/ ha año)

4.3.5.7.2. Captura de carbono por el matorral

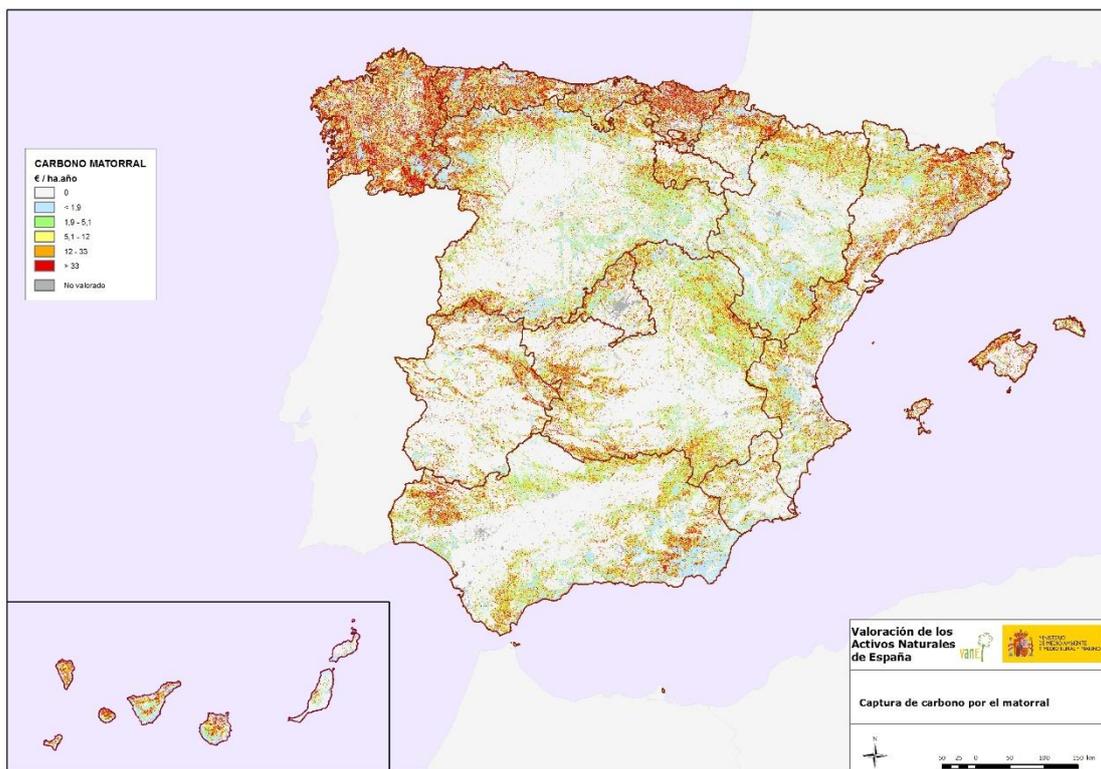
La evaluación económica del carbono capturado por los matorrales complementa al capturado por los árboles en los territorios forestales. Siendo considerado tanto en los usos del suelo propios de un monte arbolado (bosque, bosque de plantación, etc.) como en los desarbolados (matorral, pastizal matorral, etc.). Los datos de incremento de biomasa se han basado en los datos publicados por el Inventario Forestal Nacional a nivel de parcela, siendo extrapolados al conjunto del territorio empleando indicadores como la Productividad Potencial Forestal. En este caso, se ha considerado que la totalidad del incremento anual de biomasa fija carbono de manera estable, siendo por lo tanto objeto de valoración.

El mayor valor del servicio corresponde a los bosques (54% del total), resultando un valor por hectárea para este uso del suelo similar al del matorral (en torno a 20-30 euros/hectárea/año). Los mayores valores por hectárea han correspondido a los bosques de pequeño tamaño, por este orden: alineaciones de árboles, bosquetes y bosques de ribera. En los cuales en principio el matorral tiene menos competencia que en un bosque

plenamente conformado; y a su vez, existe un terreno de buena calidad, ya que permite la presencia de especies arbóreas.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	29,85
Bosque de plantación	45,83
Matorral	23,37
Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	127,87
Pastizal-matorral	10,91
Árboles Fuera de Monte (Riberas)	64,09
Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	32,90
Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	135,85
Humedal*	0,64
Total	30,26

Tabla 34- Valor del servicio de captura de carbono por el matorral según usos del suelo



Mapa 17- Mapa de valor de la captura de carbono por el matorral (€/ha año)

*En el presente servicio el proyecto VANE ha incluido el resultado de la valoración del carbono capturado por las turberas. Esta decisión la tomaron

con el fin de recoger en las coberturas *ráster* el valor específico de las turberas.

4.3.5.8. Conservación de la diversidad biológica

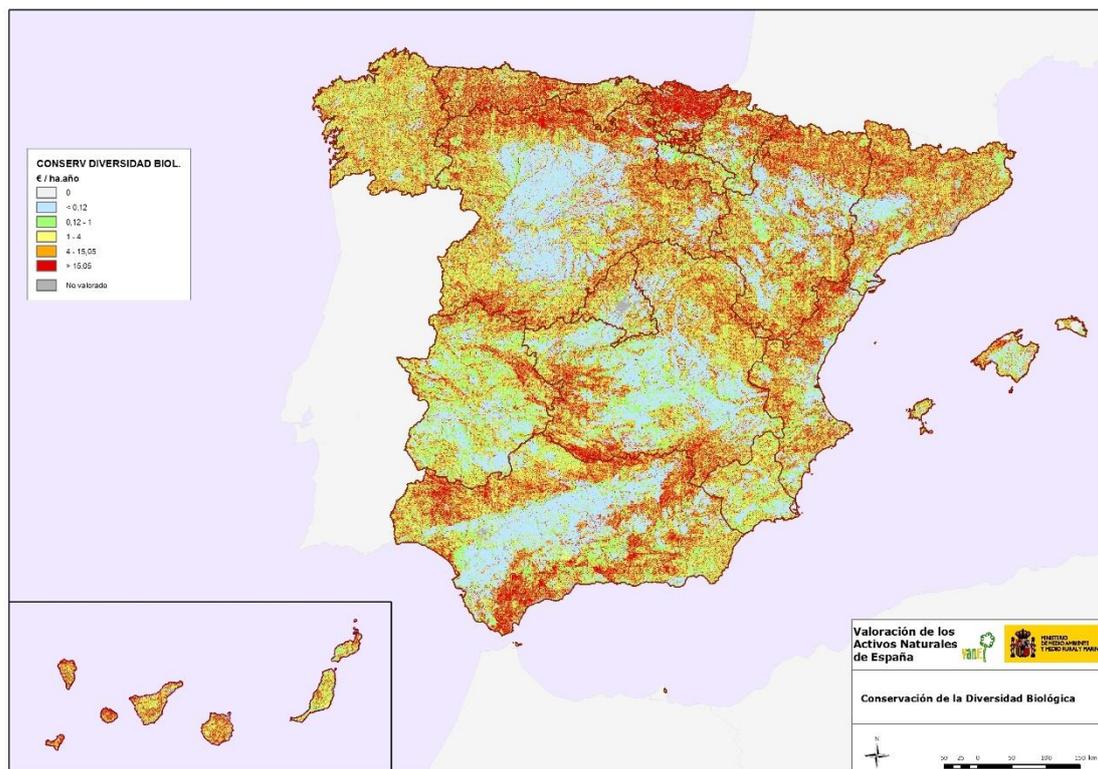
La conservación de la diversidad biológica se ha evaluado en base al esfuerzo económico soportado por la Sociedad española para mantener en un buen estado sus especies animales y vegetales. Para ello se ha tomado como referencia la cuantía de las medidas agroambientales concedidas, así como los costes de gestión de la Red Natura 2000 destinados a conservación.

El reparto de valor se realiza a cada celda del mapa en función del número de especies presentes y su grado de amenaza, establecido por el Inventario Nacional de Biodiversidad (INB). De esta forma se otorga un valor superior de conservación a aquellas zonas que cuentan con un mayor número de especies sensibles. Las celdas sin especies catalogadas reciben valores menores pudiendo llegar a no ser significativos para el modelo (inferiores a 1 céntimo de euro).

Los bosques de origen natural concentran la mayor proporción del valor total (39%), le siguen las formaciones de matorral (13%) y los bosques de plantación (9%). En cuanto a los valores unitarios por hectárea, los bosques de ribera reciben valores notables (109 euros/hectárea/año), denotando la elevada importancia de los ecosistemas riparios.

Usos del suelo	Valor medio (€/ha año)
Bosque	22,56
Matorral	20,77
Bosque de plantación	24,30
Pastizal-matorral	21,49
Tierras de labor en seco	3,44
Herbazal	17,51
Árboles Fuera de Monte (Riberas)	108,55
Mosaico de cultivos con vegetación natural	17,90
Otros	8,71
Total	14,77

Tabla 35- Valor del servicio de conservación biológica según usos del suelo



Mapa 18- Mapa de valor de la conservación de la diversidad biológica (€/ha año)

Capítulo 5: Desarrollo del modelo matemático para la evaluación de costes ambientales asociados al transporte de mercancías peligrosas

5.1. Objetivo y justificación

En este capítulo da comienzo el desarrollo práctico del presente proyecto.

En él se recogen, en un primer lugar, la elección de las herramientas software para facilitar un buen desarrollo del mismo.

En un segundo lugar, se define y describe uno de los objetivos principales del capítulo, como es la construcción de unos cimientos sólidos, que abarcan la creación de una base de datos completa (actualización de datos de anteriores estudios y proyectos y creación de nuevas estructuras de datos), mapas asociados en formato *vectorial* y *ráster*, hojas de cálculo y documentación pertinente, que nos permitan poder realizar posteriormente un buen análisis implementando en el software el modelo práctico desarrollado.

Finalmente, con los resultados obtenidos en esta primera parte, se ampliará el modelo con otras variables independientes que nos darán una idea más global del cómputo total del coste asociado a un accidente en el que se transporten mercancías peligrosas.

5.2. Elección de la herramienta software

Para el manejo de la información, al tratarse el proyecto de la evaluación del impacto económico de un accidente, en una zona puntual o área determinada, asociado al transporte de mercancías peligrosas, se debe de tener en cuenta que los datos referidos al territorio de Castilla y León deben de estar georreferenciados.

La georreferenciación es la técnica de posicionamiento espacial de las entidades en una localización geográfica única y definida correctamente en un sistema de coordenadas específico. Es una operación básica y común dentro de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) tanto para objetos ráster (imágenes de mapa de píxeles) como para objetos vectoriales (puntos, líneas, polilíneas y polígonos que representan objetos físicos).

Esta es además, un aspecto clave y fundamental en el análisis de datos geoespaciales, pues es la base para la correcta localización de la información de mapa y, por este motivo, de la adecuada fusión y

comparación de datos procedentes de diferentes sensores en diferentes localizaciones espaciales y temporales.

Hay que aclarar el significado de “ráster” ya que se empleará a lo largo del capítulo. La mayoría de los elementos que existen en la naturaleza pueden ser representados mediante formas geométricas (puntos, líneas o polígonos, esto es, vectores) o mediante celdillas con información “ráster”. Son formas de ilustrar el espacio, intuitivas y versátiles, que ayudan a comprender mejor los elementos objeto de estudio según su naturaleza.

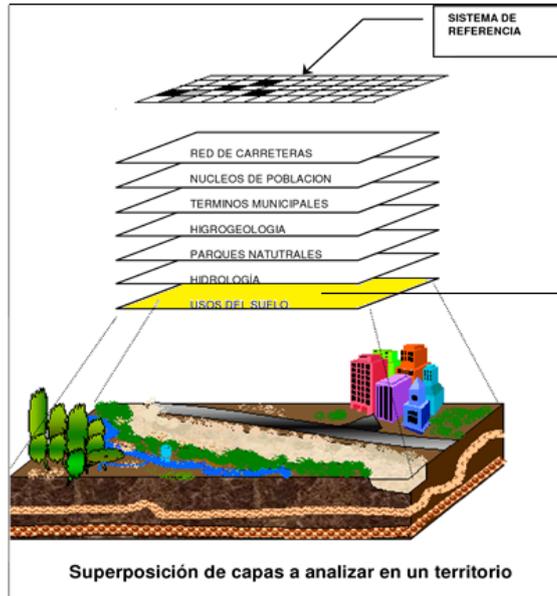
La elección de un modelo u otro dependerá de si las propiedades topológicas son importantes para el análisis. Sí es así, el modelo de datos vectorial es la mejor opción, pero su estructura de datos, aunque muy precisa, es mucho más compleja y esto puede ralentizar el proceso. Por ello, si el análisis que interesa no requiere acudir a las propiedades topológicas, es mucho más eficaz el uso del formato ráster.

También es más fácil decantarse por una estructura de datos vectorial cuando hay que reflejar más de un atributo en un mismo espacio. Usar un formato ráster obligaría a crear una capa distinta para cada atributo.

En este caso se necesita asignar a cada capa un atributo para su posterior operación, por lo que se procesará principalmente en formato “ráster”. Aunque el origen sea formato vectorial.

Todo este conjunto de información gráfica y alfanumérica se ha homogeneizado en un único formato digital y proyección (UTM, huso 30N extendido) al objeto de poder operar de un modo conjunto con las distintas capas de información, mapas básicos y mapas derivados. Con todo ello se ha confeccionado un sistema de información geográfica (SIG) orientado al análisis de riesgos ambientales por transporte de mercancías peligrosas. En este sistema se estructura el conocimiento geográfico de la zona de estudio de acuerdo al esquema de la figura.

DESGLOSE DE LAS CAPAS QUE CONFORMAN LA CAPA FINAL DE USOS DEL SUELO:



- Producción de madera
- Producción de leña
- Producción de piñones
- Producción de hongos
- Producción agraria
- Producción ganadera forestal
- Provisión de agua para uso agrícola
- Provisión de agua para uso industrial
- Provisión de agua para uso doméstico
- Provisión de agua para uso energético
- Caza menor
- Caza mayor
- Control de la erosión
- Tratamiento de vertidos en aguas continentales
- Captura de carbono por el arbolado
- Captura de carbono por el matorral
- Conservación de la diversidad biológica

Ilustración 2- Desglose de las capas que conforman la capa final de Usos del Suelo

La escala de precisión de la información gráfica ha sido la 1:50.000 para la información vectorial y de 50x50m para las unidades de información elemental en la representación "ráster" de aspectos espaciales continuos.

Por lo tanto, a la hora de la elección de un software SIG, se ha tenido en cuenta que sea un programa sencillo de obtener, para facilitar un posible uso posterior de los archivos en proyectos o estudios futuros. Además, que estuviera disponible en la sede del Gobierno de España en Castilla y León de Protección Civil, para que las conclusiones y modelos realizados puedan ser reutilizados por los técnicos de riesgos ambientales. También se tuvo en

cuenta que el software contase con manuales, video-tutoriales y una buena cantidad de información en Internet que facilitase el manejo para introducirse en este tipo de programas.

Así pues, se tuvieron en cuenta tres software diferentes: gvSIG, QGIS y ArcGIS.

El primero de ellos es el programa con el que se ha realizado la mayor parte de mapas y estudios del presente proyecto, por las cuestiones comentadas anteriormente. Podemos decir de este software que es un SIG potente, fácil de usar, interoperable y utilizado por miles de usuarios en todo el mundo. gvSIG Desktop permite trabajar con multitud de formatos, entre ellos vectoriales y ráster, ficheros, bases de datos y servicios remotos, teniendo a disposición todo tipo de herramientas para analizar y gestionar la información geográfica. Está diseñado para ser fácilmente extensible, permitiendo una mejora continua de la aplicación y el desarrollo de soluciones a medida. Es además un software libre, con licencia GNU/GPL, lo que permite su libre uso, distribución, estudio y mejora.

En cuanto al QGIS, la alternativa a gvSIG existente en la actualidad en cuanto a software libre potente disponible, cabe decir que se ha tenido que recurrir a ella en algunos casos puntuales en los que el gvSIG daba algún tipo de problema o error. Se trata de un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, MacOS y Microsoft Windows. Permite manejar formatos ráster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR, así como bases de datos.

Por último, el ArcGIS se postula en el panorama de los sistemas de información geográfica como el software más completo, pulido y potente, con gran multitud de herramientas y opciones avanzadas y un óptimo rendimiento. Tiene como punto negativo que es un programa de pago, y su precio de licencia es muy elevado, por lo que su uso quedó descartado por este motivo principalmente.

5.3. Creación de la base de datos

Teniendo en cuenta que en los proyectos de los que partimos como información previa y como base de datos se ha empleado la nomenclatura correspondiente a la leyenda *Corine* del año 1986, el primer paso a realizar será la actualización de los registros antiguos por los de la leyenda *Corine* del año 2000. A continuación mostramos el documento de la Leyenda *Corine* 2000:

CORINE LAND COVER 44 CLASS LEGEND CORINE LAND COVER 44 CLASS LEGEND



Tabla 36- Leyenda Corine Land Cover 44

Traduciendo el documento *Corine Land Cover*:

1.1.1. - Tejido urbano continuo	3.1.1. - Caducifolio
1.1.2. - Tejido urbano discontinuo	3.1.2. - Pináceas
1.2.1. - Unidades industriales o comerciales	3.1.3. - Bosque mixto
1.2.2. - Redes de carreteras o ferrocarriles	3.2.1. - Otros pastizales
1.2.3. - Área portuaria	3.2.2. - Sabineras y enebrales
1.2.4. - Aeropuertos	3.2.3. - Vegetación esclerófila
1.3.1. - Lugares de extracción minerales	3.2.4. - Matorral boscoso de transición
1.3.2. - Vertederos	3.3.1. - Playas y dunas
1.3.3. - Lugares en construcción	3.3.2. - Roquedo
1.4.1. - Áreas urbanas verdes	3.3.3. - Espacios con vegetación escasa
1.4.2. - Instalaciones deportivas y de ocio	3.3.4. - Zonas quemadas

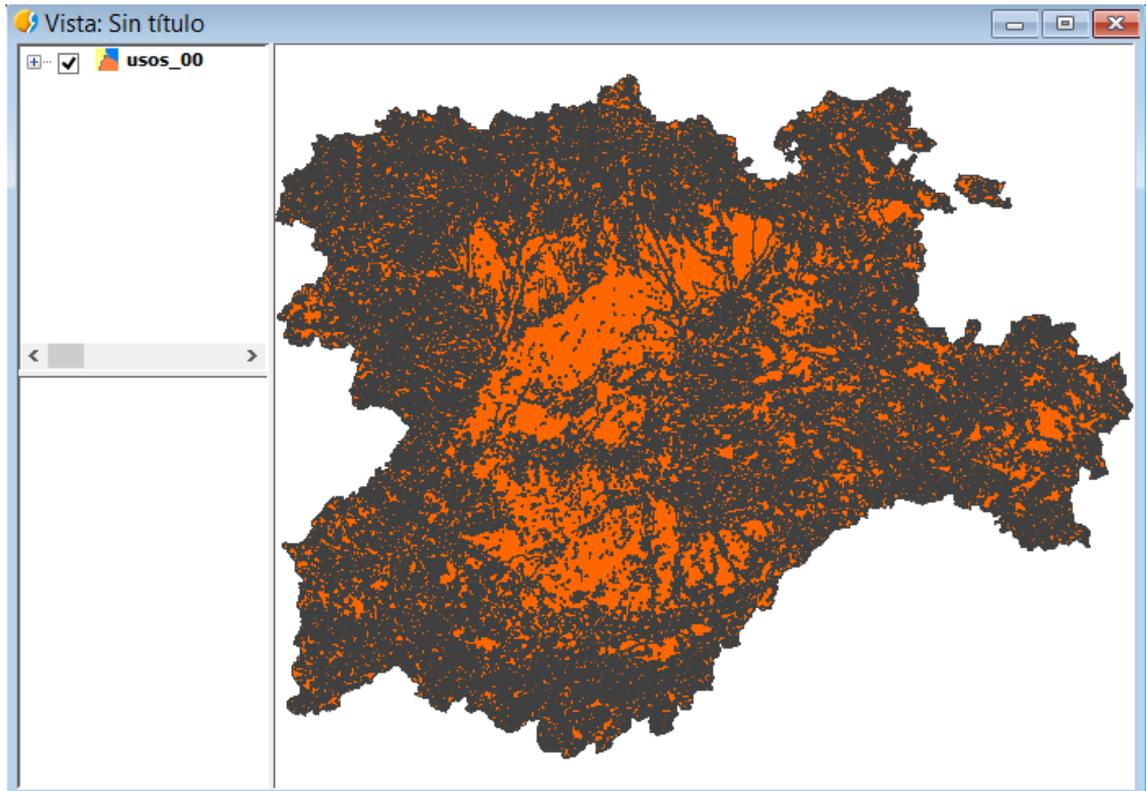
2.1.1. - Tierras de labor en secano	3.3.5. - Glaciares y nieve permanente
2.1.2. - Cultivos herbáceos en regadío	4.1.1. - Pantanos interiores
2.1.3. - Campos de arroz	4.1.2. - Humedales
2.2.1. - Viñedos	4.2.1. - Pantanos de agua salada
2.2.2. - Frutales	4.2.2. - Sabinas
2.2.3. - Olivares	4.2.3. - Llanura intermareal
2.3.1. - Pastizales	5.1.1. - Curso de agua
2.4.1. - Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	5.1.2. - Acumulación de agua
2.4.2. - Mosaico de cultivos	5.2.1. - Laguna costera
2.4.3. - Extensión agrícola, con vegetación natural	5.2.2. - Estuarios
2.4.4. - Sistemas agro-forestales	5.2.3. - Mares y océanos

Tabla 37- Leyenda Corine Land Cover traducida

La herramienta que vamos a emplear para la creación, desarrollo y posterior análisis de los apartados del proyecto es la de un sistema de información geográfica, comúnmente denominado SIG, en este caso el programa específico que hemos elegido para el desarrollo de la mayoría de los puntos es el gvSIG, por las razones citadas anteriormente.

5.3.1. Ampliación de datos en la tabla de atributos de la capa “usos_00”

La idea inicial para el desarrollo de este proyecto, era la de partir de los mapas VANE relativos a cada una de las variables ambientales vistos en el tema 4, en formato vectorial o ráster, para así poder realizar las operaciones algebraicas relativas al modelo matemático creado para el análisis de los costes ambientales. Ante la no disponibilidad de estos mapas, la solución adoptada fue la de emplear como punto de partida el mapa facilitado por la sede de Gobierno en Castilla y León de Protección civil. Este archivo, denominado “usos_00” y con formato vectorial, se trata de un mapa de Castilla y León georreferenciado en el que encontramos unidades de tipo “polígono”, las cuales hacen referencia a los diferentes usos del suelo y están clasificadas según la leyenda *Corine* del año 2000:



Mapa 19- Usos_00

The figure shows a screenshot of a GIS software window titled "Tabla de atributos: usos_00". The window displays a table with 25 rows and 6 columns. The columns are labeled AREA, PERIMETER, CODE_00, AREA_HA, and ID. The data in the table is as follows:

	AREA	PERIMETER	CODE_00	AREA_HA	ID
1	196.222.5...	783.726,269	322	19.622,254	ES-3884
2	196.222.5...	783.726,269	322	19.622,254	ES-3884
3	196.222.5...	783.726,269	322	19.622,254	ES-3884
4	196.222.5...	783.726,269	322	19.622,254	ES-3884
5	196.222.5...	783.726,269	322	19.622,254	ES-3884
6	196.222.5...	783.726,269	322	19.622,254	ES-3884
7	196.222.5...	783.726,269	322	19.622,254	ES-3884
8	367.074.2...	1.096.837,843	322	36.707,425	ES-6397
9	367.074.2...	1.096.837,843	322	36.707,425	ES-6397
10	367.074.2...	1.096.837,843	322	36.707,425	ES-6397
11	367.074.2...	1.096.837,843	322	36.707,425	ES-6397
12	367.074.2...	1.096.837,843	322	36.707,425	ES-6397
13	367.074.2...	1.096.837,843	322	36.707,425	ES-6397
14	367.074.2...	1.096.837,843	322	36.707,425	ES-6397
15	1.201.511...	7.582,024	321	120,151	ES-7115
16	1.201.511...	7.582,024	321	120,151	ES-7115
17	9.845.718...	40.511,553	333	984,572	ES-7157
18	38.916.61...	47.376,310	332	3.891,662	ES-7211
19	24.252.99...	87.313,532	324	2.425,300	ES-7247
20	58.985.18...	66.782,111	332	5.898,519	ES-7312
21	366.955,820	4.702,609	321	36,696	ES-7436
22	7.384.983...	35.503,500	322	738,498	ES-7552
23	375.521,169	3.136,981	322	37,552	ES-7593
24	175.859.8...	589.821,678	311	17.585,990	ES-7594
25	175.859.8...	589.821,678	311	17.585,990	ES-7594

Ilustración 3- Tabla de atributos Usos_00

En la tabla de atributos se observa la columna “CODE_00”, la cual hace referencia a la leyenda *Corine Land Cover* del año 2000. Para cada elemento de tipo polígono encontramos también las columnas relativas a su área, perímetro e identificador. Como en el territorio existirán varios polígonos con la misma clasificación de uso del suelo, el primer paso a realizar será el de filtrar la lista completa con todos los polígonos, mediante la creación de una multigeometría con todas las geometrías del grupo para poder saber con cuantas clases de la leyenda *Corine* contamos en nuestro mapa de usos del suelo. Esta operación la realizamos siguiendo los pasos: Herramientas - Geoprocesamiento - Caja de Herramientas - Capas Vectoriales - Agrupar por un campo.

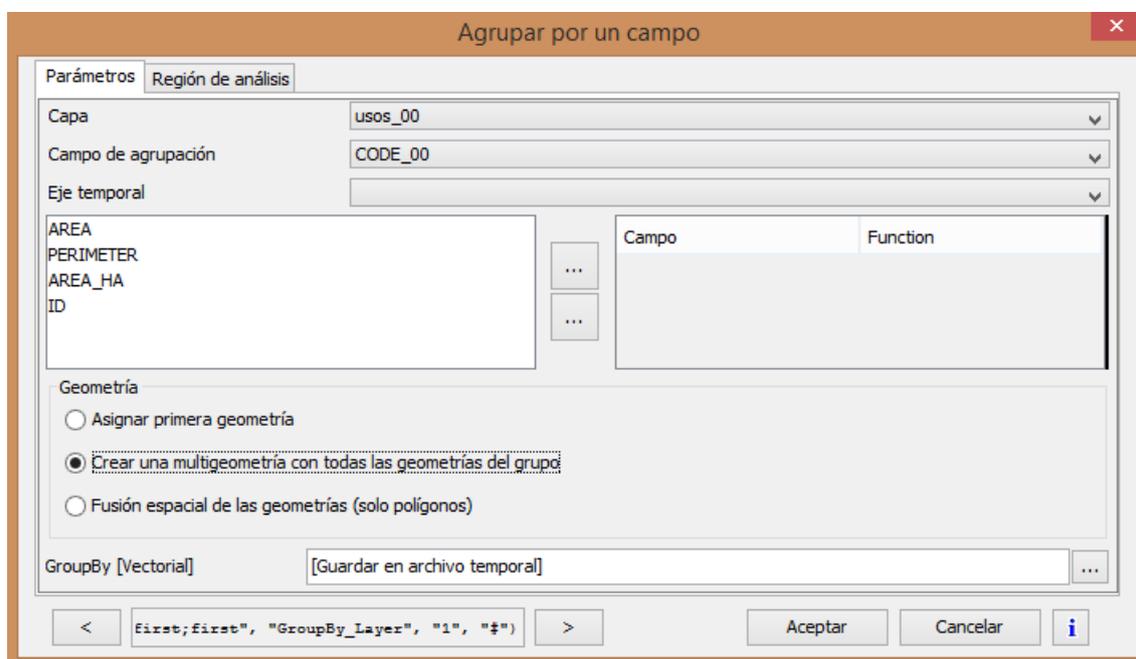
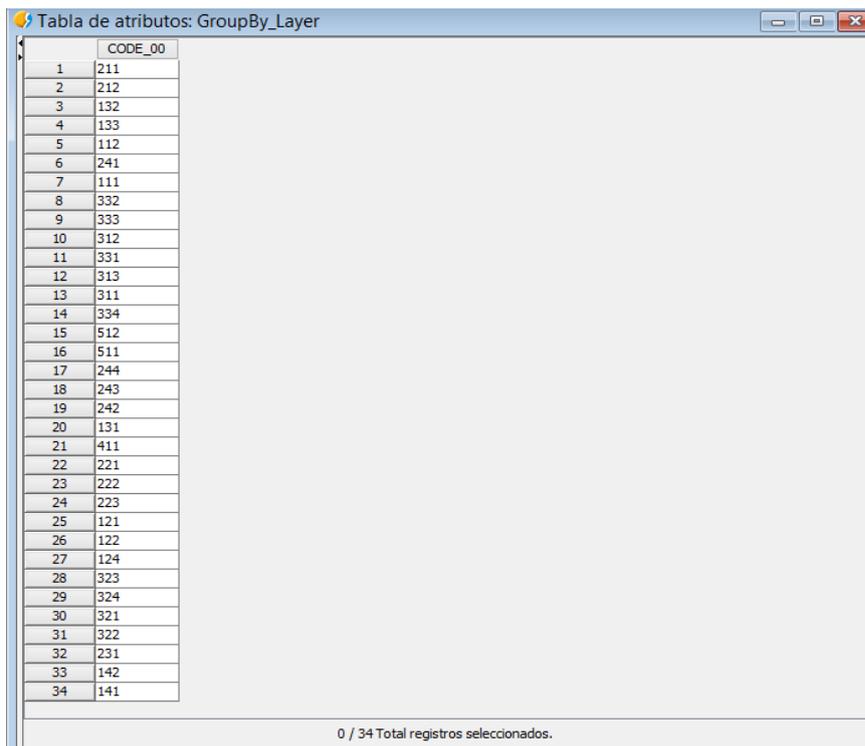


Ilustración 4- Agrupar por un campo Usos_00

En la imagen superior se puede observar como seleccionamos la capa con la que queremos realizar la operación, en este caso la de usos_00, en segundo lugar el campo de agrupación que será “CODE_00” relativo a los diferentes códigos existentes en la Leyenda *Corine*, y en último lugar elegimos la operación que queremos realizar, que como hemos dicho anteriormente es la de crear una multigeometría con todas las geometrías del grupo. A continuación mostramos los resultados obtenidos al realizar esta operación:



	CODE_00
1	211
2	212
3	132
4	133
5	112
6	241
7	111
8	332
9	333
10	312
11	331
12	313
13	311
14	334
15	512
16	511
17	244
18	243
19	242
20	131
21	411
22	221
23	222
24	223
25	121
26	122
27	124
28	323
29	324
30	321
31	322
32	231
33	142
34	141

Ilustración 5- Resultado “Agrupar por un campo” Usos_00

Se obtienen en total 34 registros diferentes para nuestro mapa de usos del suelo:

1.1.1. - Tejido urbano continuo	2.4.2. - Mosaico de cultivos
1.1.2. - Tejido urbano discontinuo	2.4.3. - Extensión agrícola, con vegetación natural
1.2.1. - Unidades industriales o comerciales	2.4.4. - Sistemas agro-forestales
1.2.2. - Redes de carreteras o ferrocarriles	3.1.1. - Caducifolio
1.2.4. - Aeropuertos	3.1.2. - Pináceas
1.3.1. - Lugares de extracción minerales	3.1.3. - Bosque mixto
1.3.2. - Vertederos	3.2.1. - Otros pastizales
1.3.3. - Lugares en construcción	3.2.2. - Sabineras y enebrales
1.4.1. - Áreas urbanas verdes	4.1.1. - Pantanos interiores
1.4.2. - Instalaciones deportivas y de ocio	3.2.4. - Matorral boscoso de transición
2.1.1. - Tierras de labor en secano	3.3.1. - Playas y dunas
2.1.2. - Cultivos herbáceos en regadío	3.3.2. - Roquedo
2.2.1. - Viñedos	3.3.3. - Espacios con vegetación escasa
2.2.2. - Frutales	3.3.4. - Zonas quemadas
2.2.3. - Olivares	4.1.1. - Pantanos interiores
2.3.1. - Pastizales	5.1.1. - Curso de agua
2.4.1. - Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	5.1.2. - Acumulación de agua

Tabla 38- Registros mapa Usos_00 del suelo. Leyenda Corine

Ampliamos la base de datos de la tabla de atributos en gvSIG, añadiendo en primer lugar el nombre asociado a cada código de usos del suelo del año 2000, con las denominaciones pertinentes de la leyenda *Corine*.

El siguiente paso será el de asociar cada uno de los 34 registros diferentes que tenemos con las clasificaciones de Usos del suelo relativas a cada uno de los 18 mapas existentes en el Modelo VANE. Este aspecto es clave para poder asignar a nuestros registros o polígonos del mapa del que partimos el valor monetario en euros por hectárea y año tal y como viene representado en las tablas del VANE.

A continuación se explica con todo detalle cual es el procedimiento seguido para cada una de las variables ambientales que son objeto de estudio, de tal forma que se amplía la tabla de atributos en gvSIG y se obtiene finalmente un mapa vectorial asociado para cada una de ellas:

1) Producción de Madera.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año) VANE
-Pináceas	Bosque de plantación	133,23
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	20,85
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	118,03
	Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	53,60
-Vegetación esclerófila -Matorral boscoso de transición -Sistemas agroforestales	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	31,84
	Total	46,73

Tabla 39- Usos_00 – VANE. Producción de Madera

El procedimiento es el siguiente: a cada clase de la leyenda *Corine* se le intenta vincular con alguno de los registros de Usos del suelo empleados para esa variable o mapa.

En el caso de la producción maderera, la clase “Pináceas” la hemos clasificado como “Bosque de plantación” asignándole así su valor de 133,23 €/ha año, las clases “Bosque mixto”, “Caducifolio” y “Sabinares y enebrales” se han englobado en la categoría “Bosque” asignándoles un valor monetario de 20,85 €/ha año, y por último las clases “Sistemas agro-forestales”,

“Vegetación esclerófila” y “Matorral boscoso de transición” se clasificaron como “Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado” asignándoles el correspondiente valor económico que ascendía a 31,84 €/ha año. De este modo, como cada uno de los polígonos de la capa inicial de la que se parte están georreferenciados, agregando estos campos en sus respectivas columnas, tendremos el valor que le corresponda en euros sobre cada una de las superficies.

Tabla de atributos: Usosuelo2000.dbf

Uso:	CODE_00	KEY_CORINE	VANE_MADER	V.MADE_EUR
1	211	Tierras de labor en sec...		0,000
2	212	Cultivos herbaceos en ...		0,000
3	132	Vertederos		0,000
4	133	Lugares en construccion		0,000
5	112	Tejido urbano discontinuo		0,000
6	241	Cultivos anuales asocia...		0,000
7	111	Tejido urbano continuo		0,000
8	332	Roquedo		0,000
9	333	Espacios con vegetacio...		0,000
10	312	Pinaceas	Bosque de plantacion	133,230
11	331	Playas y dunas		0,000
12	313	Bosque mixto	Bosque	20,850
13	311	Caducifolio	Bosque	20,850
14	334	Zonas quemadas		0,000
15	512	Acumulacion de agua		0,000
16	511	Curso de agua		0,000
17	244	Sistemas agro-forestales	Mosaico arbolado	31,840
18	243	Extension agricola, veg...		0,000
19	242	Mosaico de cultivos		0,000
20	131	Minas, extraccion mine...		0,000
21	411	Pantanos interiores		0,000
22	221	Viñedos		0,000
23	222	Frutales		0,000
24	223	Olivares		0,000
25	121	Unidades industriales-c...		0,000
26	122	Redes de carreteras o ...		0,000
27	124	Aeropuertos		0,000
28	323	Vegetacion esclerofila	Mosaico arbolado	31,840
29	324	Matorral boscoso de tr...	Mosaico arbolado	31,840
30	321	Otros pastizales		0,000
31	322	Sabinares y enebrales	Bosque	20,850
32	231	Pastizales		0,000
33	142	Instalaciones deportiva...		0,000
34	141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 6- Tabla de atributos. Producción de Madera

Este procedimiento es el que se sigue para cada una de las variables ambientales contenidas en el modelo VANE, resumidamente, en primer lugar observamos que campos de la Leyenda Corine 2000 pueden vincularse

con alguno de los de las tablas del modelo VANE, una vez se ha realizado este paso, se le asigna el valor económico en €/ha año que le corresponda, y finalmente, se edita la tabla de atributos asociada a la capa vectorial “usos_00” creando las columnas pertinentes.

A continuación se describe de forma resumida, este proceso para las restantes variables, omitiendo la explicación detallada y agregando las ilustraciones que reflejen el resultado final de llevar a cabo el proceso descrito anteriormente.

2) Producción de Leña.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Pináceas	Bosque de plantación	1,50
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinars y enebrales	Bosque	1,32
-Tierras de labor en secano -Pastizales -Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	0,80
-Cultivos herbáceos en regadío -Cultivos anuales asociados a cultivos permanentes -Extensión agrícola, vegetación natural -Mosaico de cultivos -Viñedos -Frutales -Olivares	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	0,60
	Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	1,23
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	0,83
-Sistemas agroforestales -Vegetación esclerófila -Matorral boscoso de transición	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	1,34
	Total	1,26

Tabla 40- Usos_00 – VANE. Producción de Leña

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_LEÑA	V.LEÑA_EUR
211	Tierras de labor en secano	Pastizales, prados...	0,800
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos agricolas	0,600
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con cultivos...	Cultivos agricolas	0,600
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantac...	1,500
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	1,321
311	Caducifolio	Bosque	1,321
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Mosaico arbolado	1,340
243	Extension agricola, vegetacion natural	Cultivos agricolas	0,600
242	Mosaico de cultivos	Cultivos agricolas	0,600
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos	Cultivos agricolas	0,600
222	Frutales	Cultivos agricolas	0,600
223	Olivares	Cultivos agricolas	0,600
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Mosaico arbolado	1,340
324	Matorral boscoso de transicion	Mosaico arbolado	1,340
321	Otros pastizales	Pastizales, prados...	0,800
322	Sabinars y enebrales	Bosque	1,321
231	Pastizales	Pastizales, prados...	0,800
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 7- Tabla de atributos. Producción de Leña

3) Producción de Piñones.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	8,44
-Pináceas	Bosque de plantación	9,65
	Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	13,91
-Tierras de labor en secano -Otros pastizales -Pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	1,44
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	4,79
-Cultivos herbáceos en regadío -Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes -Extensión agrícola, vegetación natural -Mosaico de cultivos -Viñedos -Frutales -Olivares	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	3,02
-Sistemas agro-forestales -Vegetación esclerófila -Matorral boscoso de transición	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	2,61
	Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	3,81
	Total	8,60

Tabla 41- Usos_00 – VANE. Producción de Piñones

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_PIÑON	V.PIÑO_EUR
211	Tierras de labor en seco	Pastizales, pra...	1,440
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos agrico...	3,020
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con cultivos...	Cultivos agrico...	3,020
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de pla...	9,650
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	8,440
311	Caducifolio	Bosque	8,440
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Mosaico arbol...	2,610
243	Extension agricola, vegetacion natural	Cultivos agrico...	3,020
242	Mosaico de cultivos	Cultivos agrico...	3,020
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos	Cultivos agrico...	3,020
222	Frutales	Cultivos agrico...	3,020
223	Olivares	Cultivos agrico...	3,020
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Mosaico arbol...	2,610
324	Matorral boscoso de transicion	Mosaico arbol...	2,610
321	Otros pastizales	Pastizales, pra...	1,440
322	Sabinares y enebrales	Bosque	8,440
231	Pastizales	Pastizales, pra...	1,440
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 8- Tabla de atributos. Producción de Piñones

4) Producción de hongos.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinas y enebrales	Bosque	11,21
-Pináceas	Bosque de plantación	16,88
	Matorral	2,14
-Extensión agrícola, vegetación natural	Herbazal	1,02
-Otros pastizales -Pastizales	Pastizal	1,31
	Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	7,52
-Sistemas agro-forestales -Vegetación esclerófila -Matorral boscoso de transición	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	3,45
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	0,97
	Total	8,37

Tabla 42- Usos_00 – VANE. Producción de Hongos

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_HONGO	V.HONG_EUR
211	Tierras de labor en secano		0,000
212	Cultivos herbaceos en regadio		0,000
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con cultivos...		0,000
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plan...	16,880
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	11,210
311	Caducifolio	Bosque	11,210
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Mosaico arbolado	3,450
243	Extension agricola, vegetacion natural	Herbazal	1,020
242	Mosaico de cultivos		0,000
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos		0,000
222	Frutales		0,000
223	Olivares		0,000
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Mosaico arbolado	3,450
324	Matorral boscoso de transicion	Mosaico arbolado	3,450
321	Otros pastizales	Pastizal	1,311
322	Sabinares y enebrales	Bosque	11,210
231	Pastizales	Pastizal	1,311
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 9- Tabla de atributos. Producción de Hongos

5) Producción agraria.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Tierras de labor en seco	Tierras de labor en seco	129,83
-Oliveros	Oliveros	535,38
	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	199,70
-Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos herbáceos en regadío	121,39
	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	179,74
	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	263,39
-Viñedos	Viñedos	447,72
-Sistemas agro-forestales -Otros pastizales -Pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	72,93
	Otras zonas de irrigación	2.135,93
	Prados y praderas	169,31
	Mosaico de cultivos permanentes	194,34
-Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos en seco y regadío	141,94
-Frutales	Frutales	211,22
	Otros frutales	244,81
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	383,72
	Prado con setos	174,99
	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	118,55
-Extensión agrícola, vegetación natural	Mosaico de prados o prados o praderas	143,14
	Total	177,82

Tabla 43- Usos_00 – VANE. Producción Agraria

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_AGRA	V.AGRA_EUR
211	Tierras de lab...	Tierras de lab...	129,830
212	Cultivos herb...	Cultivos herb...	121,390
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en co...		0,000
112	Tejido urbano...		0,000
241	Cultivos anual...	Cultivos anua...	383,720
111	Tejido urbano...		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con ...		0,000
312	Pinaceas		0,000
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto		0,000
311	Caducifolio		0,000
334	Zonas quema...		0,000
512	Acumulacion d...		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro...	Pastizales, pr...	72,930
243	Extension agri...	Mosaico de pr...	143,140
242	Mosaico de cu...	Mosaico de c...	141,940
131	Minas, extrac...		0,000
411	Pantanos inte...		0,000
221	Viñedos	Viñedos en re...	447,720
222	Frutales	Frutales en s...	211,220
223	Olivares	Olivares en r...	535,380
121	Unidades indu...		0,000
122	Redes de carr...		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion es...		0,000
324	Matorral bosc...		0,000
321	Otros pastizales	Pastizales, pr...	72,930
322	Sabinares y e...		0,000
231	Pastizales	Pastizales, pr...	72,930
142	Instalaciones ...		0,000
141	Areas urbana...		0,000

Ilustración 10- Tabla de atributos. Producción agraria

6) Producción ganadera forestal.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Extensión agrícola, vegetación natural	Herbazal	61,65
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	0,91
-Pináceas	Bosque de plantación	1,61
-Matorral boscoso de transición	Matorral	0,82
-Pastizales -Otros pastizales	Pastizal	1,54
	Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	1,78
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	1,39
	Árboles Fuera de Monte (Árboles sueltos)	21,41
-Sistemas agroforestales -Vegetación esclerófila	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	1,89
	Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	1,99
	Total	5,07

Tabla 44- Usos_00 – VANE. Producción Ganadera Forestal

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_PGANF	V.PGAN_EUR
211	Tierras de labor en secano		0.0
212	Cultivos herbaceos en regadio		0.0
132	Vertederos		0.0
133	Lugares en construccion		0.0
112	Tejido urbano discontinuo		0.0
241	Cultivos anuales asociados con culti...		0.0
111	Tejido urbano continuo		0.0
332	Roquedo		0.0
333	Espacios con vegetacion escasa		0.0
312	Pinaceas	Bosque de pla...	1.61
331	Playas y dunas		0.0
313	Bosque mixto	Bosque	0.91
311	Caducifolio	Bosque	0.91
334	Zonas quemadas		0.0
512	Acumulacion de agua		0.0
511	Curso de agua		0.0
244	Sistemas agro-forestales	Mosaico arbol...	1.89
243	Extension agricola, vegetacion natural	Herbazal	61.65
242	Mosaico de cultivos		0.0
131	Minas, extraccion minerales		0.0
411	Pantanos interiores		0.0
221	Viñedos		0.0
222	Frutales		0.0
223	Olivares		0.0
121	Unidades industriales-comerciales		0.0
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0.0
124	Aeropuertos		0.0
323	Vegetacion esclerofila	Mosaico arbol...	1.89
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	0.82
321	Otros pastizales	Pastizal	1.54
322	Sabinares y enebrales	Bosque	0.91
231	Pastizales	Pastizal	1.54
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0.0
141	Areas urbanas verdes		0.0

Ilustración 11- Tabla de atributos. Producción Ganadera Forestal

7) Provisión de agua para uso agrícola.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	215,37
- Tierras de labor en secoano	Tierras de labor en secoano	100,55
-Matorral boscoso de transición	Pastizal-matorral	252,11
-Pináceas	Bosque de plantación	163,37
	Herbazal	187,03
-Olivares	Olivares	157,61
-Sistemas agro-forestales -Pastizales -Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado	115,06
- Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos herbáceos en regadío	74,12
-Extensión agrícola, vegetación natural	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	112,31
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes.	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	100,86
-Vegetación esclerófila	Monte sin vegetación superior	277,55
	Prados y praderas	154,76
-Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos en secoano y regadío	123,08
	Mosaico de cultivos permanentes	142,38
-Frutales	Frutales	181,98
	Cultivos agrícolas con arbolado adherado	143,13
-Acumulación de agua	Embalses	163,96
-Viñedos	Viñedos	60,25
	Cítricos	138,30
	Otros	109,19
	Total	154,95

Tabla 45- Usos_00 – VANE. Provisión de agua para uso agrícola

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

Capítulo 5: Desarrollo del modelo matemático de costes ambientales

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_PAUA	V.PAUA_EUR	VANE_PAUI
211	Tierras de labor en secoano	Tierras de labor en secoano	100.55	Tierras de la...
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos herbaceos en regadio	74.12	Cultivos her...
132	Vertederos		0.0	
133	Lugares en construccion		0.0	
112	Tejido urbano discontinuo		0.0	
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanent	100.86	Mosaico de c...
111	Tejido urbano continuo		0.0	
332	Roquedo		0.0	
333	Espacios con vegetacion escasa		0.0	
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	163.37	Bosque de pl...
331	Playas y dunas		0.0	
313	Bosque mixto	Bosque	215.37	Bosque
311	Caducifolio	Bosque	215.37	Bosque
334	Zonas quemadas		0.0	
512	Acumulacion de agua	Embalses	163.96	
511	Curso de agua		0.0	
244	Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados o praderas	115.06	Pastizales, p...
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos agricolas en secoano con vegeta	112.31	Mosaico de c...
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos en secoano y regadio	123.08	Mosaico de c...
131	Minas, extraccion minerales		0.0	
411	Pantanos interiores		0.0	
221	Viñedos	Viñedos en secoano	60.25	Viñedos en s...
222	Frutales	Frutales en secoano	181.98	Otros
223	Olivares	Olivares en secoano	157.61	Otros
121	Unidades industriales-comerciales		0.0	
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0.0	
124	Aeropuertos		0.0	
323	Vegetacion esclerofila	Monte sin vegetacion superior	277.55	Monte sin ve...
324	Matorral boscoso de transicion	Pastizal-matorral	252.11	Pastizal-mat...
321	Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas	115.06	Pastizales, p...
322	Sabinares y enebrales	Bosque	215.37	Bosque
231	Pastizales	Pastizales, prados o praderas	115.06	Pastizales, p...
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0.0	
141	Areas urbanas verdes		0.0	

Ilustración 12- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso agrícola

8) Provisión de agua para uso industrial.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	26,83
-Tierras de labor en seco	Tierras de labor en seco	7,76
-Pináceas	Bosque de plantación	24,08
	Herbazal	25,97
-Matorral boscoso de transición	Matorral	11,84
	Prados y praderas	38,49
Extensión agrícola, vegetación natural	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	14,39
-Vegetación esclerófila	Monte sin vegetación superior	46,70
-Sistemas agroforestales -Pastizales -Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado	5,29
- Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos herbáceos en regadío	4,70
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	5,72
-Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos en seco y regadío	12,08
	Prado con setos	19,82
-Viñedos	Viñedos	6,24
	Árboles fuera de monte (Riberas)	16,90
-Frutales -Olivares	Otros	8,69
	Total	16,31

Tabla 46- Usos_00 – VANE. Provisión de agua para uso industrial

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_PAUI	v.PAUI_EUR
211	Tierras de labor en secoano	Tierras de labor en secoano	7,760
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos herbaceos en regadio	4,700
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Mosaico de cultivos anuales con cultivos perman...	5,720
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	24,080
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	26,830
311	Caducifolio	Bosque	26,830
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados o praderas	5,290
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos agricolas en secoano con veg...	14,390
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos en secoano y regadio	12,080
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos	Viñedos en secoano	6,240
222	Frutales	Otros	8,690
223	Olivares	Otros	8,690
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Monte sin vegetacion superior	46,700
324	Matorral boscoso de transicion	Pastizal-matorral	11,840
321	Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas	5,290
322	Sabinares y enebrales	Bosque	26,830
231	Pastizales	Pastizales, prados o praderas	5,290
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 13- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso industrial

9) Provisión de agua para uso doméstico.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	274,13
-Matorral boscoso de transición	Matorral	234,53
-Tierras de labor en seco	Tierras de labor en seco	100,79
-Pináceas	Bosque de plantación	189,97
	Pastizal-matorral	188,21
	Herbazal	196,88
-Olivares	Olivares	180,97
-Extensión agrícola, con vegetación natural	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	155,76
-Sistemas agroforestales -Otros pastizales -Pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherido	94,71
- Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos herbáceos en regadío	67,40
	Prados y praderas	213,05
	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	174,75
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	91,82
-Vegetación esclerófila	Monte sin vegetación superior	307,46
-Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos en seco y regadío	163,08
-Viñedos -Frutales	Otros	128,65
	Total	180,95

Tabla 47- Usos_00 – VANE. Provisión de agua para uso doméstico

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_PAUD	V.PAUD_EUR
211	Tierras de labor en secoano	Tierras de labor en secoano	100,790
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos herbaceos en regadio	67,400
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Mosaico de cultivos anuales con c...	91,820
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	189,970
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	274,130
311	Caducifolio	Bosque	274,130
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados y praderas	94,710
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos agricolas en s...	155,760
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos en sec...	163,080
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos	Otros	128,650
222	Frutales	Otros	128,650
223	Olivares	Olivares en secoano	180,970
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Monte sin vegetacion superior	307,460
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	234,530
321	Otros pastizales	Pastizales, prados y praderas	94,710
322	Sabinares y enebrales	Bosque	274,130
231	Pastizales	Pastizales, prados y praderas	94,710
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 14- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso doméstico

10) Provisión de agua para uso energético.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinas y enebrales	Bosque	8,67
-Matorral boscoso de transición	Matorral	18,41
-Vegetación esclerófila	Monte sin vegetación superior	201,06
	Herbazal	30,45
-Tierras de labor en secano	Tierras de labor en secano	2,36
-Pináceas	Bosque de plantación	9,27
-Sistemas agroforestales -Otros pastizales -Pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado	5,78
	Prados y praderas	14,95
-Mosaico de cultivos -Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	12,15
-Extensión agrícola, vegetación natural	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	4,31
	Pastizal-matorral	2,92
	Embalses	16,25
-Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos herbáceos en regadío	2,12
	Prado con setos	22,23
-Oliveras	Oliveras	2,21
	Otros	3,67
	Total	8,93

Tabla 48- Usos_00 – VANE. Provisión de agua para uso energético

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_PAUE	V.PAUE_EUR
211	Tierras de labor en secano	Tierras de labor en secano	2,360
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos herbaceos en regadio	2,120
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Mosaico de cultivos anuales con prados o pra...	12,150
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	9,270
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	8,670
311	Caducifolio	Bosque	8,670
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados o praderas	5,780
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos agricolas en secano con v...	4,310
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos anuales con prados o pra...	12,150
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos		0,000
222	Frutales		0,000
223	Olivares	Olivares en secano	2,210
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Monte sin vegetacion superior	201,060
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	18,410
321	Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas	5,780
322	Sabinares y enebrales	Bosque	8,670
231	Pastizales	Pastizales, prados o praderas	5,780
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 15- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso doméstico

11) Servicio recreativo interior.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Matorral boscoso de transición	Matorral	27,94
-Vegetación esclerófila	Monte sin vegetación superior	265,35
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinas y enebrales	Bosque	6,95
-Tierras de labor en secano	Tierras de labor en secano	8,64
-Extensión agrícola, vegetación natural -Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	10,61
-Sistemas agro-forestales -Pastizales -Otros pastizales	Pastizal-matorral	7,18
-Olivares	Olivares	8,91
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	9,45
-Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos herbáceos en regadío	5,72
-Pináceas	Bosque de plantación	4,02
-Viñedos	Viñedos	14,09
-Frutales	Otros	8,22
	Total	11,53

Tabla 49- Usos_00 – VANE. Servicio Recreativo Interior

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_SRI	V.SRI_EUR
211	Tierras de labor en secoano	Tierras de labor en secoano	8,640
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos herbaceos en regadio	5,720
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanent	9,450
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	4,020
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	6,950
311	Caducifolio	Bosque	6,950
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizal-matorral	7,180
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos agricolas en secoano con vegeta	10,610
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos agricolas en secoano con vegeta	10,610
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos	Viñedos en secoano	14,090
222	Frutales	Otros	8,220
223	Olivares	Olivares en secoano	8,910
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Monte sin vegetacion superior	265,350
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	27,940
321	Otros pastizales	Pastizal-matorral	7,180
322	Sabinars y enebrales	Bosque	6,950
231	Pastizales	Pastizal-matorral	7,180
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 16- Tabla de atributos. Servicio Recreativo Interior

12) Caza menor.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
- Tierras de labor en seco	Tierras de labor en seco	1,99
-Vegetación esclerófila -Matorral boscoso de transición	Matorral	1,16
- Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos herbáceos en regadío	1,97
-Sistemas agro-forestales	Pastizal-matorral	1,75
-Pastizales -Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	1,44
-Olivares	Olivares	2,40
	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	1,86
-Extensión agrícola, vegetación natural	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	1,47
	Mosaico de cultivos permanentes	3,95
-Viñedos	Viñedos	2,45
-Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos en seco y regadío	2,77
	Herbazal	0,84
	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	2,66
	Cítricos	2,92
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	1,99
-Frutales	Frutales	2,01
	Otros frutales	2,51
	Otros	1,26
	Total	1,75

Tabla 50- Usos_00 - VANE. Caza Menor

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_C.MEN	V.CMEN_EUR
211	Tierras de labor en secoano	Tierras de labor en secoano	1,990
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos herbaceos en regadio	1,970
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Mosaico de cultivos anuales...	1,990
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas		0,000
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto		0,000
311	Caducifolio		0,000
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizal-matorral	1,750
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos agricola...	1,470
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos mixtos ...	2,770
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos	Viñedos en secoano	2,450
222	Frutales	Frutales en secoano	2,010
223	Olivares	Olivares en secoano	2,400
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Matorral	1,160
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	1,160
321	Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas	1,440
322	Sabinares y enebrales		0,000
231	Pastizales	Pastizales, prados o praderas	1,440
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 17- Tabla de atributos. Caza Menor

13) Caza mayor.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	1,33
-Matorral boscoso de transición	Matorral	1,17
-Sistemas agroforestales -Pastizales -Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	2,25
-Pináceas	Bosque de plantación	1,11
	Herbazal	1,29
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	4,82
	Pastizal-matorral	0,85
	Prados y praderas	1,07
	Prado con setos	1,32
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	1,25
	Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	0,85
	Monte sin vegetación superior	0,39
-Extensión agrícola, vegetación natural.	Mosaico de prados o praderas con vegetación natural	1,05
-Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	0,72
-Vegetación esclerófila -Cultivos herbáceos en regadío	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	0,69
	Arboles Fuera de Monte (Arboles sueltos)	0,13
	Arboles Fuera de Monte (Alineaciones)	0,77
	Total	1,32

Tabla 51- Usos_00 – VANE. Caza Mayor

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_C.MAY	V.CMAY
211	Tierras de labor en secoano		0,000
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos agricolas con arbolado adehesado	4,820
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Cultivos agricolas con arbolado adehesado	4,820
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	1,110
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	1,330
311	Caducifolio	Bosque	1,330
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados o praderas	2,250
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de prados o praderas con vegetacion natura	1,050
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos agricolas en regadio con veget	0,720
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos		0,000
222	Frutales		0,000
223	Olivares		0,000
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Mosaico arbolado	0,690
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	1,170
321	Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas	2,250
322	Sabinares y enebrales	Bosque	1,330
231	Pastizales	Pastizales, prados o praderas	2,250
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 18- Tabla de atributos. Caza Mayor

14) Control de la erosión.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	23,29
-Matorral boscoso de transición	Matorral	19,98
-Pináceas	Bosque de plantación	17,21
-Tierras de labor en seco	Tierras de labor en seco	2,19
	Pastizal-matorral	8,61
	Herbazal	8,92
	Olivares	6,64
-Pastizales -Otros pastizales -Sistemas agroforestales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	4,21
-Extensión agrícola, vegetación natural	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	6,86
-Vegetación esclerófila	Monte sin vegetación superior	37,94
-Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	7,57
	Prados y praderas.	9,51
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	3,26
	Prado con setos	18,10
	Otros	3,58
	Total	11,45

Tabla 52- Usos_00 – VANE. Control de la Erosión

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_CONER	V.CONE_EUR
211	Tierras de labor en secoano	Tierras de labor en secoano	2,190
212	Cultivos herbaceos en regadio		0,000
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanent	3,260
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	17,210
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	23,290
311	Caducifolio	Bosque	23,290
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados o praderas	4,210
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos agricolas en secoano con vegeta	6,860
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas	7,570
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos		0,000
222	Frutales		0,000
223	Olivares		0,000
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Monte sin vegetacion superior	37,940
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	19,980
321	Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas	4,210
322	Sabinares y enebrales	Bosque	23,290
231	Pastizales	Pastizales, prados o praderas	4,210
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 19- Tabla de atributos. Control de la Erosión

15) Tratamiento de vertidos por el agua continental.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	7,13
- Tierras de labor en secano	Tierras de labor en secano	5,97
-Vegetación esclerófila -Matorral boscoso de transición	Matorral	7,52
-Olivares	Olivares	18,68
-Pináceas	Bosque de plantación	7,90
	Herbazal	10,15
	Pastizal-matorral	8,02
- Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos herbáceos en regadío	4,53
-Mosaico de cultivos -Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes	8,17
-Pastizales -Otros pastizales -Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	5,27
-Extensión agrícola, vegetación natural	Mosaico de cultivos agrícolas con vegetación natural	5,12
	Prados y praderas.	11,82
	Otros	8,62
	Total	7,59

Tabla 53- Usos_00 - VANE. Tratamiento de vertidos por el agua continental

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_TVAC	V.TVAC_EUR
211	Tierras de labor en secano	Tierras de labor en secano	5,970
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos herbaceos en regadio	4,530
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Mosaico de cultivos anuales con cultivos perman...	8,170
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	7,900
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	7,130
311	Caducifolio	Bosque	7,130
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados o praderas	5,270
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos agricolas en secano con veg...	5,120
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos anuales con cultivos perman...	8,170
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos		0,000
222	Frutales		0,000
223	Olivares	Olivares en secano	18,680
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Matorral	7,520
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	7,520
321	Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas	5,270
322	Sabinares y enebrales	Bosque	7,130
231	Pastizales	Pastizales, prados o praderas	5,270
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 20- Tabla de atributos. Tratamiento de vertidos por el agua continental

16) Captura de carbono por el arbolado forestal.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	83,29
-Pináceas	Bosque de plantación	294,80
-Sistemas agro-forestales -Otros pastizales -Pastizales	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	21,53
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	184,03
	Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	144,39
-Cultivos herbáceos en regadío -Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes -Extensión agrícola vegetación natural -Mosaico de cultivos	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	14,06
-Vegetación esclerófila -Matorral boscoso de transición	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	51,38
	Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	172,61
	Árboles Fuera de Monte (Árboles sueltos)	12,91
	Total	107,02

Tabla 54- Usos_00 – VANE. Captura de carbono por el arbolado forestal

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_CCAF	V.CCAF_EUR
211	Tierras de labor en seco		0,000
212	Cultivos herbaceos en regadio	Cultivos agricolas con arbolado adehesado	14,060
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...	Cultivos agricolas con arbolado adehesado	14,060
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	294,800
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	83,290
311	Caducifolio	Bosque	83,290
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizales, prados o praderas	21,530
243	Extension agricola, vegetacion natural	Cultivos agricolas con arbolado adehesado	14,060
242	Mosaico de cultivos	Cultivos agricolas con arbolado adehesado	14,060
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos		0,000
222	Frutales		0,000
223	Olivares		0,000
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Mosaico arbolado	51,380
324	Matorral boscoso de transicion	Mosaico arbolado	51,380
321	Otros pastizales	Pastizales, prados o praderas	21,530
322	Sabinares y enebrales	Bosque	83,290
231	Pastizales	Pastizales, prados o praderas	21,530
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 21- Tabla de atributos. Captura de carbono por el arbolado forestal

17) Captura de carbono por el matorral.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinares y enebrales	Bosque	29,85
-Pináceas	Bosque de plantación	45,83
-Matorral boscoso de transición	Matorral	23,37
	Árboles Fuera de Monte (Bosquetes)	127,87
-Otros pastizales -Pastizales	Pastizal-matorral	10,91
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	64,09
-Vegetación esclerófila -Sistemas agro-forestales	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	32,90
	Árboles Fuera de Monte (Alineaciones)	135,85
-Pantanos interiores	Humedal*	0,64
	Total	30,26

Tabla 55- Usos_00 - VANE. Captura de carbono por el matorral

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_CCM	V.CCM_EUR
211	Tierras de labor en secoano		0,000
212	Cultivos herbaceos en regadio		0,000
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con culti...		0,000
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	45,830
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	29,850
311	Caducifolio	Bosque	29,850
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Mosaico arbolado	32,900
243	Extension agricola, vegetacion natural		0,000
242	Mosaico de cultivos		0,000
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores	Humedal	0,640
221	Viñedos		0,000
222	Frutales		0,000
223	Olivares		0,000
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Mosaico arbolado	32,900
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	23,370
321	Otros pastizales	Pastizal-matorral	10,910
322	Sabinares y enebrales	Bosque	29,850
231	Pastizales	Pastizal-matorral	10,910
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 22- Tabla de atributos. Captura de carbono por el matorral

18) Conservación de la diversidad biológica.

Usos del suelo (usos_00)	Usos del suelo (VANE)	Valor medio (€/ha año)
-Bosque mixto -Caducifolio -Sabinas y enebrales	Bosque	22,56
-Vegetación esclerófila -Matorral boscoso de transición	Matorral	20,77
-Pináceas	Bosque de plantación	24,30
-Sistemas agro-forestales -Otros pastizales -Pastizales	Pastizal-matorral	21,49
-Tierras de labor en seco	Tierras de labor en seco	3,44
	Herbazal	17,51
	Árboles Fuera de Monte (Riberas)	108,55
-Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes. -Extensión agrícola, vegetación natural -Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos con vegetación natural	17,90
	Otros	8,71
	Total	14,77

Tabla 56- Usos_00 – VANE. Conservación de la Diversidad Biológica

Al agregar la información contenida en la tabla superior a la tabla de atributos de Usos del Suelo del año 2000, nos queda:

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_CDIBI	V.CDBI_EUR
211	Tierras de labor en secoano	Tierras de labor en secoano	3,440
212	Cultivos herbaceos en regadio		0,000
132	Vertederos		0,000
133	Lugares en construccion		0,000
112	Tejido urbano discontinuo		0,000
241	Cultivos anuales asociados con cultivos perm...	Mosaico de cultivos en secoano con vegetacion natur	17,900
111	Tejido urbano continuo		0,000
332	Roquedo		0,000
333	Espacios con vegetacion escasa		0,000
312	Pinaceas	Bosque de plantacion	24,300
331	Playas y dunas		0,000
313	Bosque mixto	Bosque	22,560
311	Caducifolio	Bosque	22,560
334	Zonas quemadas		0,000
512	Acumulacion de agua		0,000
511	Curso de agua		0,000
244	Sistemas agro-forestales	Pastizal-matorral	21,490
243	Extension agricola, vegetacion natural	Mosaico de cultivos en secoano con vegetacion natur	17,900
242	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos en secoano con vegetacion natur	17,900
131	Minas, extraccion minerales		0,000
411	Pantanos interiores		0,000
221	Viñedos		0,000
222	Frutales		0,000
223	Olivares		0,000
121	Unidades industriales-comerciales		0,000
122	Redes de carreteras o ferrocarriles		0,000
124	Aeropuertos		0,000
323	Vegetacion esclerofila	Matorral	20,770
324	Matorral boscoso de transicion	Matorral	20,770
321	Otros pastizales	Pastizal-matorral	21,490
322	Sabinars y enebrales	Bosque	22,560
231	Pastizales	Pastizal-matorral	21,490
142	Instalaciones deportivas y de ocio		0,000
141	Areas urbanas verdes		0,000

Ilustración 23- Tabla de atributos. Conservación de la Diversidad Biológica

Con los pasos hasta ahora realizados, ya se tendría la tabla de usos del suelo del año 2000 (usos_00) con la información necesaria para la correcta creación en gvSIG de los mapas vectoriales para cada una de las variables ambientales.

5.3.2. Creación de los mapas vectoriales para las variables ambientales

Ahora, con los pasos realizados previamente, al disponer ya de toda la información requerida en nuestra tabla de atributos, el objetivo será el de crear un mapa para cada variable ambiental, de tal forma que para cada punto, línea o polígono georreferenciado podamos asignarle un valor monetario en euros. Como ya hemos visto, esta cifra económica la hemos aportado a través de la correspondencia entre cada uno de los registros de nuestro mapa inicial y las tablas de usos del suelo del modelo VANE.

A continuación pasamos a describir el proceso mediante el cual se llega a la obtención de un mapa vectorial de una variable ambiental. Posteriormente pasaremos a mostrar el resto de mapas vectoriales para cada una de las variedades ambientales que se tienen en cuenta en el presente estudio.

5.3.2.1. Producción de madera

Ejemplo del procedimiento para la variable “Producción de madera”.

Definimos a continuación el proceso mediante el cual obtenemos el mapa vectorial asociado a la variable “Producción de madera”.

Esta operación la realizamos siguiendo los pasos: Herramientas - Geoprocesamiento - Caja de Herramientas - Capas Vectoriales - Agrupar por un campo

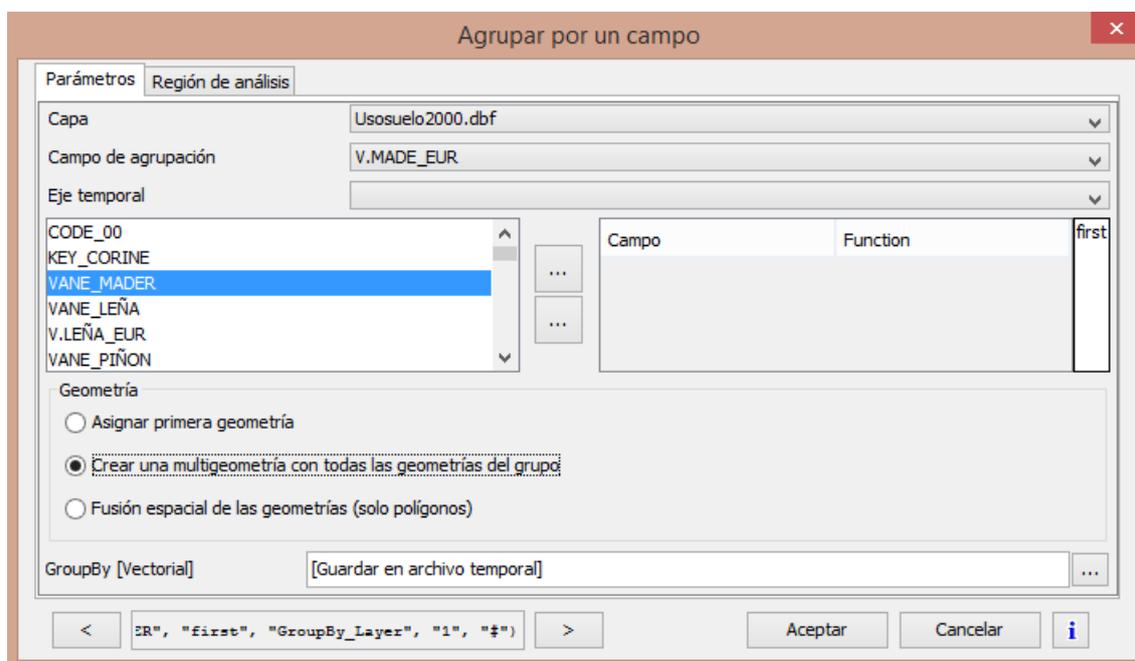
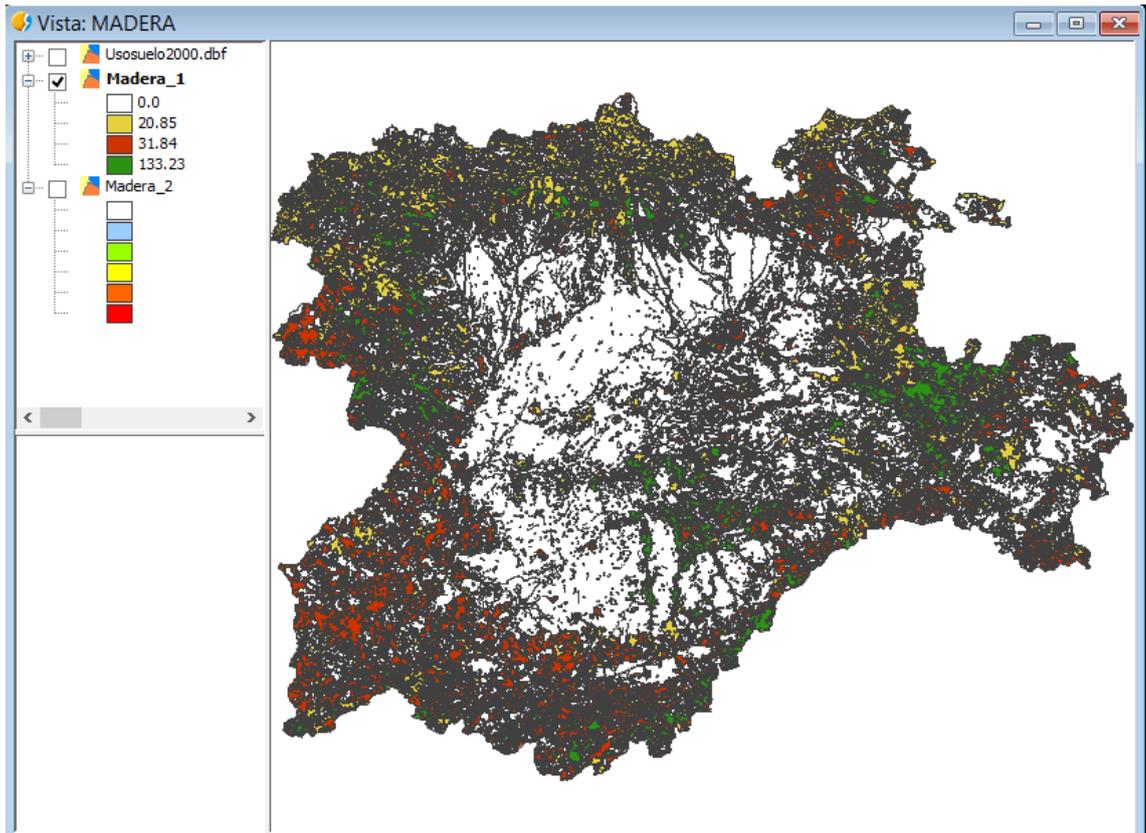


Ilustración 24- Ejemplo, “Agrupar por un campo”

En la imagen superior se observa la pantalla resultante a realizar los pasos descritos anteriormente. Una vez en ella, seleccionamos la capa sobre la que se desea realizar la operación, en este y en cada uno de los casos siguientes esta capa será la de usos del suelo 2000, ya que es la que contiene toda la información recopilada de los campos *Corine* y de la valoración del VANE en euros (que es la que a nosotros nos interesa realmente). El campo de agrupación será “V.MADE_EUR”, que no es otra que la columna agregada en los pasos iniciales con las valoraciones económicas

los registros de la variable ambiental “Producción de madera”, seleccionamos también que deseamos que aparezca la columna de registros VANE para la variable madera, es decir “VANE_MADER”. Por último, elegimos la opción relativa a la geometría, que como se puede observar es la de “crear una multigeometría con todas las geometrías del grupo”.

Mediante estos pasos obtenemos el mapa vectorial relativo a la variable ambiental “Producción de madera”, que mostramos a continuación:



Mapa 20- Producción de madera. Vectorial 1

Con la tabla de atributos asociada:

	V.MADE_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	31,840	Mosaico arbolado
3	133,230	Bosque de plantacion
4	20,850	Bosque

Ilustración 25- Tabla de atributos. Producción de madera. Con agrupación por campo EUR €

En el mapa de la imagen superior podemos observar como los entes (puntos, líneas, polígonos) que aparecen en color blanco, son los que contienen un valor de 0 € / ha año, y se refieren a todos aquellos polígonos que no se correspondan con los registros existentes en la tabla VANE de usos del suelo para la producción maderera. En color amarillo encontramos aquellos entes que se clasificaron dentro del registro VANE “Bosque”, con una cifra económica vinculada de 20,85 € / ha año. En color rojo, tenemos a los elementos vectoriales que se incluyeron dentro del registro VANE “Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado”, con una cifra asignada de 31,84 € / ha año. Finalmente en color verde, estarían los elementos englobados dentro del registro VANE “Bosque de plantación”, con una cifra económica de 133,23 € / ha año.

También existe la posibilidad de visualizar el mapa con los colores que nosotros deseemos, en función de unos intervalos o rangos de valores definidos. Un ejemplo de esto sería: Propiedades de la capa – Simbología – Cantidades – Intervalos

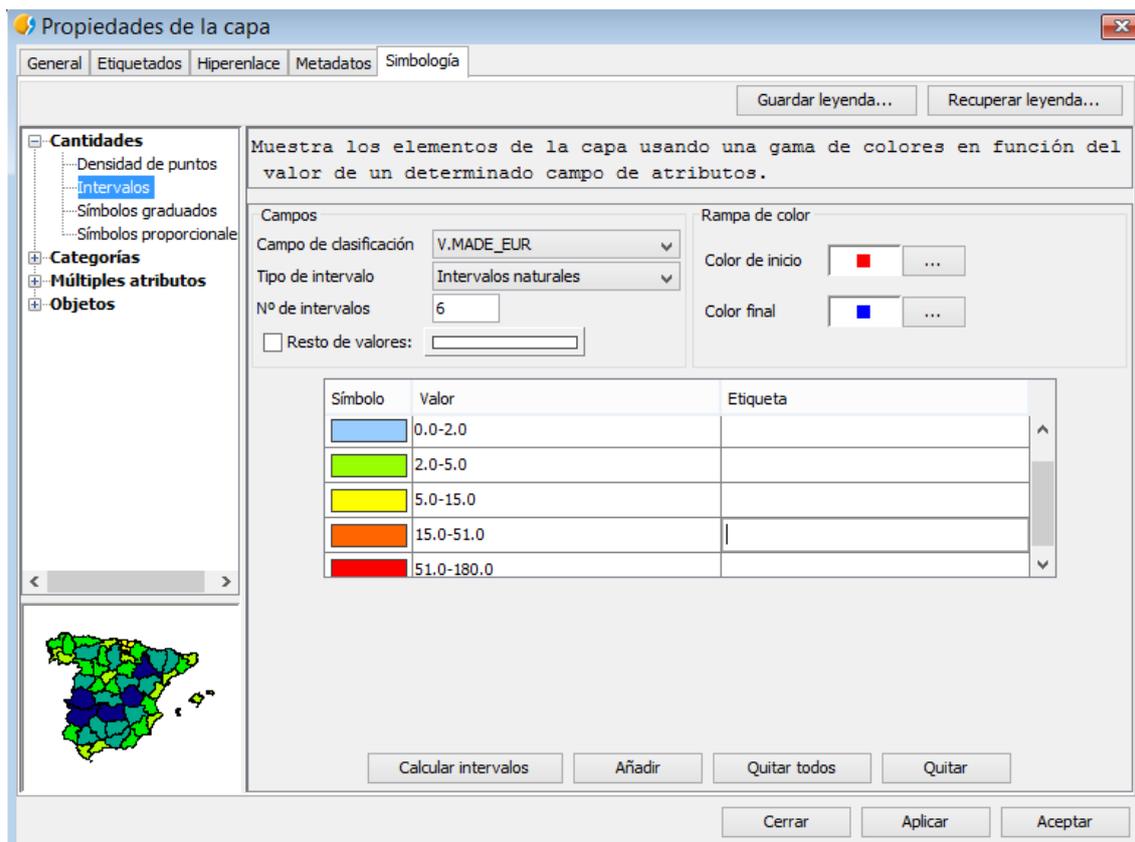
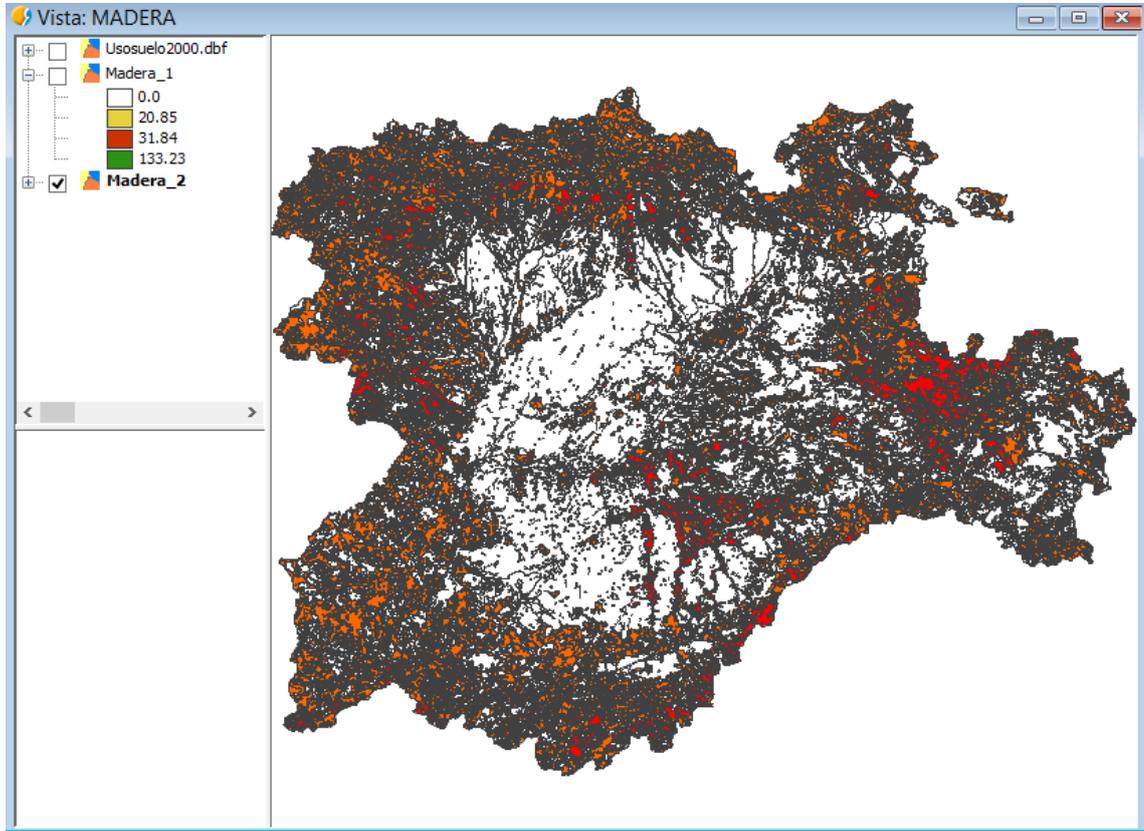


Ilustración 26- Intervalos para Producción de Madera

Los intervalos han sido elegidos manualmente, asignando las cifras relativas a la leyenda del mapa de madera aportado en el modelo VANE. La visualización del mapa con estas nuevas condiciones sería:

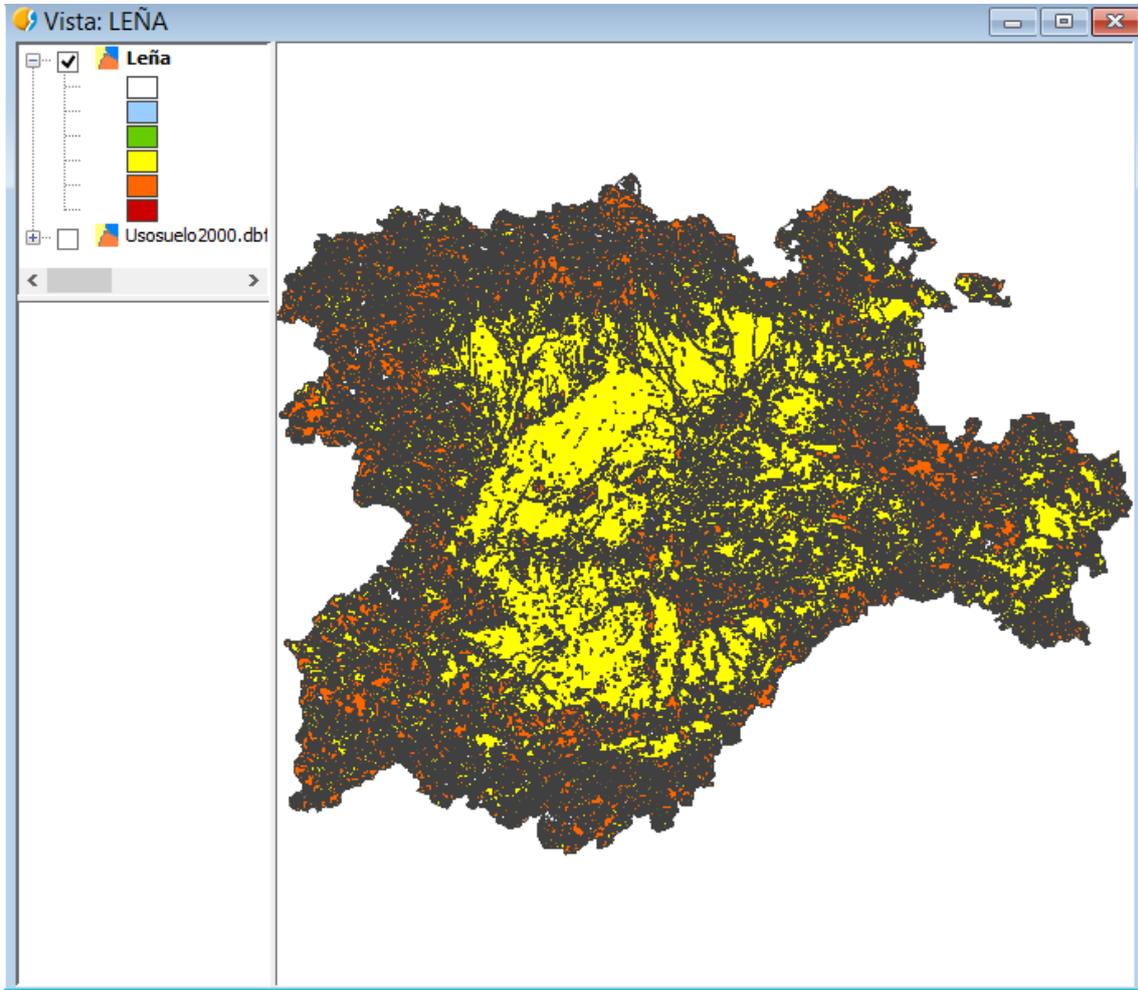


Mapa 21- Producción de madera. Vectorial 2

Cabe resaltar que esta operación con los nuevos intervalos únicamente cambia la visualización del mapa, pero a efectos prácticos el mapa es idénticamente el mismo en cualquiera de los casos, ya que los valores asignados a cada punto, línea o polígono siguen siendo los mismos que habíamos agregado previamente en la tabla de atributos.

5.3.2.2. Producción de leña

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Producción de leña”:



Mapa 22- Producción de leña. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

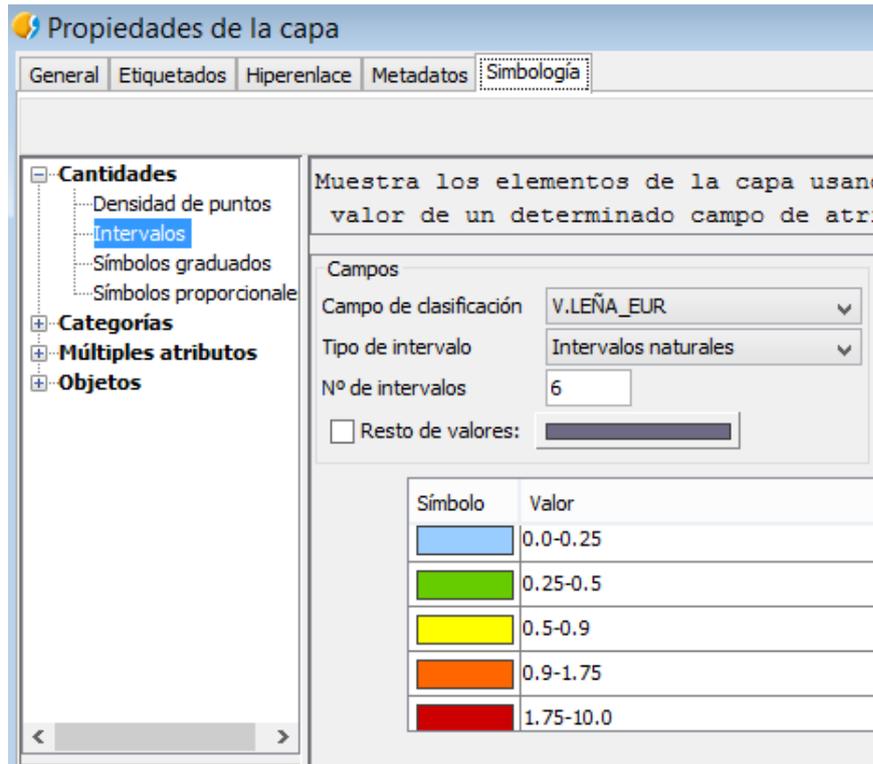


Ilustración 27- Intervalos para Producción de Leña

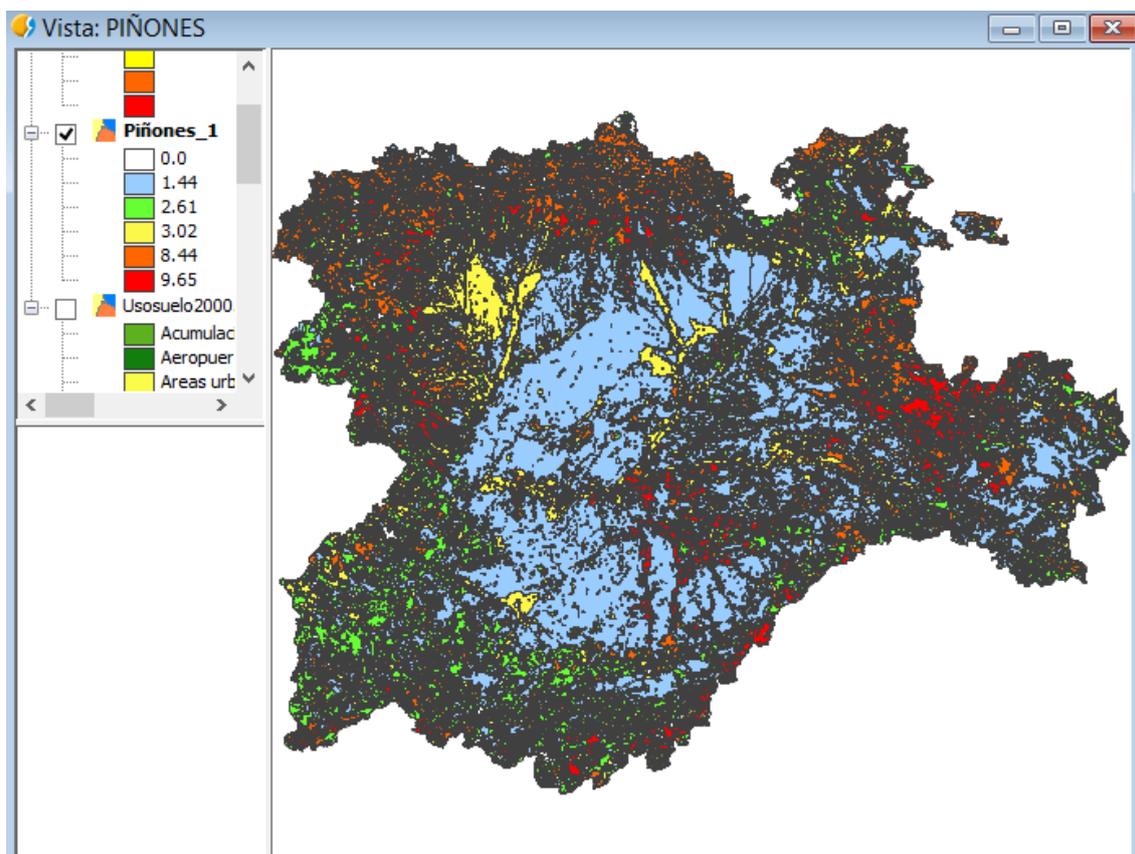
Y con la tabla de atributos asociada:

	V.LEÑA_EUR	VANE_firs
1	1,321	Bosque
2	1,500	Bosque de plantacion
3	1,340	Mosaico arbolado
4	0,000	
5	0,800	Pastizales, prados o praderas
6	0,600	Cultivos agricolas

Ilustración 28- Tabla de atributos. Producción de leña. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.3. Producción de piñones

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Producción de piñones” en el cual cada color representa un tipo de registro VANE con una cifra en euros asociada, tal y como observamos en la leyenda desplegable:



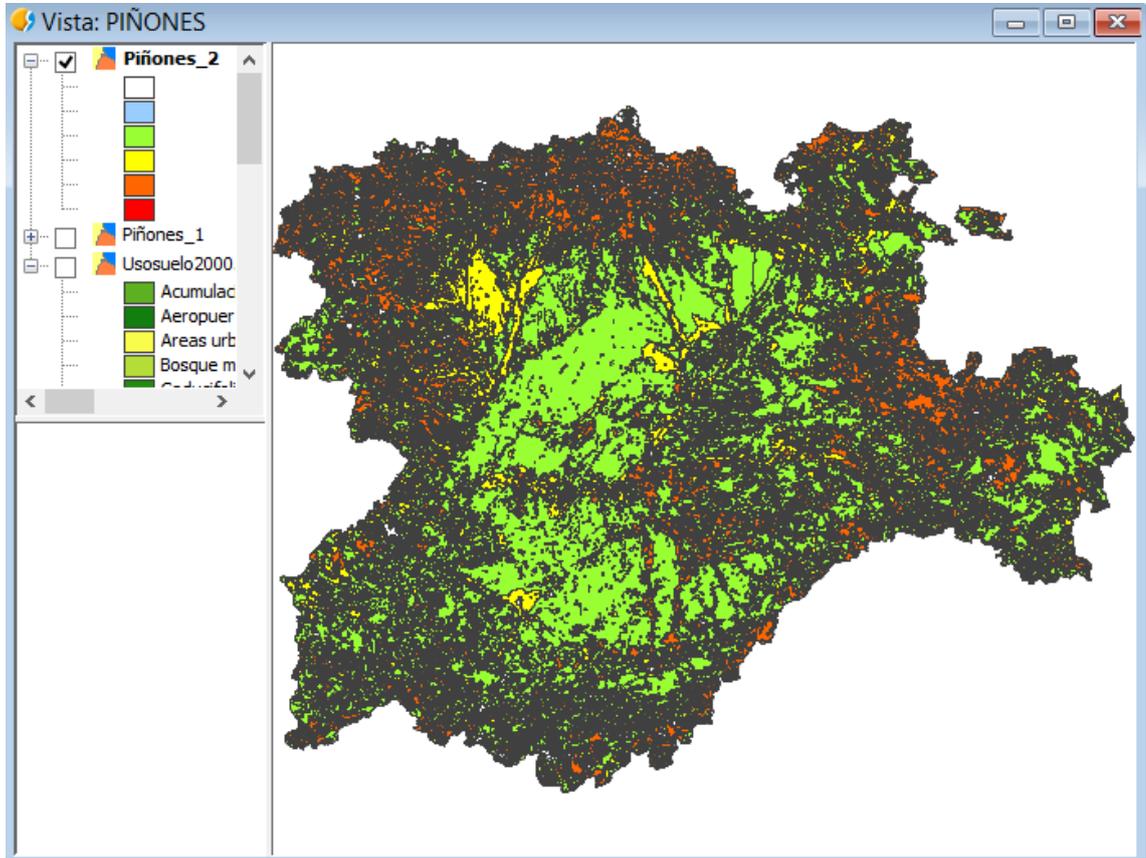
Mapa 23- Producción de piñones. Vectorial 1

Con la siguiente tabla de atributos asociada:

	V.PIÑO_EUR	VANE__firs
1	1,440	Pastizales, prados o praderas
2	2,610	Mosaico arbolado
3	9,650	Bosque de plantacion
4	0,000	
5	8,440	Bosque
6	3,020	Cultivos agricolas

Ilustración 29- Tabla de atributos. Producción de piñones. Con agrupación por campo EUR €

Mostramos también la visualización alternativa del mapa con los intervalos de colores asociados a los valores económicos propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:



Mapa 24- Producción de piñones. Vectorial 2

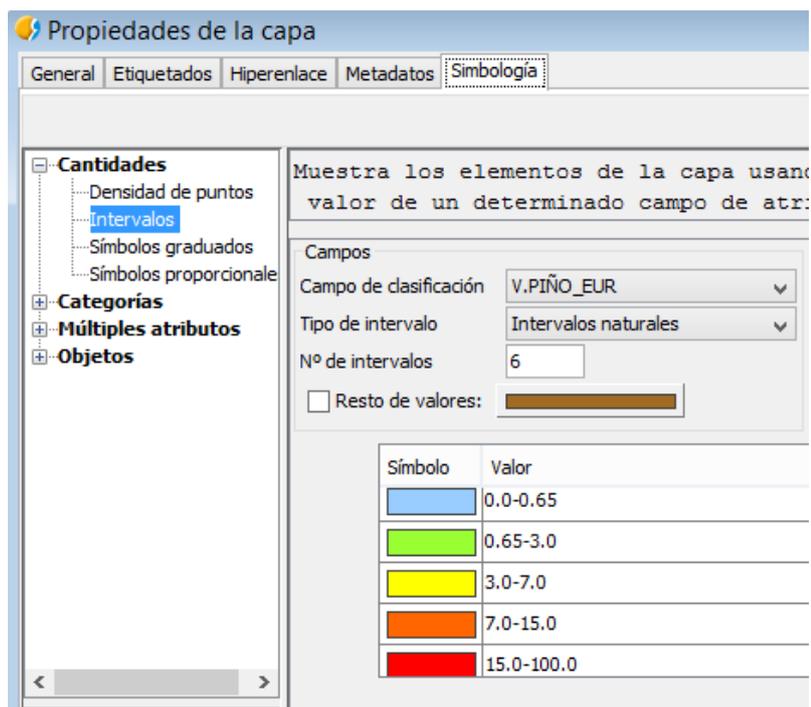
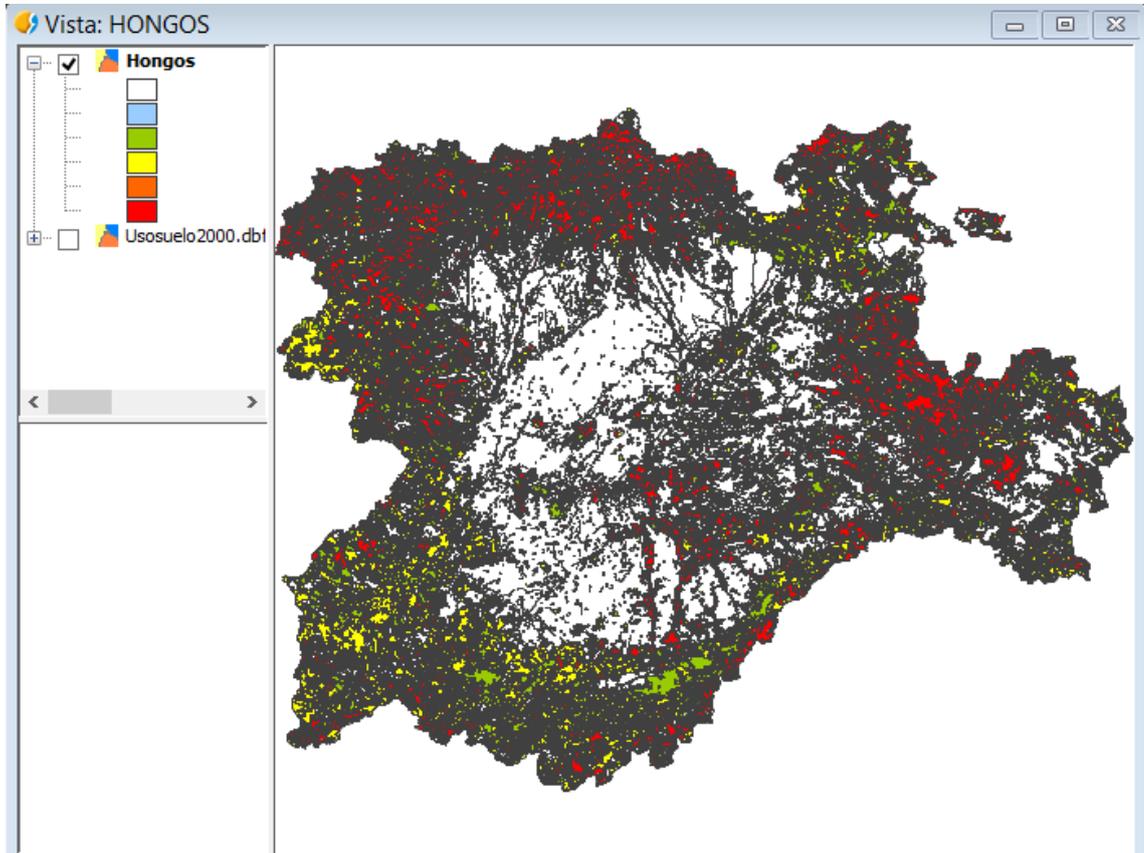


Ilustración 30- Intervalos para Producción de Piñones

5.3.2.4. Producción de hongos

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Producción de hongos”:



Mapa 25- Producción de hongos. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

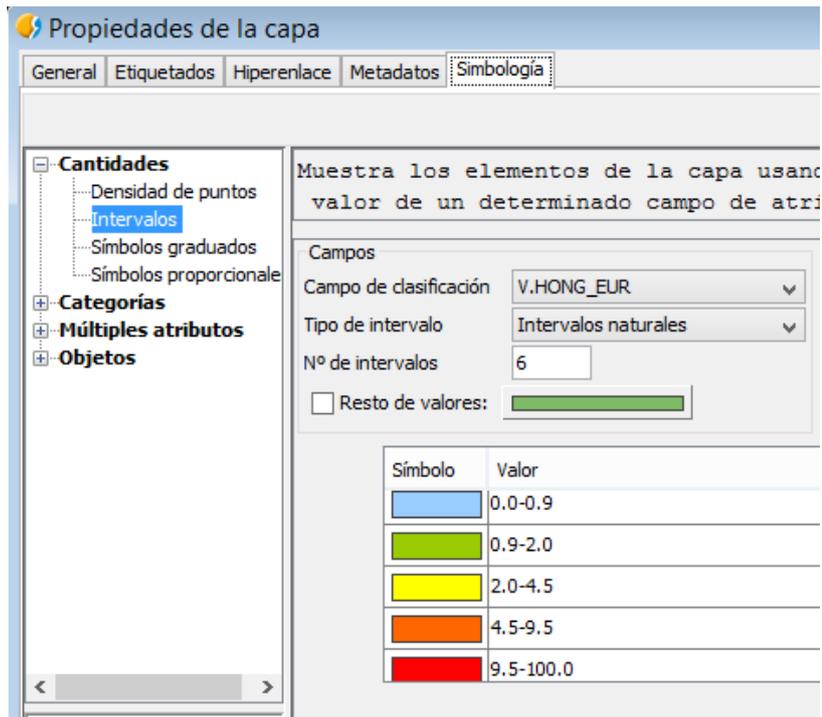


Ilustración 31- Intervalos para Producción de Hongos

Y con la tabla de atributos asociada:

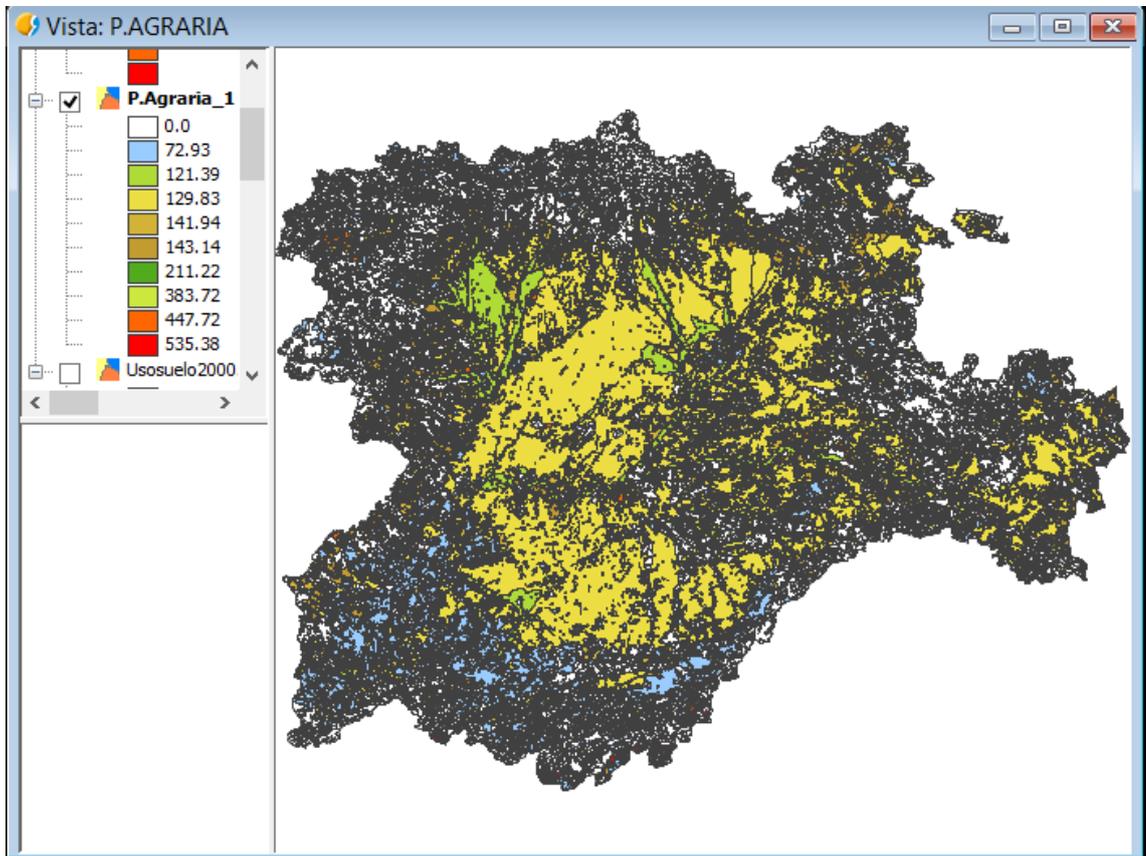
	V.HONG_EUR	VANE__firs
1	0,000	
2	1,020	Herbazal
3	1,311	Pastizal
4	3,450	Mosaico arbolado
5	11,210	Bosque
6	16,880	Bosque de plantacion

Ilustración 32- Tabla de atributos. Producción de hongos. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.5. Mapa “Producción agraria” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Producción agraria” en el cual cada color representa un tipo de

registro VANE con una cifra en euros asociada, tal y como observamos en la leyenda desplegable:



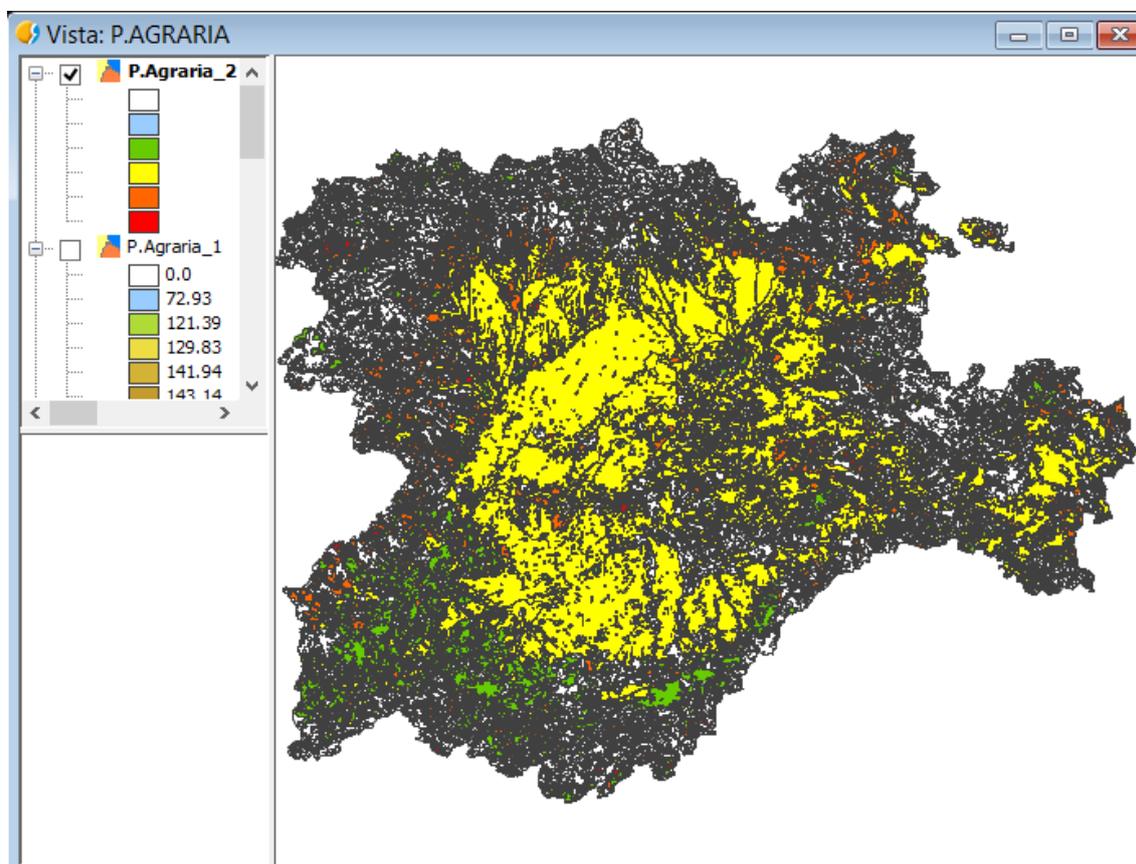
Mapa 26- Producción agraria. Vectorial 1

Con la siguiente tabla de atributos asociada:

Tabla de atributos: P.Agraria_1		
	V.AGRA_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	72,930	Pastizales, prados o praderas
3	121,390	Cultivos herbaceos en regadio
4	129,830	Tierras de labor en secano
5	141,940	Mosaico de cultivos mixtos secano y regadio
6	143,140	Mosaico de prados o praderas con vegetacion natura
7	211,220	Frutales en secano
8	383,720	Cultivos anuales asociados con cultivos permanente
9	447,720	Viñedos en regadio
10	535,380	Olivares en regadio

Ilustración 33- Tabla de atributos. Producción agraria. Con agrupación por campo EUR €

Mostramos también la visualización alternativa del mapa con los intervalos de colores asociados a los valores económicos propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:



Mapa 27- Producción agrícola. Vectorial 2

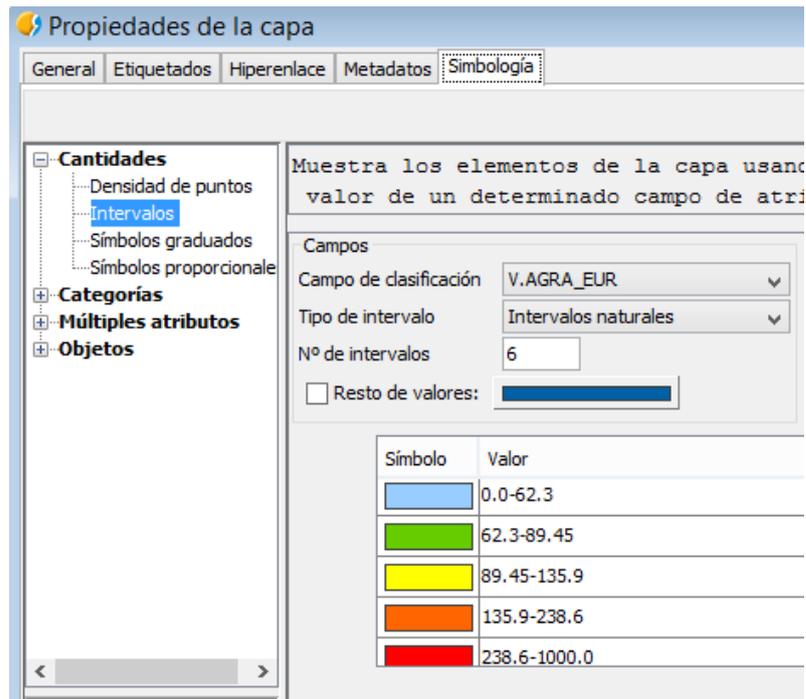
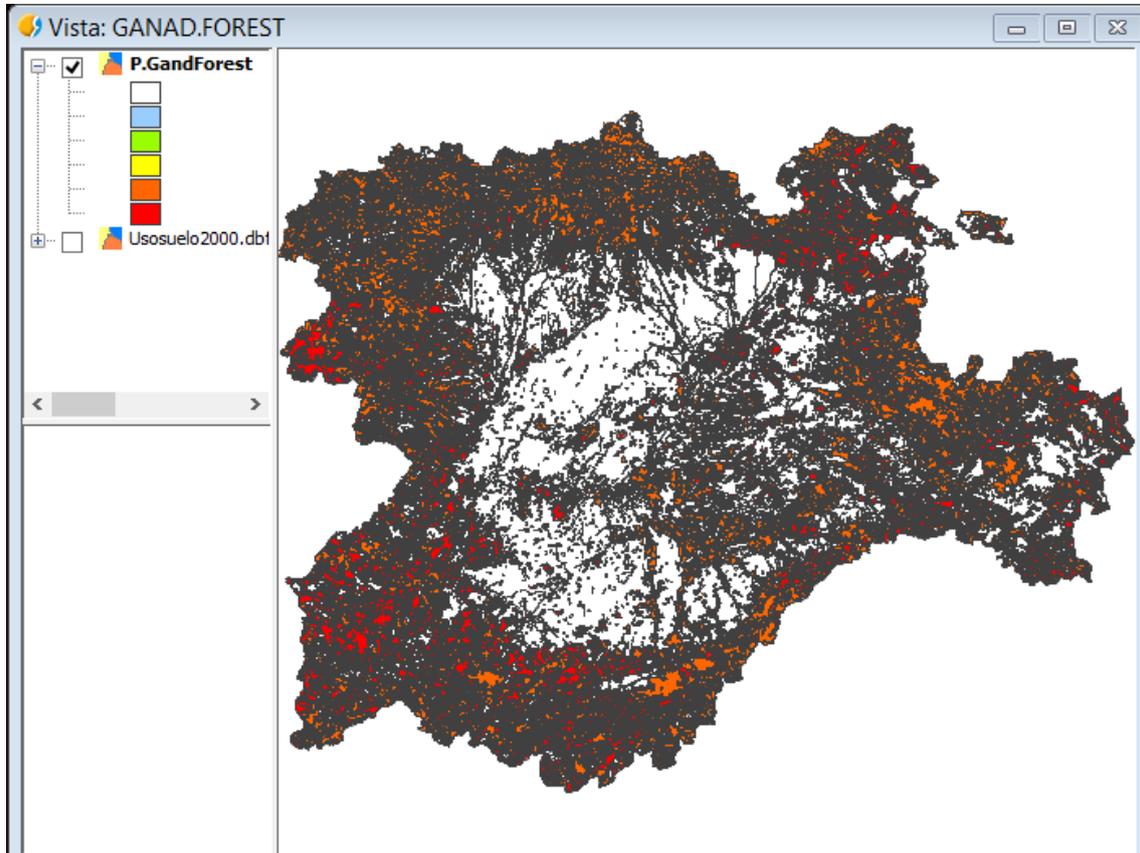


Ilustración 34- Intervalos para Producción Agraria

5.3.2.6. Mapa “Producción ganadera forestal” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Producción ganadera forestal”:



Mapa 28- Producción ganadera forestal. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en € / hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

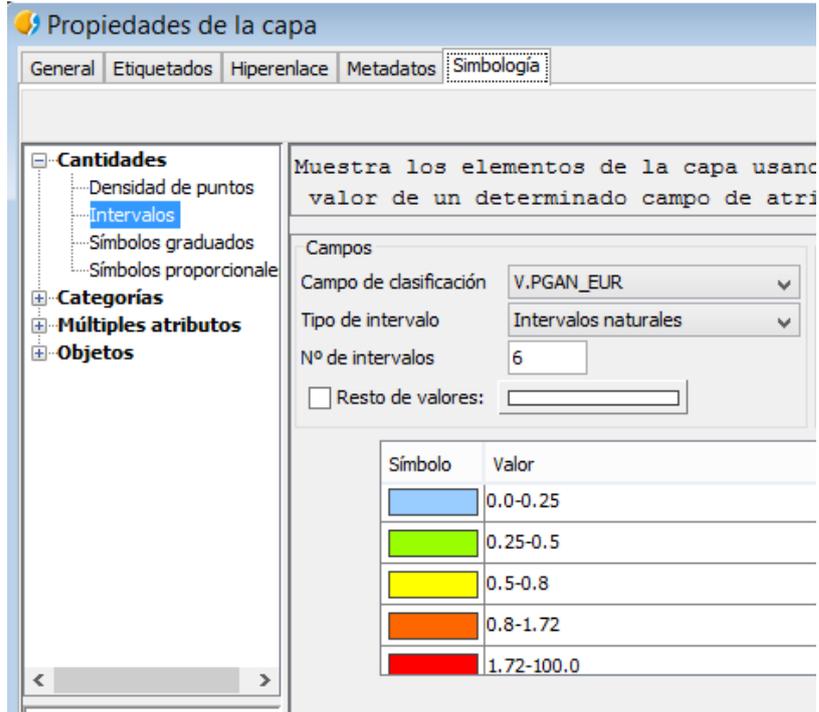


Ilustración 35- Intervalos para Producción Ganadera Forestal

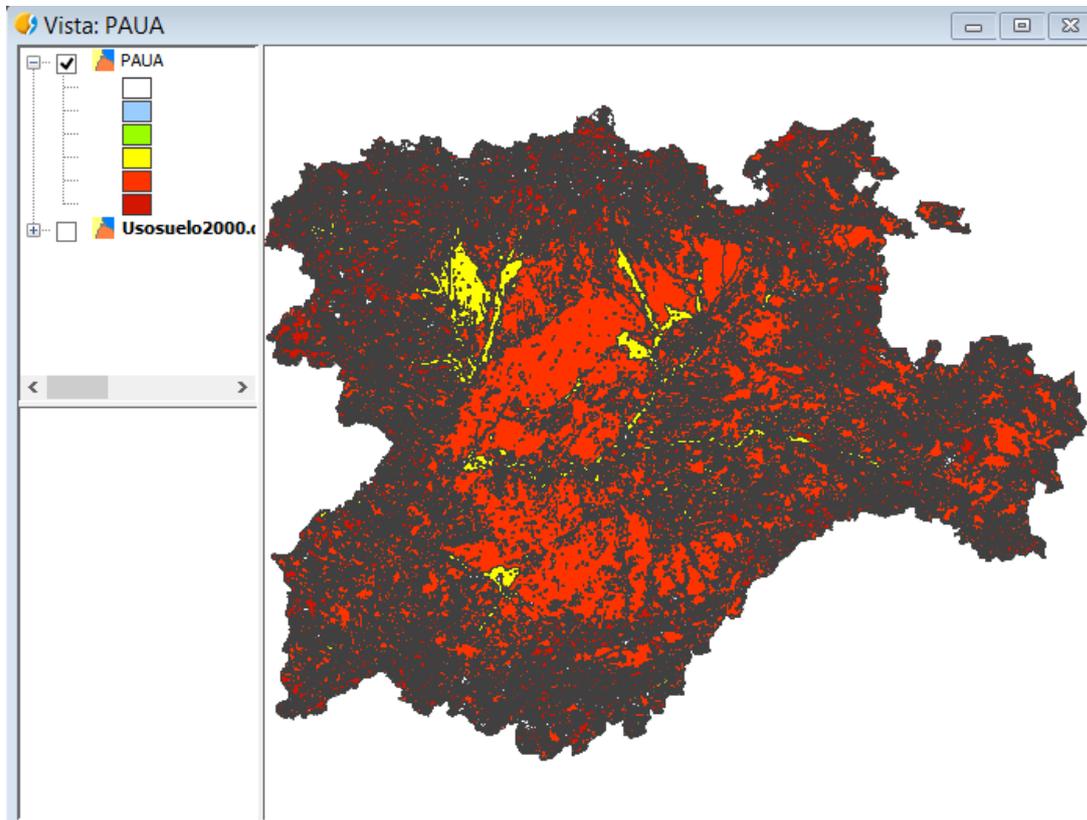
Y con la tabla de atributos asociada:

	V.PGAN_EUR	VANE__firs
1	0,000	
2	0,820	Matorral
3	0,910	Bosque
4	1,540	Pastizal
5	1,610	Bosque de plantacion
6	1,890	Mosaico arbolado
7	61,650	Herbazal

Ilustración 36- Tabla de atributos. Producción ganadera forestal. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.7. Mapa “Provisión de agua para uso agrícola” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Provisión de agua para uso agrícola”:



Mapa 29- Provisión de agua para uso agrícola. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en € / hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

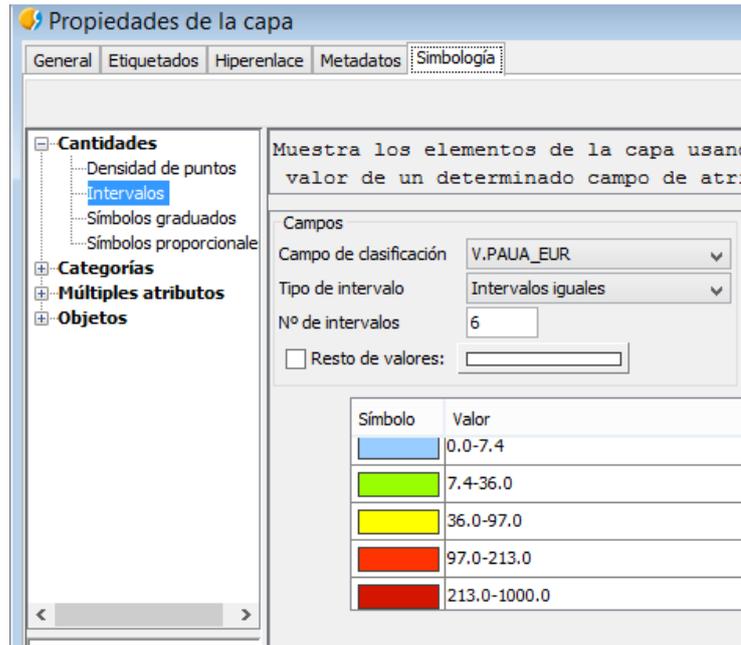


Ilustración 37- Intervalos para Provisión de agua para uso agrícola

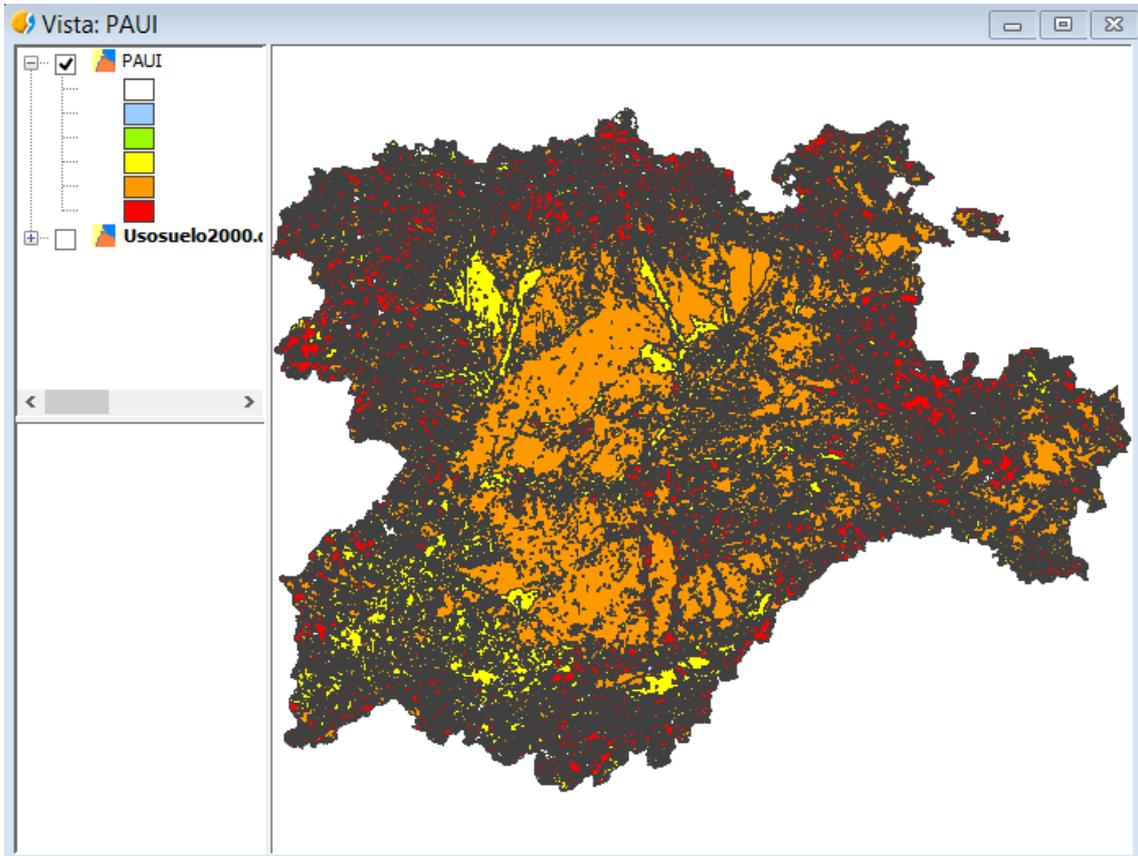
Y con la tabla de atributos asociada:

	V.PAUA_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	60,250	Viñedos en secano
3	74,120	Cultivos herbáceos en regadío
4	100,550	Tierras de labor en secano
5	100,860	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes
6	112,310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con vegetación
7	115,060	Pastizales, prados o praderas
8	123,080	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío
9	157,610	Olivares en secano
10	163,370	Bosque de plantación
11	163,960	Embalses
12	181,980	Frutales en secano
13	215,370	Bosque
14	252,110	Pastizal-matorral
15	277,550	Monte sin vegetación superior

Ilustración 38- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso agrícola. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.8. Mapa “Provisión de agua para uso industrial” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Provisión de agua para uso industrial”:



Mapa 30- Provisión de agua para uso industrial. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en € / hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

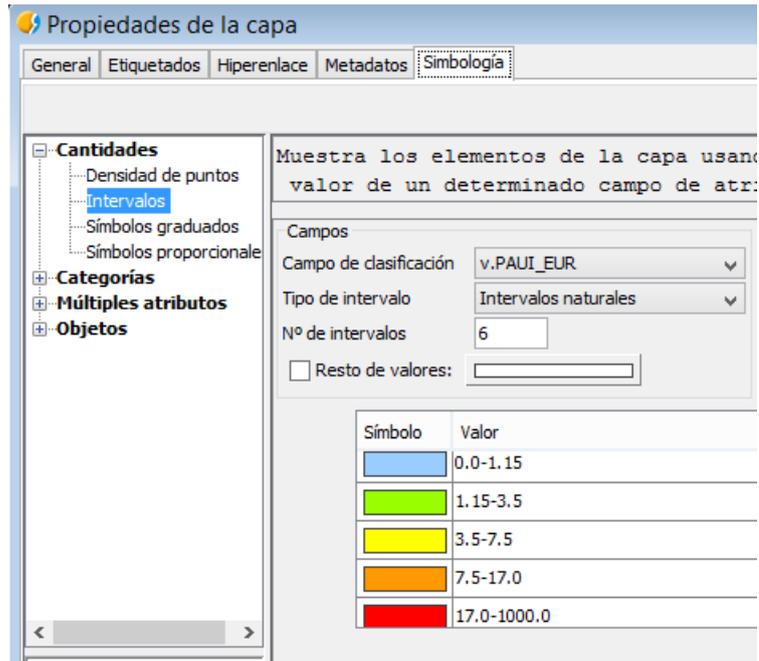


Ilustración 39- Intervalos para Provisión de agua para uso industrial

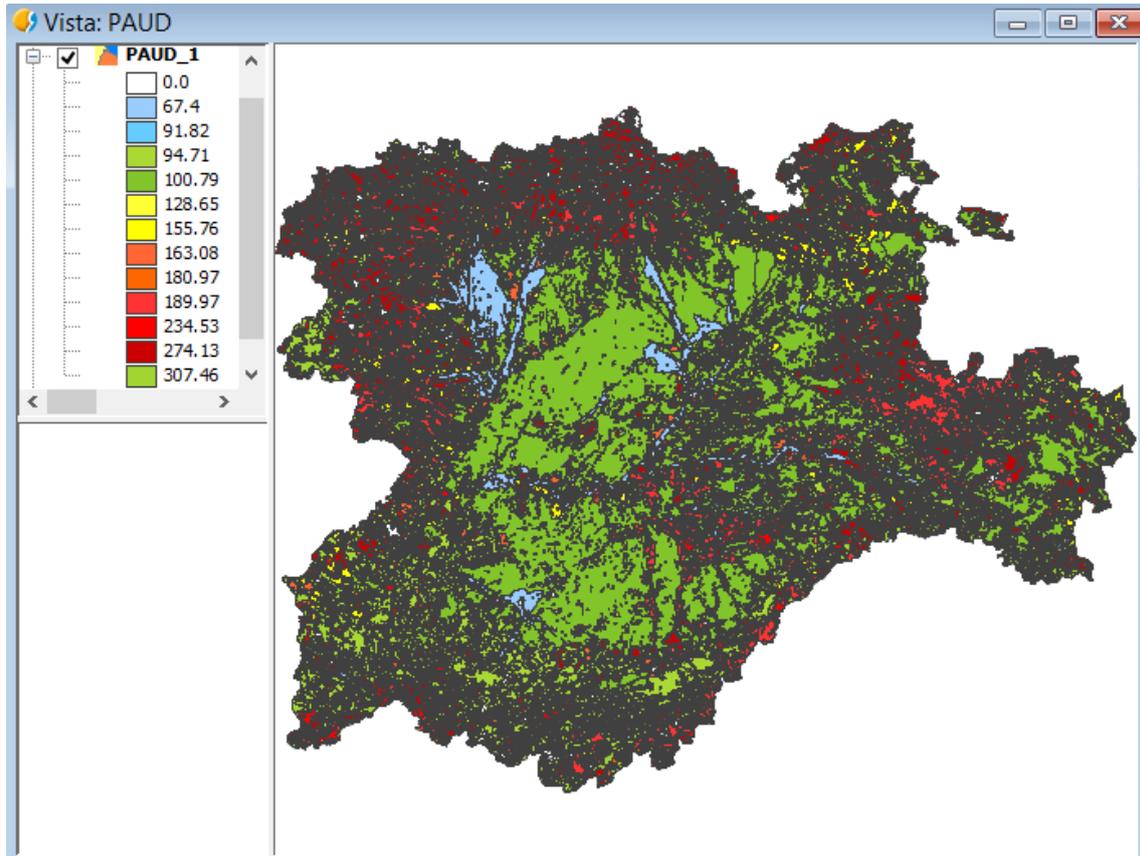
Y con la tabla de atributos asociada:

Tabla de atributos: PAUI		
	v.PAUI_EUR	VANE__firs
1	0,000	
2	4,700	Cultivos herbaceos en regadio
3	5,290	Pastizales, prados o praderas
4	5,720	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanent
5	6,240	Viñedos en secano
6	7,760	Tierras de labor en secano
7	8,690	Otros
8	11,840	Pastizal-matorral
9	12,080	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadio
10	14,390	Mosaico de cultivos agricolas en secano con vegeta
11	24,080	Bosque de plantacion
12	26,830	Bosque
13	46,700	Monte sin vegetacion superior

Ilustración 40- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso industrial. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.9. Mapa “Provisión de agua para uso doméstico” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Provisión de agua para uso doméstico” en el cual cada color representa un tipo de registro VANE con una cifra en euros asociada, tal y como observamos en la leyenda desplegable:



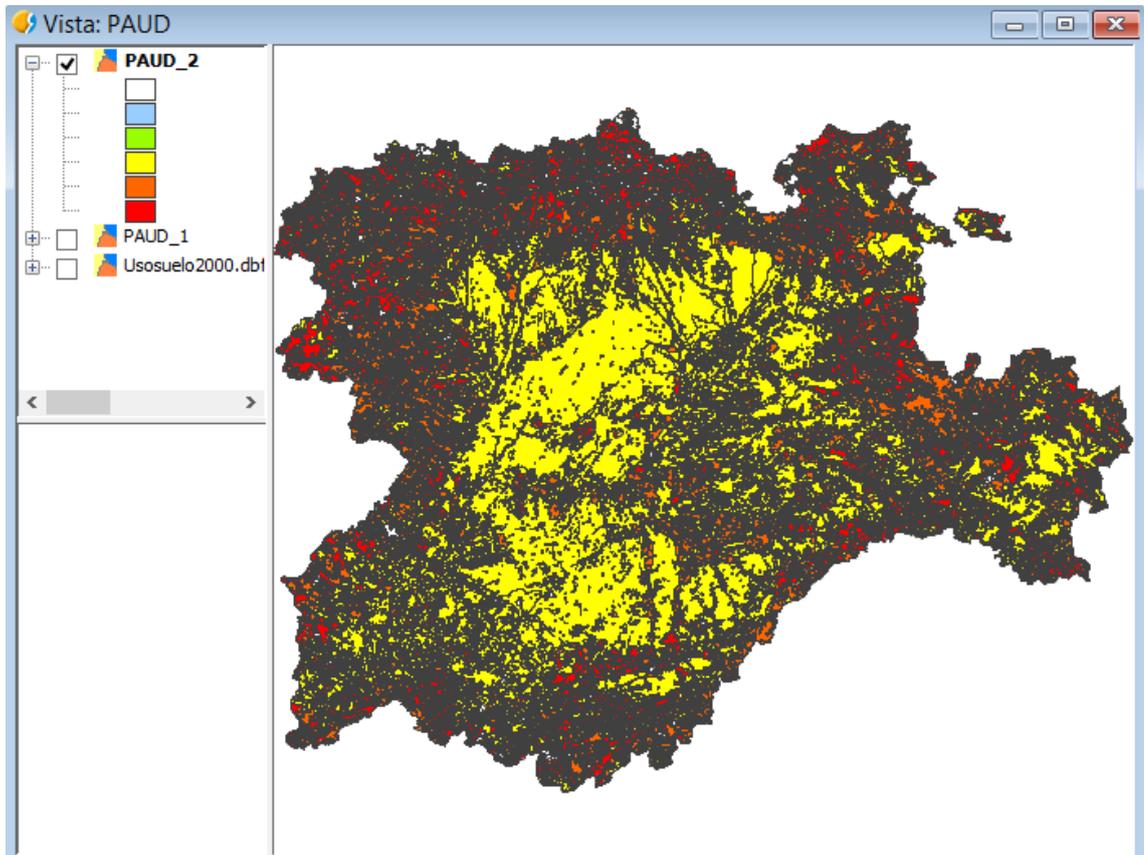
Mapa 31- Provisión de agua para uso doméstico. Vectorial 1

Con la siguiente tabla de atributos asociada:

Tabla de atributos: PAUD_1		
	V.PAUD_EUR	VANE__firs
1	0,000	
2	67,400	Cultivos herbaceos en regadio
3	91,820	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanent
4	94,710	Pastizales, prados y praderas
5	100,790	Tierras de labor en secoano
6	128,650	Otros
7	155,760	Mosaico de cultivos agricolas en secoano con vegeta
8	163,080	Mosaico de cultivos mixtos en secoano y regadio
9	180,970	Olivares en secoano
10	189,970	Bosque de plantacion
11	234,530	Matorral
12	274,130	Bosque
13	307,460	Monte sin vegetacion superior

Ilustración 41- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso doméstico. Con agrupación por campo EUR €

Mostramos también la visualización alternativa del mapa con los intervalos de colores asociados a los valores económicos propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:



Mapa 32- Provisión de agua para uso doméstico. Vectorial 2

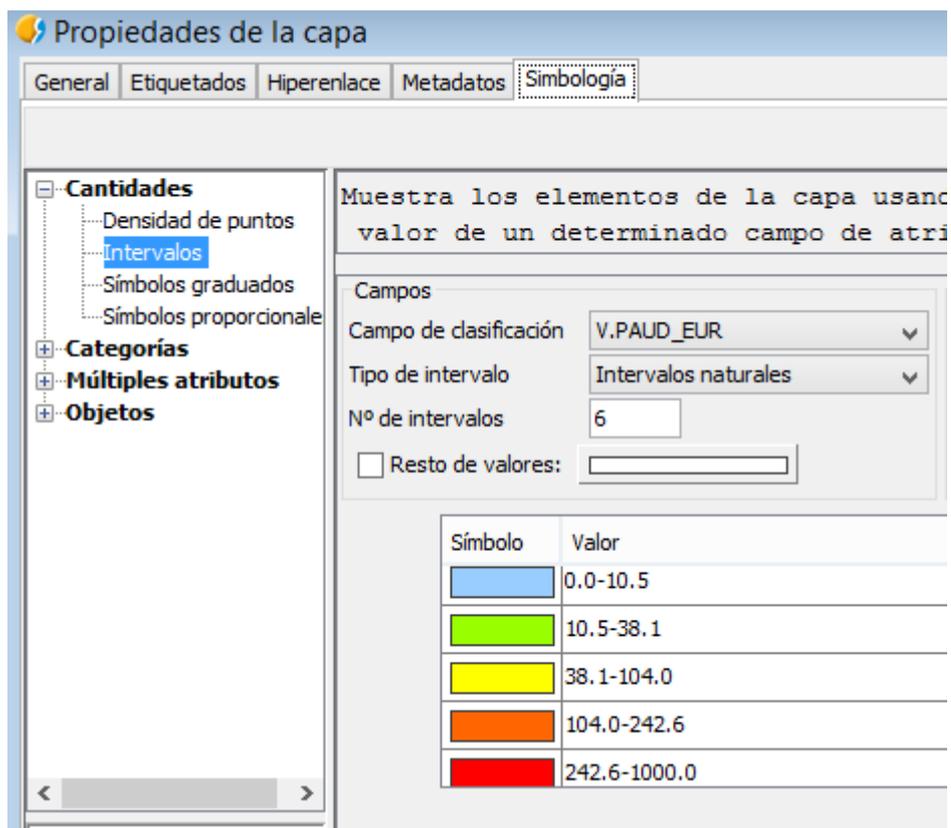
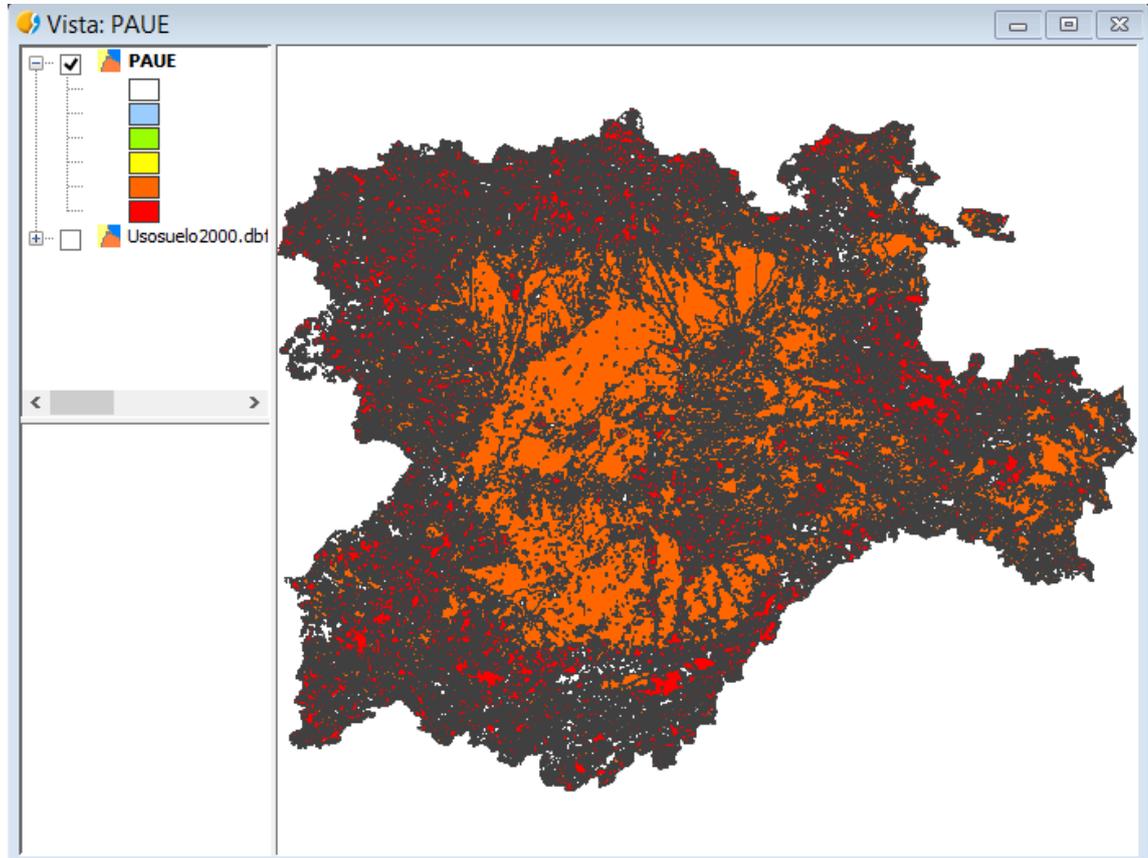


Ilustración 42- Intervalos para provisión de agua para uso doméstico

5.3.2.10. Mapa “Provisión de agua para uso energético” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Provisión de agua para uso energético”:



Mapa 33- Provisión de agua para uso energético. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en € / hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

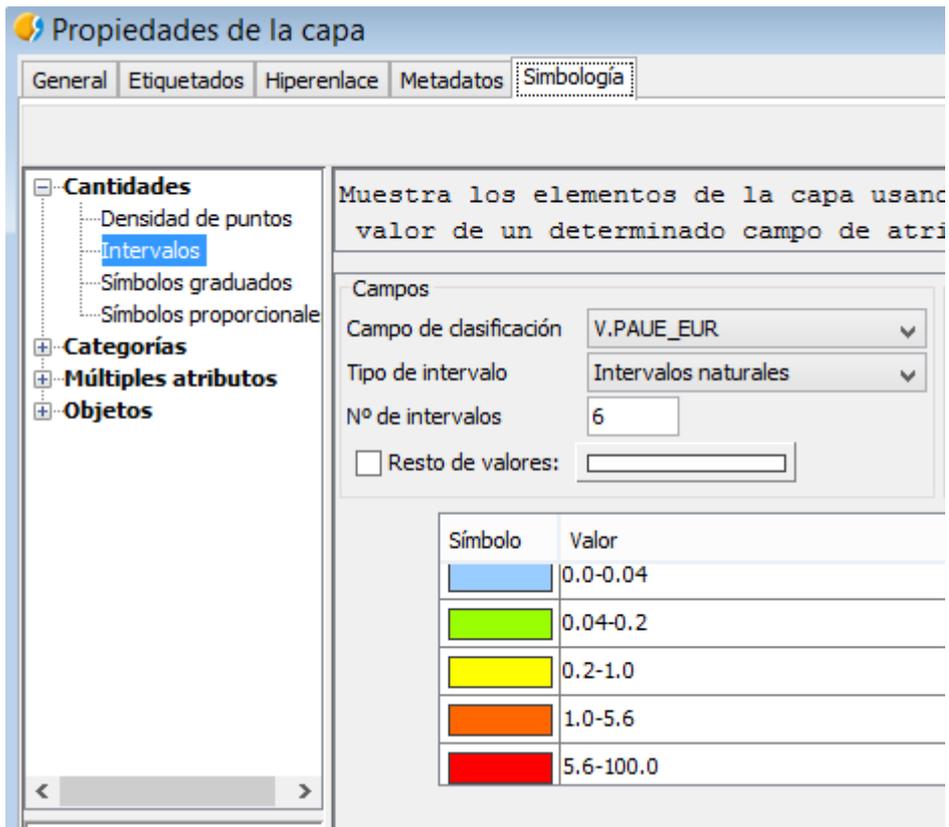


Ilustración 43- Intervalos para Provisión de agua para uso energético

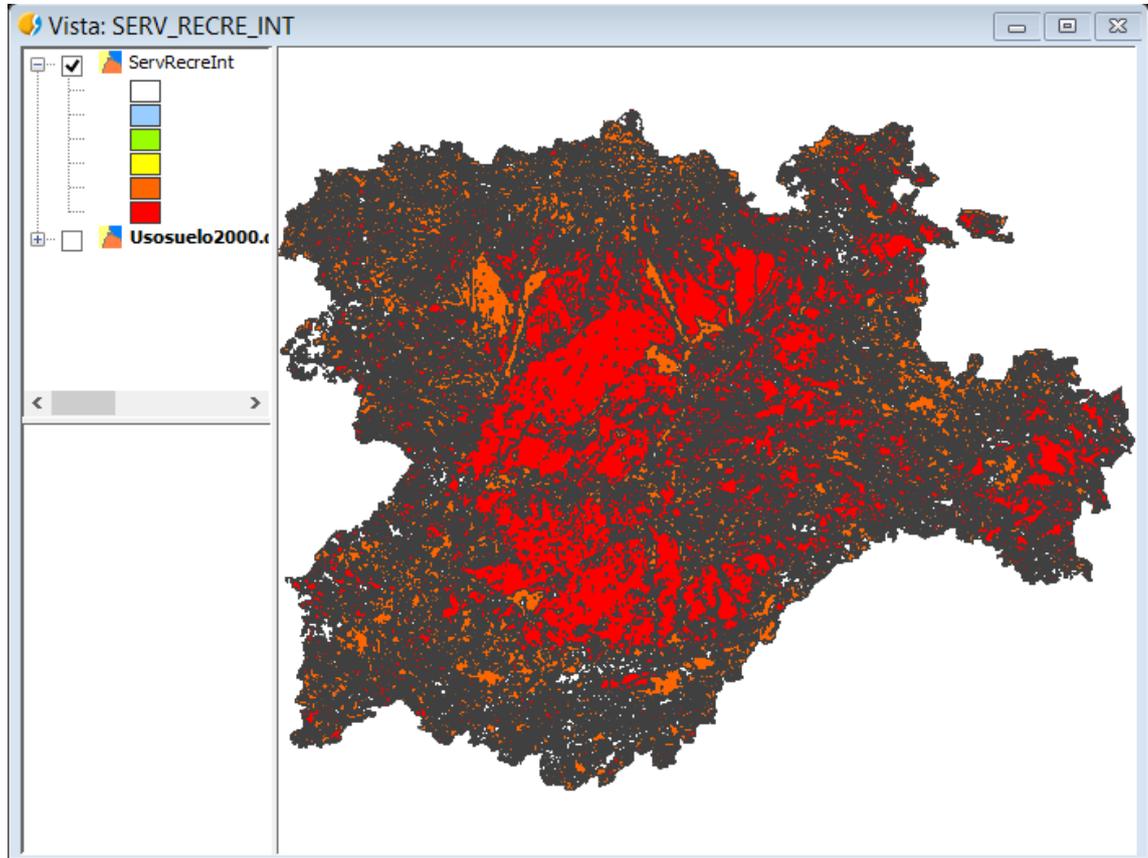
Y con la tabla de atributos asociada:

	V.PAUE_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	2,120	Cultivos herbaceos en regadio
3	2,210	Olivares en secano
4	2,360	Tierras de labor en secano
5	4,310	Mosaico de cultivos agricolas en secano con vegeta
6	5,780	Pastizales, prados o praderas
7	8,670	Bosque
8	9,270	Bosque de plantacion
9	12,150	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas
10	18,410	Matorral
11	201,060	Monte sin vegetacion superior

Ilustración 44- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso energético. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.11. Mapa “Servicio Recreativo Interior” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Provisión de agua para uso energético”:



Mapa 34- Servicio Recreativo Interior. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en € / hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

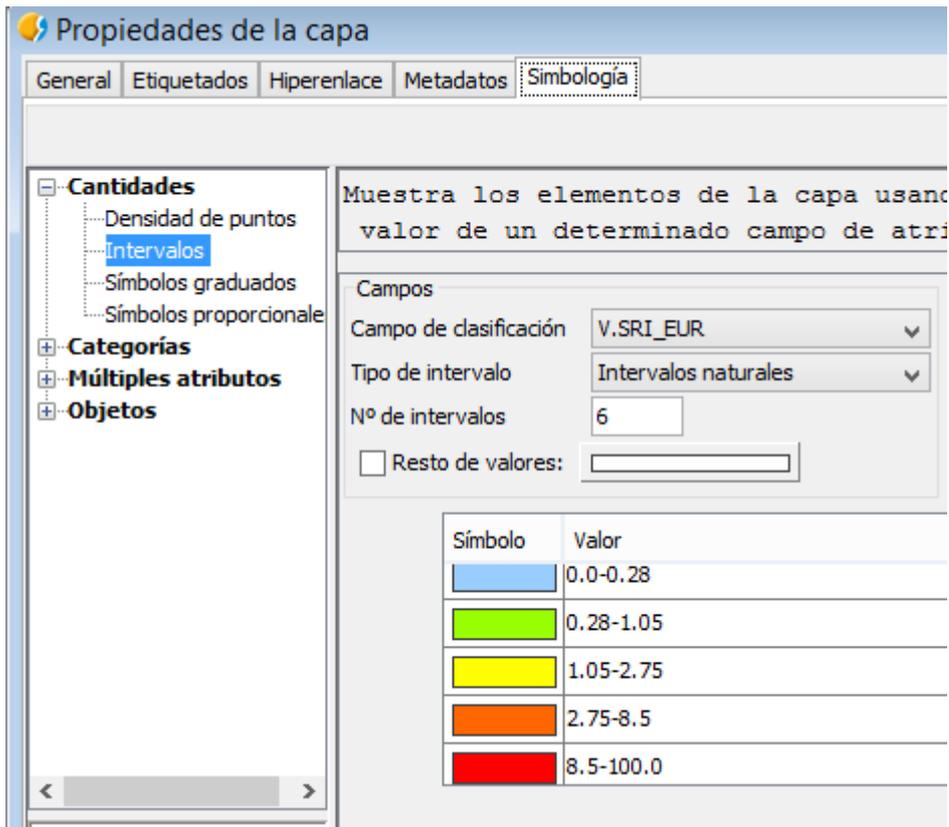


Ilustración 45- Intervalos para Servicio Recreativo Interior

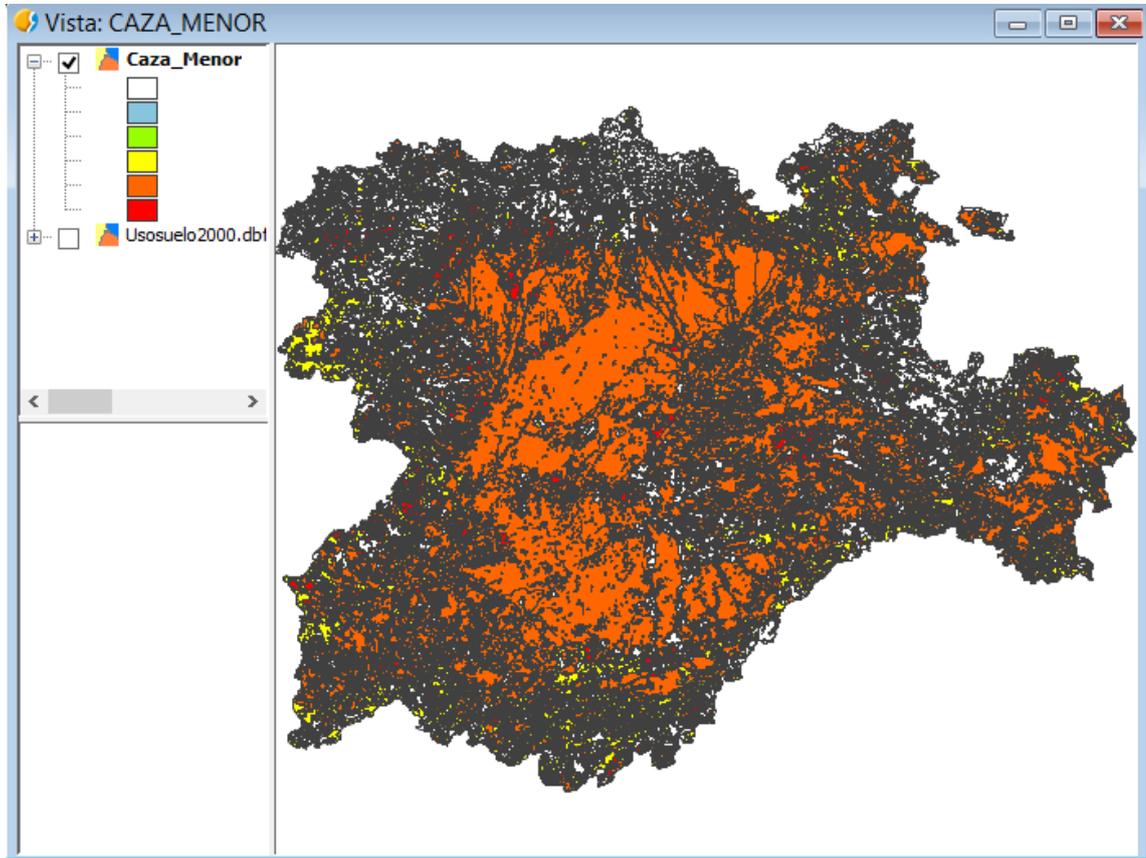
Y con la tabla de atributos asociada:

Tabla de atributos: ServRecreInt		
	V.SRI_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	4,020	Bosque de plantacion
3	5,720	Cultivos herbaceos en regadio
4	6,950	Bosque
5	7,180	Pastizal-matorral
6	8,220	Otros
7	8,640	Tierras de labor en secano
8	8,910	Olivares en secano
9	9,450	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanent
10	10,610	Mosaico de cultivos agricolas en secano con vegeta
11	14,090	Viñedos en secano
12	27,940	Matorral
13	265,350	Monte sin vegetacion superior

Ilustración 46- Tabla de atributos. Servicio recreativo interior. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.12. Mapa “Caza Menor” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Caza Menor”:



Mapa 35- Caza Menor. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en € / hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

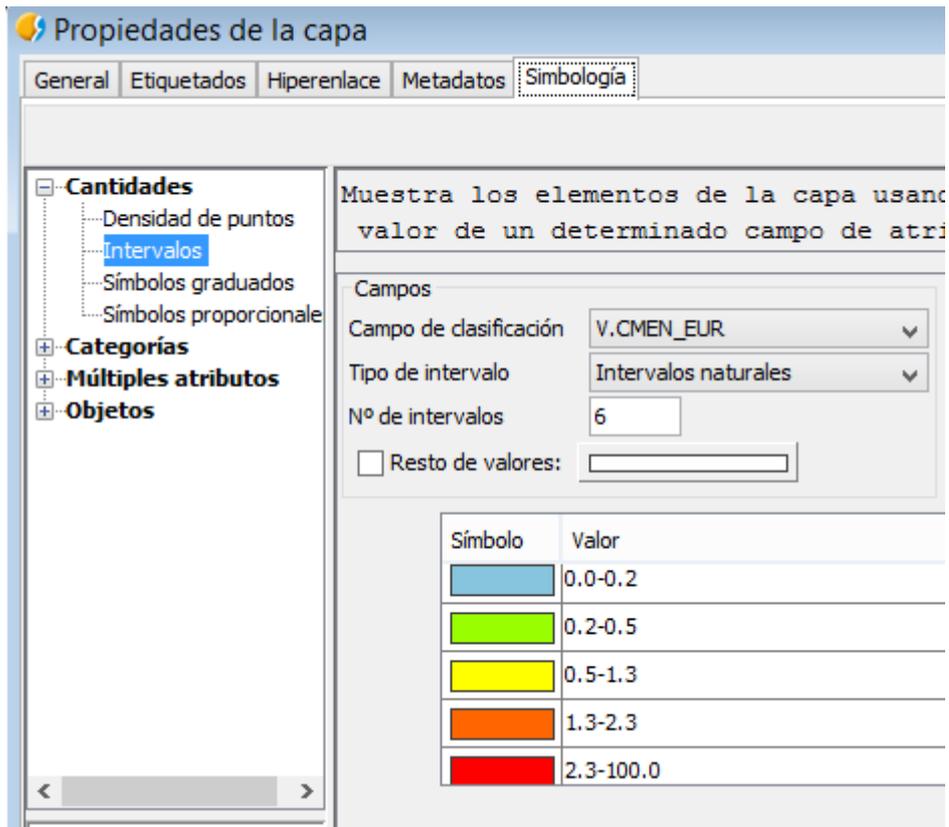


Ilustración 47- Intervalos para Caza Menor

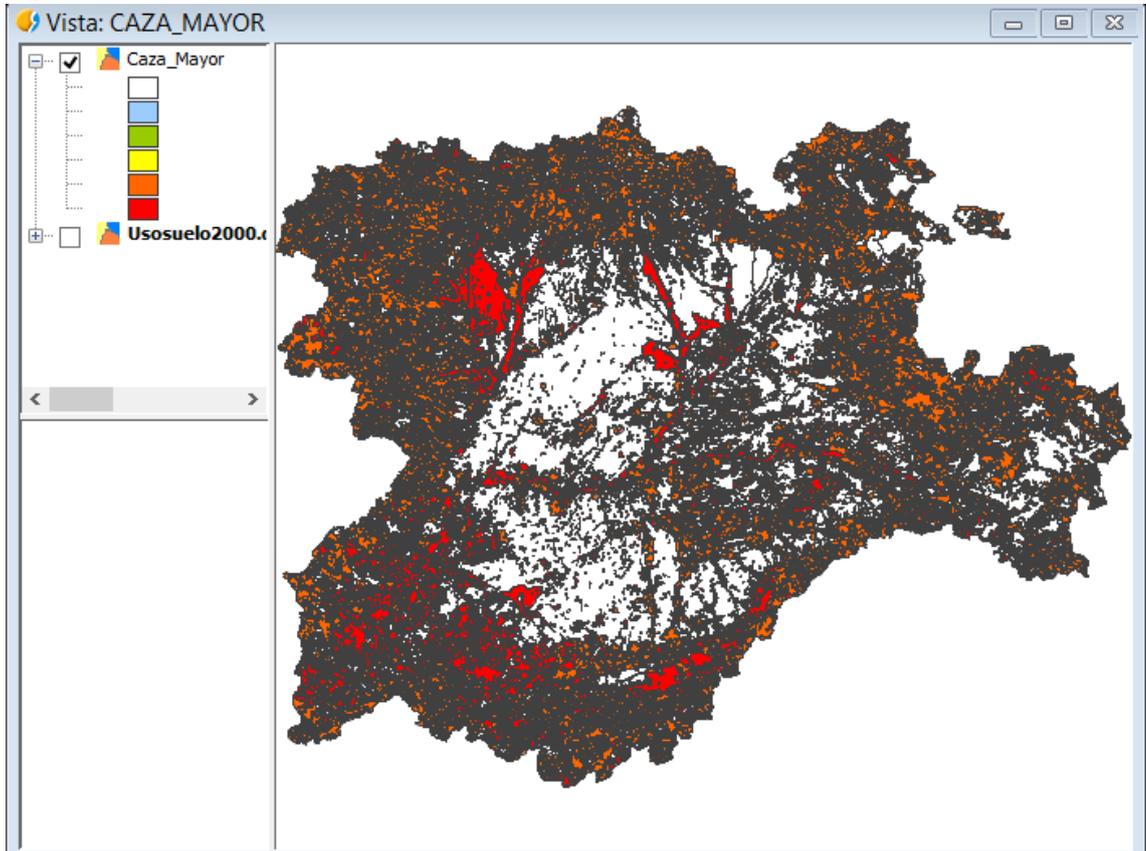
Y con la tabla de atributos asociada:

	V.CMEN_EUR	VANE__firs
1	0,000	
2	1,160	Matorral
3	1,440	Pastizales, prados o praderas
4	1,470	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con vegeta
5	1,750	Pastizal-matorral
6	1,970	Cultivos herbáceos en regadío
7	1,990	Tierras de labor en secano
8	2,010	Frutales en secano
9	2,400	Olivares en secano
10	2,450	Viñedos en secano
11	2,770	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío

Ilustración 48- Tabla de atributos. Caza menor. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.13. Mapa “Caza Mayor” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Caza Mayor”:



Mapa 36- Caza Mayor. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en € / hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

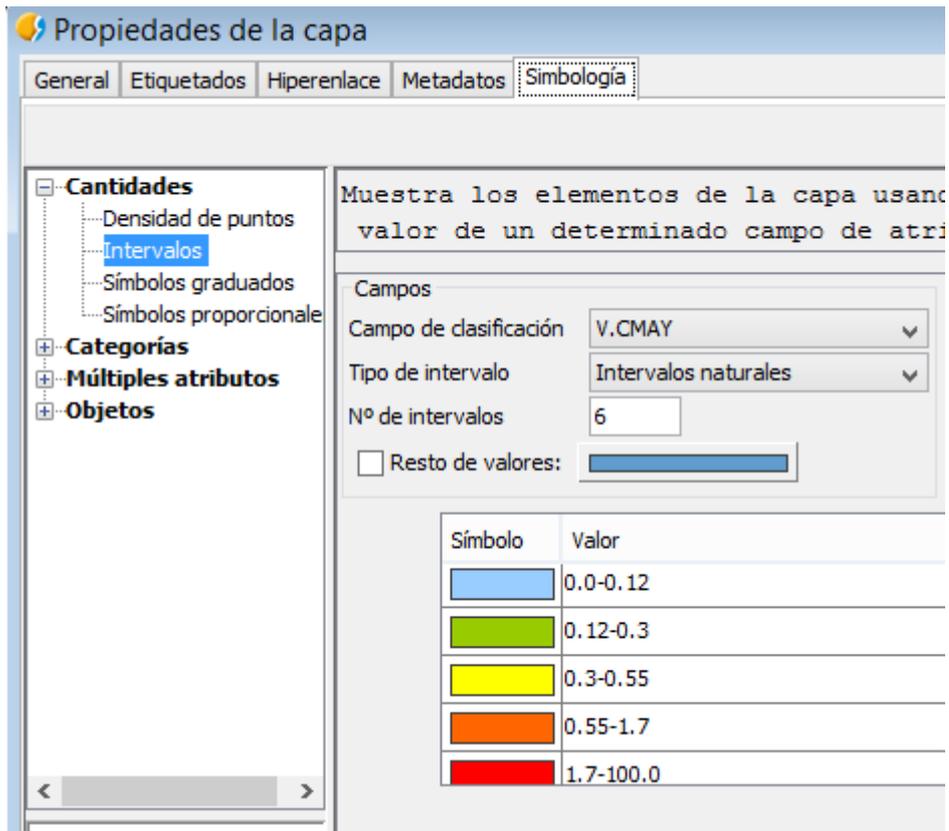


Ilustración 49- Intervalos para Caza Mayor

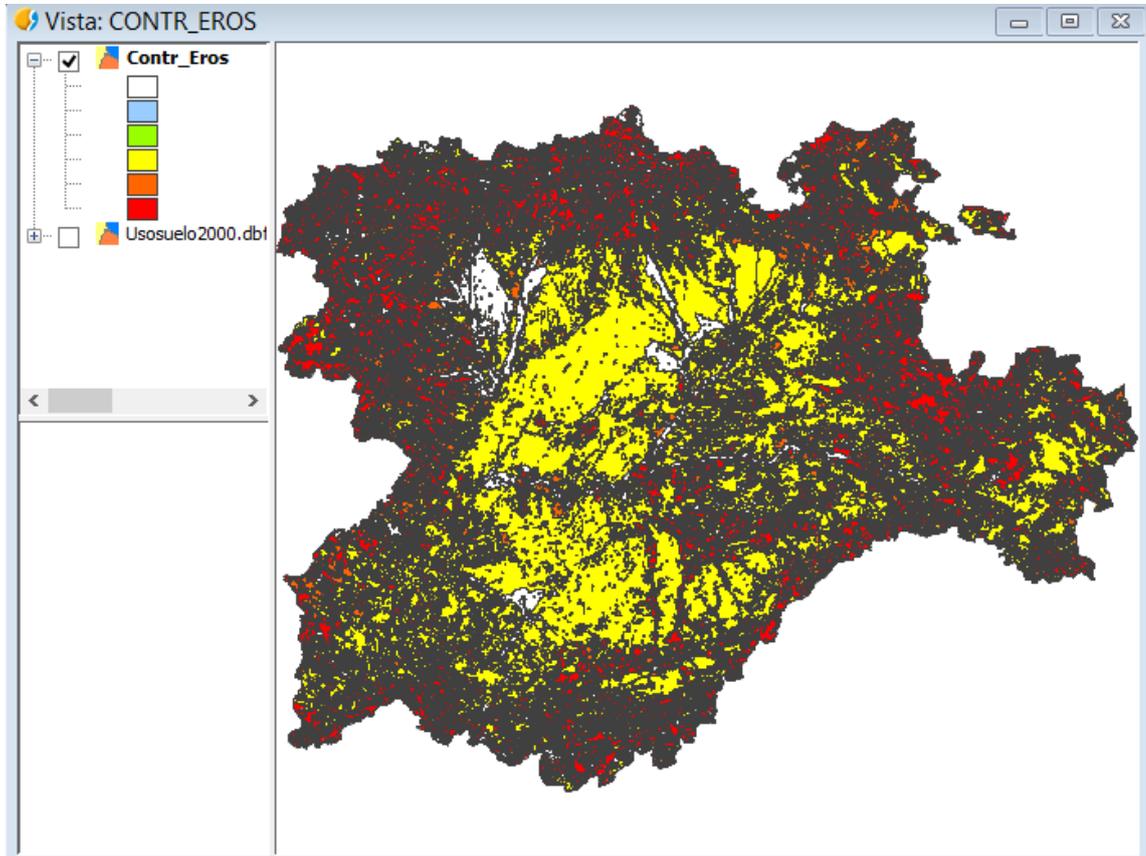
Y con la tabla de atributos asociada:

	V.CMAY	VANE__firs
1	0,000	
2	0,690	Mosaico arbolado
3	0,720	Mosaico de cultivos agricolas en regadio con veget
4	1,050	Mosaico de prados o praderas con vegetacion natura
5	1,110	Bosque de plantacion
6	1,170	Matorral
7	1,330	Bosque
8	2,250	Pastizales, prados o praderas
9	4,820	Cultivos agricolas con arbolado adhesionado

Ilustración 50- Tabla de atributos. Caza mayor. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.14. Mapa “Control de la erosión” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Control de la erosión”:



Mapa 37- Control de la Erosión. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en €/ hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

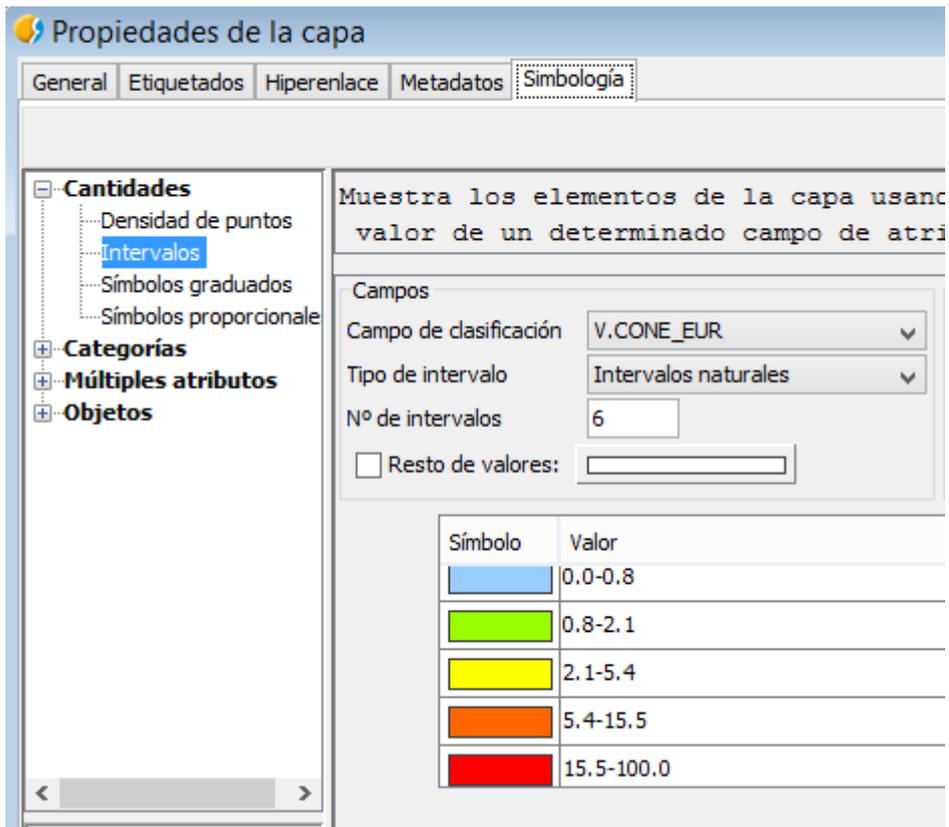


Ilustración 51- Intervalos para Control de la Erosión

Y con la tabla de atributos asociada:

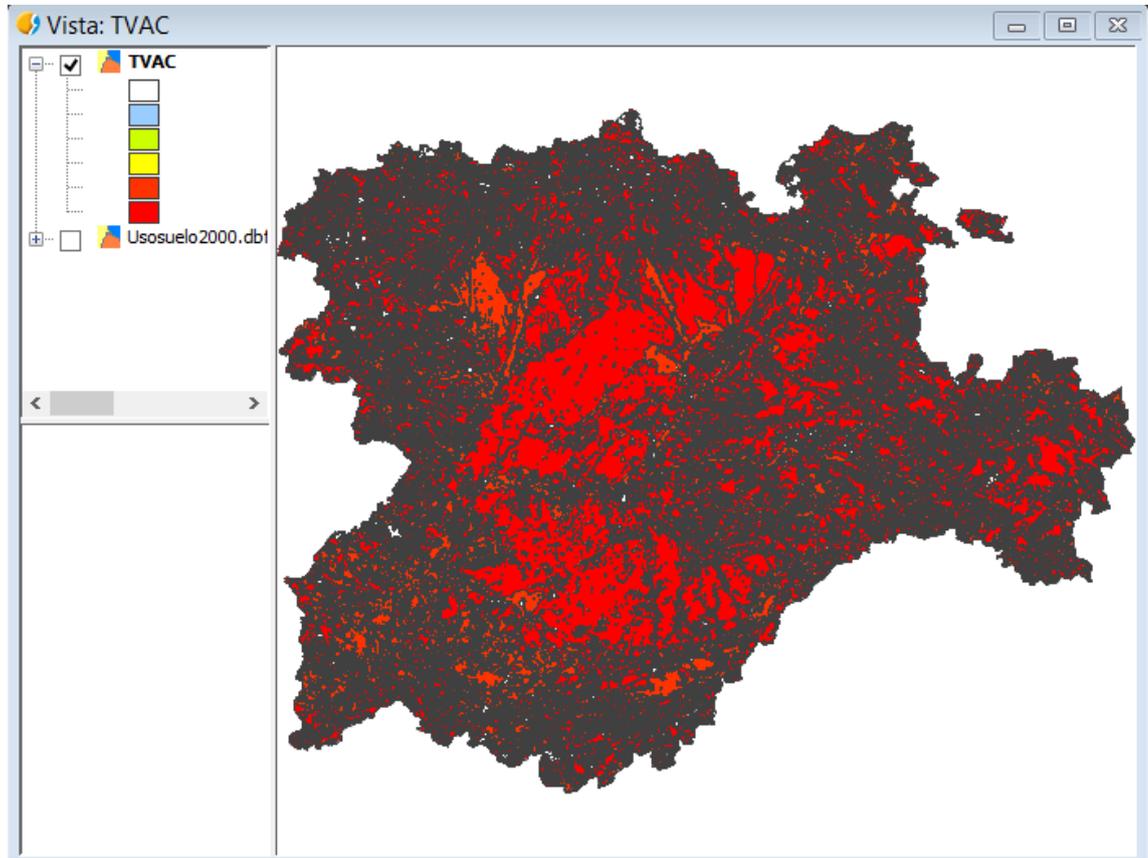
Tabla de atributos: Contr_Eros

	V.CONE_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	2,190	Tierras de labor en seco
3	3,260	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes
4	4,210	Pastizales, prados o praderas
5	6,860	Mosaico de cultivos agrícolas en seco con vegetación
6	7,570	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas
7	17,210	Bosque de plantación
8	19,980	Matorral
9	23,290	Bosque
10	37,940	Monte sin vegetación superior

Ilustración 52- Tabla de atributos. Control de la erosión. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.15. Mapa “Tratamiento de vertidos en aguas continentales” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Tratamiento de vertidos en aguas continentales”:



Mapa 38- Tratamiento de vertidos en aguas continentales. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en €/ hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

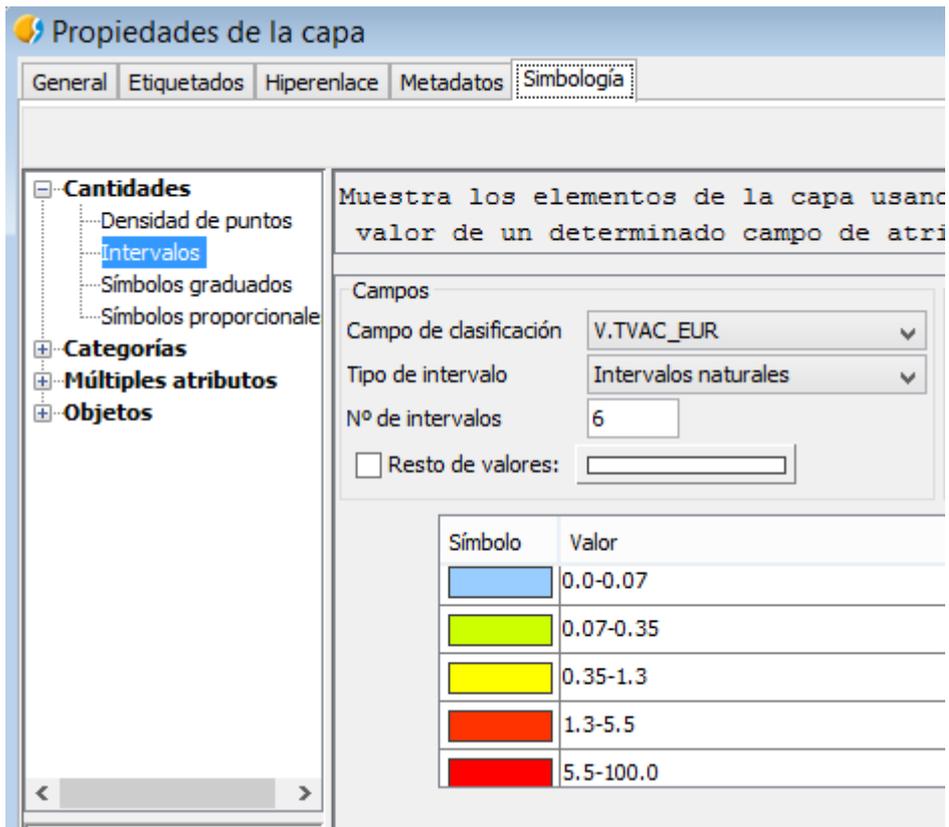


Ilustración 53- Intervalos para Tratamiento de vertidos en aguas continentales

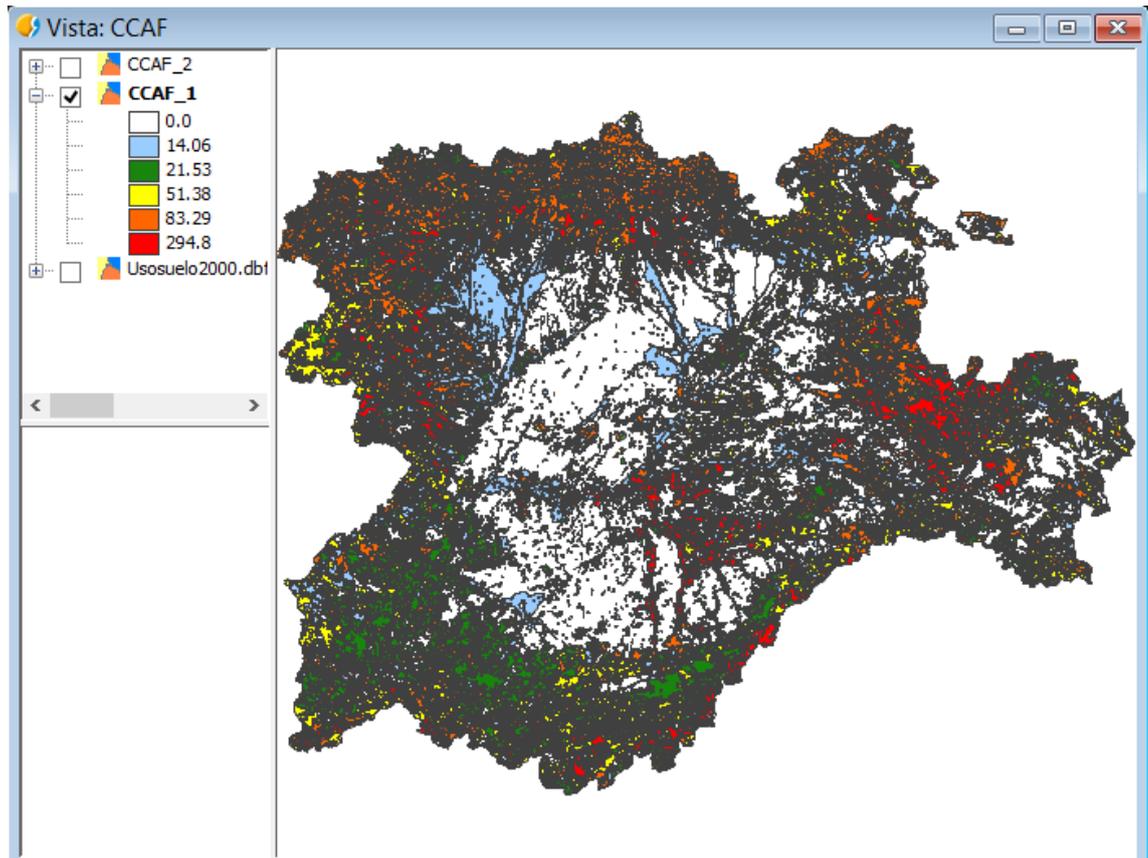
Y con la tabla de atributos asociada:

	V.TVAC_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	4,530	Cultivos herbaceos en regadio
3	5,120	Mosaico de cultivos agricolas en secano con vegeta
4	5,270	Pastizales, prados o praderas
5	5,970	Tierras de labor en secano
6	7,130	Bosque
7	7,520	Matorral
8	7,900	Bosque de plantacion
9	8,170	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanent
10	18,680	Olivares en secano

Ilustración 54- Tabla de atributos. Tratamiento de vertidos en aguas continentales. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.16. Mapa “Captura de carbono por el arbolado” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Captura de carbono por el arbolado” en el cual cada color representa un tipo de registro VANE con una cifra en euros asociada, tal y como observamos en la leyenda desplegable:



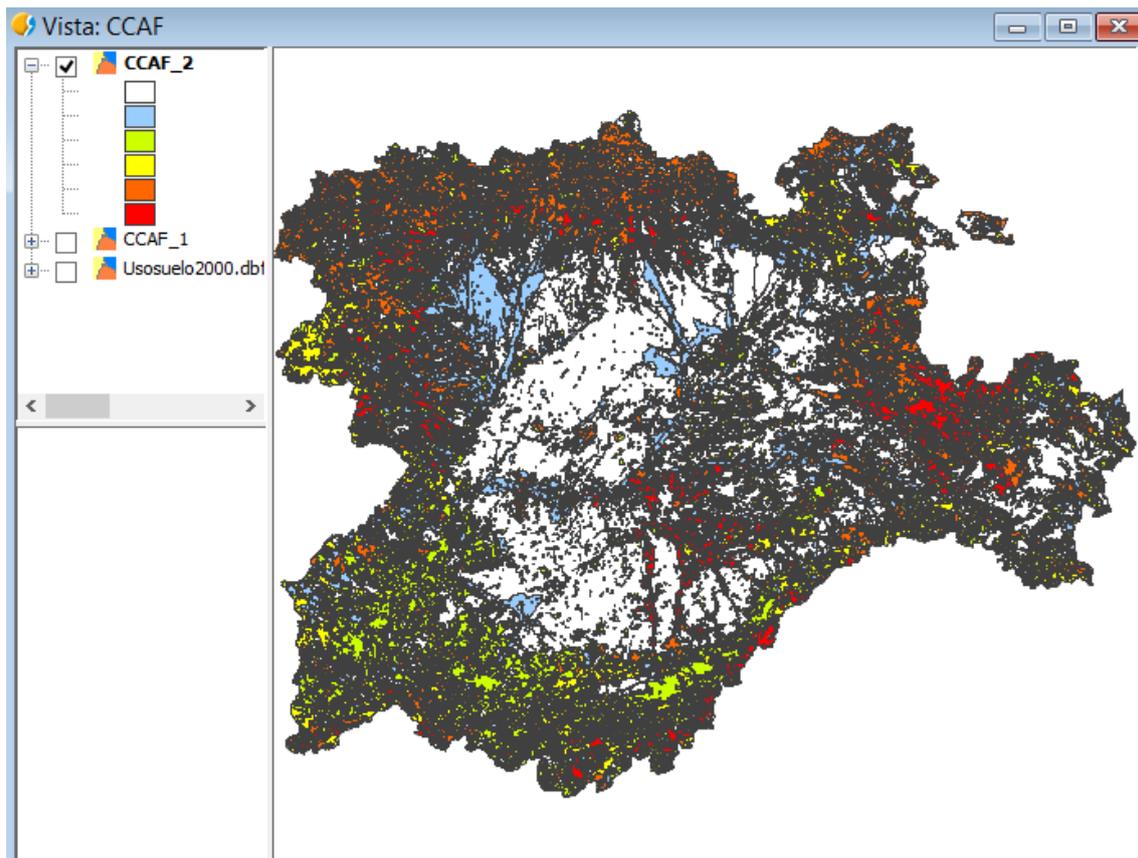
Mapa 39- Captura de carbono por el arbolado forestal. Vectorial 1

Con la tabla de datos asociada:

	V.CCAF_EUR	VANE__firs
1	0,000	
2	14,060	Cultivos agricolas con arbolado adehesado
3	21,530	Pastizales, prados o praderas
4	51,380	Mosaico arbolado
5	83,290	Bosque
6	294,800	Bosque de plantacion

Ilustración 55- Tabla de atributos. Control de carbono por el arbolado forestal. Con agrupación por campo EUR €

Mostramos también la visualización alternativa del mapa con los intervalos de colores asociados a los valores económicos propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:



Mapa 40- Captura de carbono por el arbolado forestal. Vectorial 2

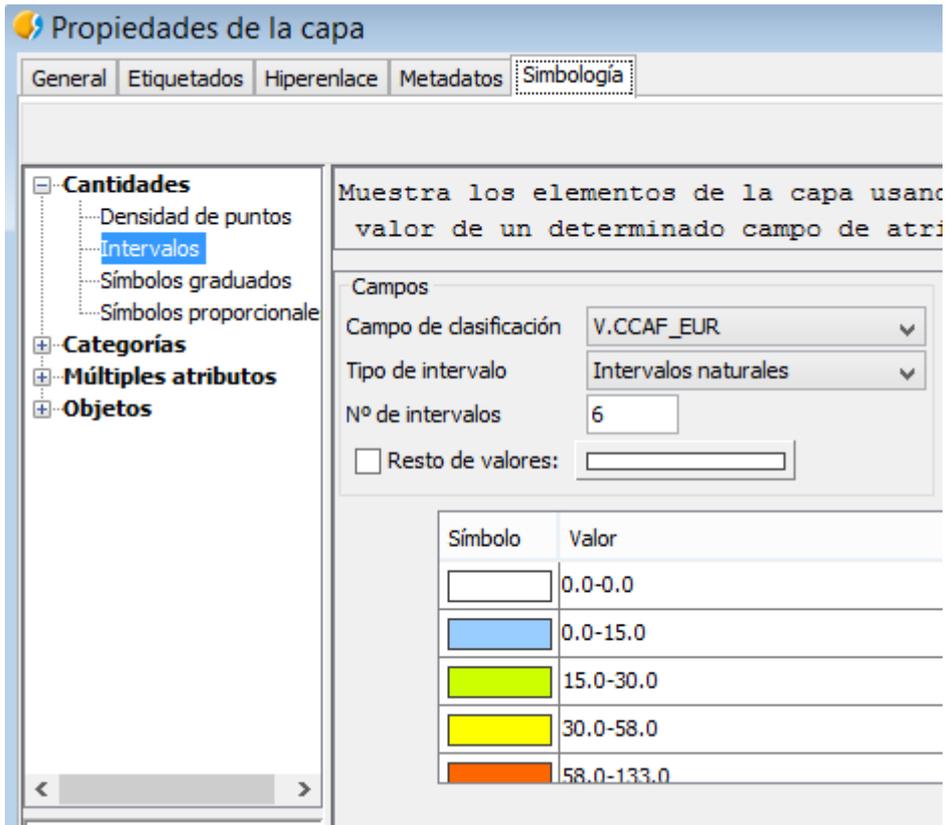
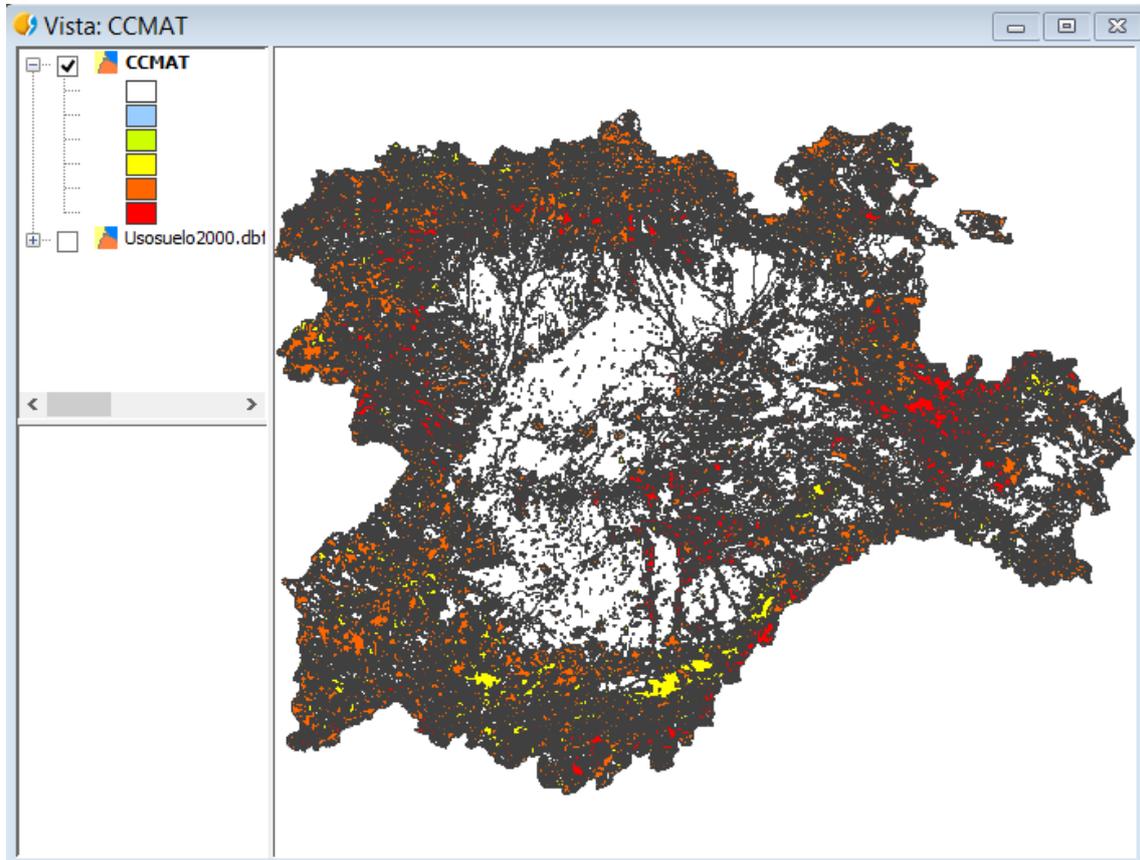


Ilustración 56- Intervalos para Control de carbono por el arbolado forestal

5.3.2.17. Mapa “Captura de carbono por el matorral” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Captura de carbono por el matorral”:



Mapa 41- Captura de carbono por el matorral. Vectorial

Con los intervalos de colores asociados a los valores económicos en €/ hectárea año propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:

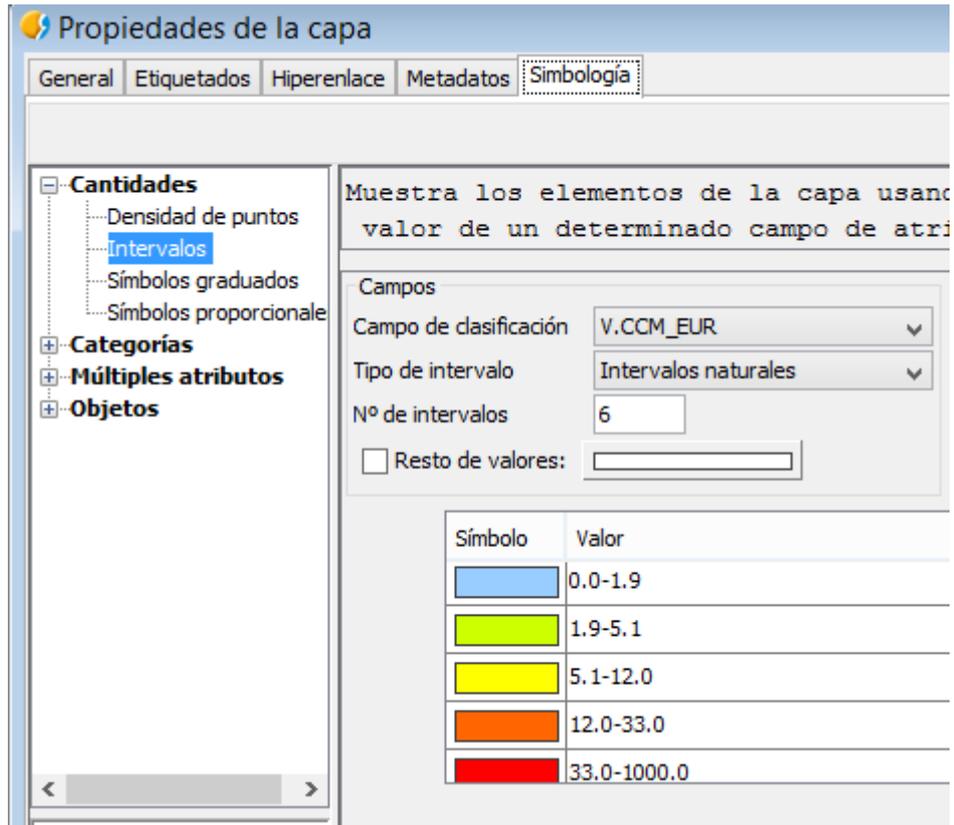


Ilustración 57- Intervalos para Control de carbono por el matorral

Y con la tabla de atributos asociada:

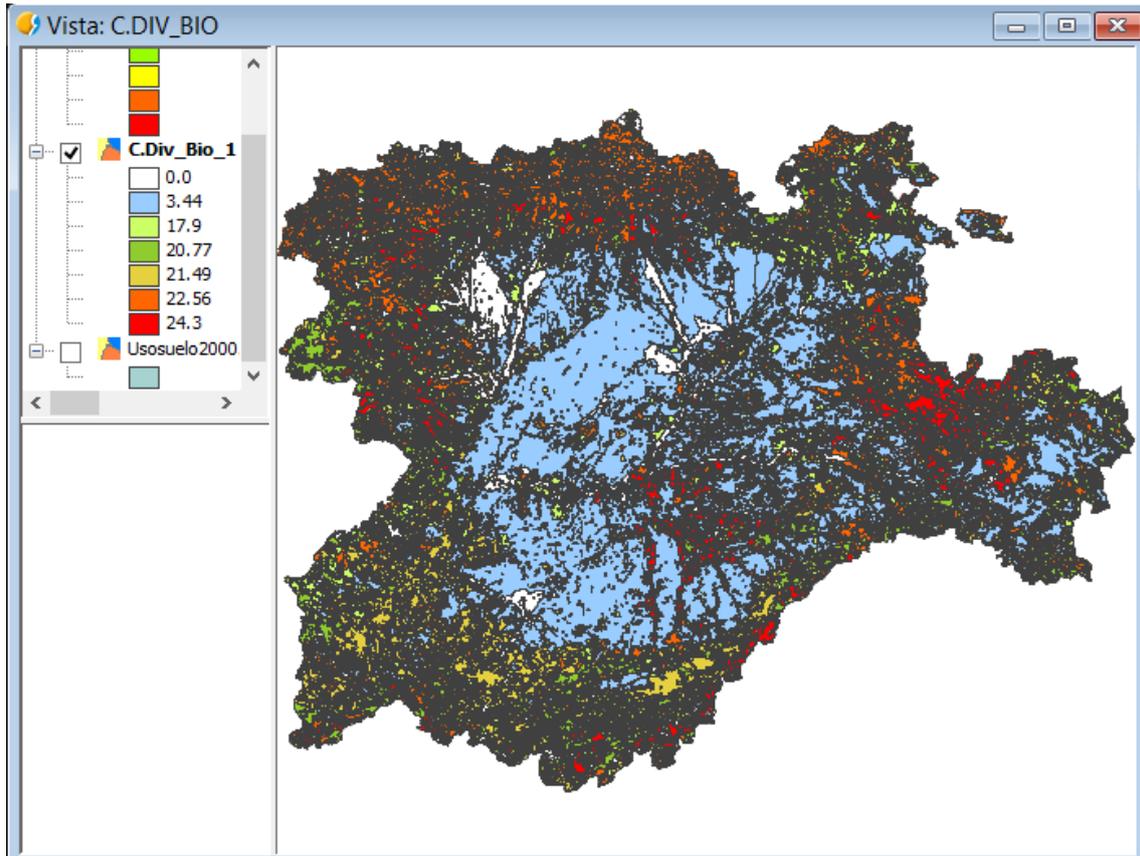
Tabla de atributos: CCMAT

	V.CCM_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	0,640	Humedal
3	10,910	Pastizal-matorral
4	23,370	Matorral
5	29,850	Bosque
6	32,900	Mosaico arbolado
7	45,830	Bosque de plantacion

Ilustración 58- Tabla de atributos. Control de carbono por matorral. Con agrupación por campo EUR €

5.3.2.18. Mapa “Conservación de la diversidad biológica” en formato vectorial

Mostramos a continuación el mapa vectorial resultante para la variable “Conservación de la diversidad biológica” en el cual cada color representa un tipo de registro VANE con una cifra en euros asociada, tal y como observamos en la leyenda desplegable:



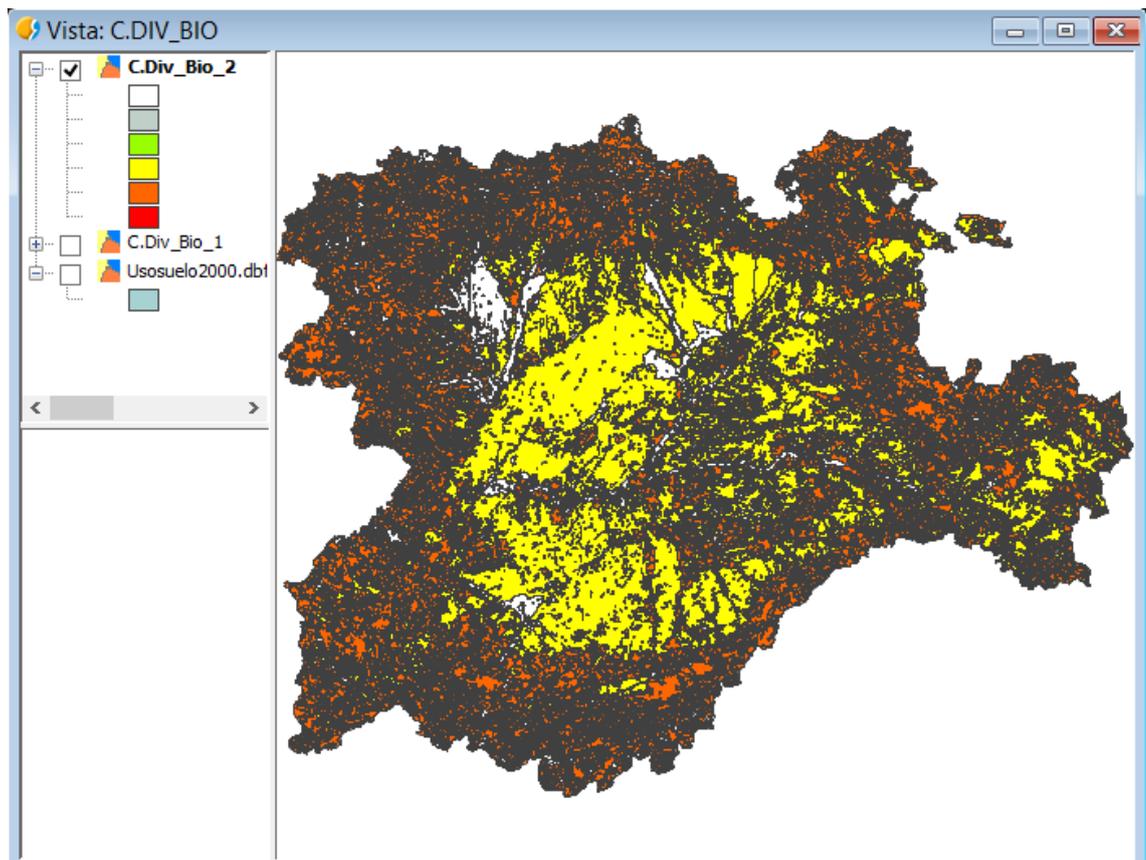
Mapa 42- Conservación de la diversidad biológica. Vectorial 1

Con la tabla de datos asociada:

Tabla de atributos: C.Div_Bio_1		
	V.CDBI_EUR	VANE_firs
1	0,000	
2	3,440	Tierras de labor en secano
3	17,900	Mosaico de cultivos en secano con vegetacion natur
4	20,770	Matorral
5	21,490	Pastizal-matorral
6	22,560	Bosque
7	24,300	Bosque de plantacion

Ilustración 59- Tabla de atributos. Conservación de la diversidad biológica. Con agrupación por campo EUR €

Mostramos también la visualización alternativa del mapa con los intervalos de colores asociados a los valores económicos propuestos en los del mapa VANE para la misma variable:



Mapa 43- Conservación de la diversidad biológica. Vectorial 2

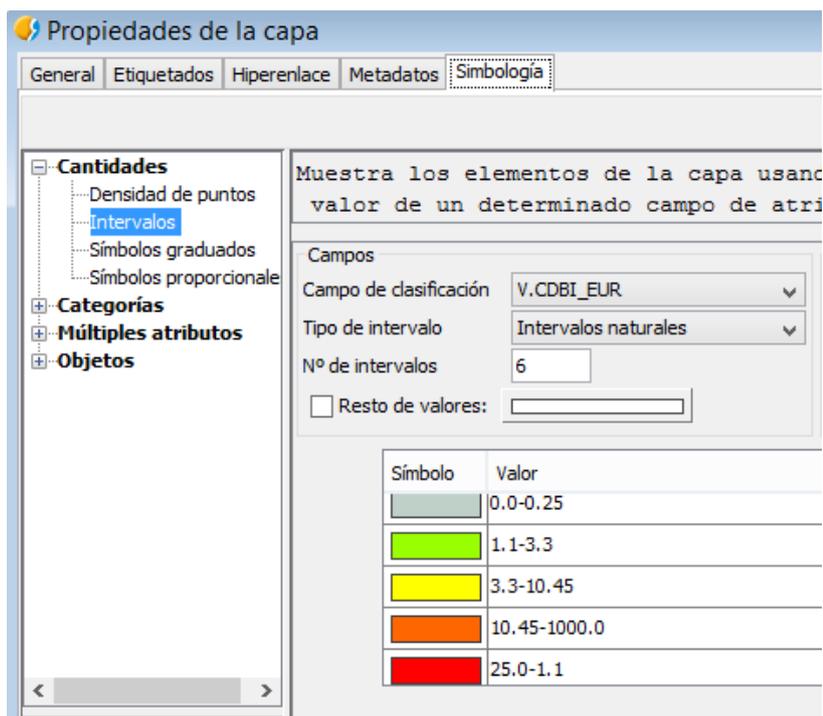


Ilustración 60- Intervalos para Conservación de la diversidad biológica

En el menú de opciones de gvSIG, seleccionamos: Capa – Exportar a – Formato Shape.

Un *shapefile* es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a los mismos. No obstante carece de capacidad para almacenar información de carácter topológico. Es un formato “multiarchivo”, es decir está generado por varios ficheros informáticos. El número mínimo requerido es de tres y tienen las extensiones siguientes:

-shp - es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.

-shx - es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.

-dbf - es la base de datos, en formato dBASE, donde se almacena la información de los atributos de los objetos. Es ampliamente utilizado en multitud de aplicaciones que necesitan un formato simple para almacenar datos estructurados.

Por este motivo, la carpeta en la que almacenemos nuestros mapas se visualizará de la siguiente forma:

 C.DIV_BIO.gvsproj	08/05/2015 11:28	Archivo GVSPROJ	23 KB
 C.Div_Bio_1	08/05/2015 11:13	Archivo DBF	1 KB
 C.Div_Bio_1	08/05/2015 11:13	Recurso de forma ...	60.981 KB
 C.Div_Bio_1	08/05/2015 11:13	Forma compilada ...	1 KB
 C.Div_Bio_2	08/05/2015 11:14	Archivo DBF	1 KB
 C.Div_Bio_2	08/05/2015 11:14	Recurso de forma ...	60.981 KB
 C.Div_Bio_2	08/05/2015 11:14	Forma compilada ...	1 KB
 Caza_Mayor	08/05/2015 9:53	Archivo DBF	1 KB
 CAZA_MAYOR.gvsproj	08/05/2015 9:58	Archivo GVSPROJ	25 KB
 Caza_Mayor	08/05/2015 9:53	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Caza_Mayor	08/05/2015 9:53	Forma compilada ...	1 KB
 Caza_Menor	07/05/2015 21:27	Archivo DBF	2 KB
 CAZA_MENOR.gvsproj	07/05/2015 21:30	Archivo GVSPROJ	19 KB
 Caza_Menor	07/05/2015 21:27	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Caza_Menor	07/05/2015 21:27	Forma compilada ...	1 KB
 CCAF.gvsproj	08/05/2015 10:45	Archivo GVSPROJ	23 KB
 CCAF_1	08/05/2015 10:33	Archivo DBF	1 KB
 CCAF_1	08/05/2015 10:33	Recurso de forma ...	60.981 KB
 CCAF_1	08/05/2015 10:33	Forma compilada ...	1 KB
 CCAF_2	08/05/2015 10:34	Archivo DBF	1 KB
 CCAF_2	08/05/2015 10:34	Recurso de forma ...	60.981 KB
 CCAF_2	08/05/2015 10:34	Forma compilada ...	1 KB
 CCMAT	08/05/2015 10:51	Archivo DBF	1 KB
 CCMAT.gvsproj	08/05/2015 10:57	Archivo GVSPROJ	25 KB
 CCMAT	08/05/2015 10:51	Recurso de forma ...	60.981 KB
 CCMAT	08/05/2015 10:51	Forma compilada ...	1 KB
 Contr_Eros	08/05/2015 10:09	Archivo DBF	2 KB

Ilustración 61- Captura Archivos Vectoriales 1

Capítulo 5: Desarrollo del modelo matemático de costes ambientales

 CONTR_EROS.gvsproj	08/05/2015 10:18	Archivo GVSPROJ	25 KB
 Contr_Eros	08/05/2015 10:09	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Contr_Eros	08/05/2015 10:09	Forma compilada ...	1 KB
 GANAD.FOREST.gvsproj	07/05/2015 20:34	Archivo GVSPROJ	25 KB
 Hongos	07/05/2015 20:12	Archivo DBF	1 KB
 HONGOS.gvsproj	07/05/2015 20:16	Archivo GVSPROJ	25 KB
 Hongos	07/05/2015 20:12	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Hongos	07/05/2015 20:12	Forma compilada ...	1 KB
 Leña	07/05/2015 11:47	Archivo DBF	1 KB
 LEÑA.gvsproj	07/05/2015 11:57	Archivo GVSPROJ	25 KB
 Leña	07/05/2015 11:47	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Leña	07/05/2015 11:47	Forma compilada ...	1 KB
 MADERA.gvsproj	07/05/2015 11:30	Archivo GVSPROJ	27 KB
 Madera_1	06/05/2015 11:11	Archivo DBF	1 KB
 Madera_1	06/05/2015 11:11	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Madera_1	06/05/2015 11:11	Forma compilada ...	1 KB
 Madera_2	06/05/2015 11:49	Archivo DBF	1 KB
 Madera_2	06/05/2015 11:49	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Madera_2	06/05/2015 11:49	Forma compilada ...	1 KB
 P.AGRARIA.gvsproj	07/05/2015 12:55	Archivo GVSPROJ	27 KB
 P.Agraria_1	07/05/2015 12:48	Archivo DBF	2 KB
 P.Agraria_1	07/05/2015 12:48	Recurso de forma ...	60.981 KB
 P.Agraria_1	07/05/2015 12:48	Forma compilada ...	1 KB
 P.Agraria_2	07/05/2015 12:49	Archivo DBF	2 KB
 P.Agraria_2	07/05/2015 12:49	Recurso de forma ...	60.981 KB
 P.Agraria_2	07/05/2015 12:49	Forma compilada ...	1 KB

Ilustración 62- Captura Archivos Vectoriales 2

 P.GandForest	07/05/2015 20:29	Archivo DBF	1 KB
 P.GandForest	07/05/2015 20:29	Recurso de forma ...	60.981 KB
 P.GandForest	07/05/2015 20:29	Forma compilada ...	1 KB
 PAUA	07/05/2015 20:52	Archivo DBF	2 KB
 PAUA.gvsproj	07/05/2015 20:58	Archivo GVSPROJ	25 KB
 PAUA	07/05/2015 20:52	Recurso de forma ...	60.981 KB
 PAUA	07/05/2015 20:52	Forma compilada ...	1 KB
 PAUD.gvsproj	10/05/2015 18:39	Archivo GVSPROJ	24 KB
 PAUD_1	10/05/2015 18:09	Archivo DBF	2 KB
 PAUD_1	10/05/2015 18:09	Recurso de forma ...	60.981 KB
 PAUD_1	10/05/2015 18:09	Forma compilada ...	1 KB
 PAUD_2	10/05/2015 18:10	Archivo DBF	2 KB
 PAUD_2	10/05/2015 18:10	Recurso de forma ...	60.981 KB
 PAUD_2	10/05/2015 18:10	Forma compilada ...	1 KB
 PAUE	10/05/2015 19:23	Archivo DBF	2 KB
 PAUE.gvsproj	10/05/2015 19:31	Archivo GVSPROJ	20 KB
 PAUE	10/05/2015 19:23	Recurso de forma ...	60.981 KB
 PAUE	10/05/2015 19:23	Forma compilada ...	1 KB
 PAUI	08/05/2015 11:39	Archivo DBF	2 KB
 PAUI.gvsproj	08/05/2015 11:47	Archivo GVSPROJ	25 KB
 PAUI	08/05/2015 11:39	Recurso de forma ...	60.981 KB
 PAUI	08/05/2015 11:39	Forma compilada ...	1 KB
 PIÑONES.gvsproj	07/05/2015 12:38	Archivo GVSPROJ	27 KB
 Piñones_1	07/05/2015 12:29	Archivo DBF	1 KB
 Piñones_1	07/05/2015 12:29	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Piñones_1	07/05/2015 12:29	Forma compilada ...	1 KB

Ilustración 63- Captura Archivos Vectoriales 3

 Piñones_2	07/05/2015 12:30	Archivo DBF	1 KB
 Piñones_2	07/05/2015 12:30	Recurso de forma ...	60.981 KB
 Piñones_2	07/05/2015 12:30	Forma compilada ...	1 KB
 SERV_RECRE_INT.gvsproj	07/05/2015 21:21	Archivo GVSPROJ	25 KB
 ServRecreInt	07/05/2015 21:09	Archivo DBF	2 KB
 ServRecreInt	07/05/2015 21:09	Recurso de forma ...	60.981 KB
 ServRecreInt	07/05/2015 21:09	Forma compilada ...	1 KB
 Total_0	30/05/2015 13:51	Archivo DBF	53 KB
 Total_0.gvsproj	31/05/2015 2:16	Archivo GVSPROJ	19 KB
 Total_0	30/05/2015 13:51	Recurso de forma ...	60.982 KB
 Total_0	30/05/2015 13:51	Forma compilada ...	1 KB
 TVAC	08/05/2015 10:23	Archivo DBF	2 KB
 TVAC.gvsproj	08/05/2015 10:28	Archivo GVSPROJ	25 KB
 TVAC	08/05/2015 10:23	Recurso de forma ...	60.981 KB
 TVAC	08/05/2015 10:23	Forma compilada ...	1 KB
 Usosuelo2000.dbf	30/05/2015 12:32	Archivo DBF	50 KB
 Usosuelo2000.dbf	30/05/2015 12:32	Recurso de forma ...	60.982 KB
 Usosuelo2000.dbf	30/05/2015 12:32	Forma compilada ...	1 KB

Ilustración 64- Captura Archivos Vectoriales 4

En las imágenes también podemos encontrar archivos con el formato .gvsproj, cada uno de ellos hace referencia a un proyecto en gvSIG que tiene almacenados los mapas para cada una de las variables ambientales, así como los intervalos de colores para una mejor visualización de la información contenida en la tabla de atributos.

5.3.3. Creación de mapas Ráster para cada una de las variables ambientales

En este apartado, se explica detalladamente el procedimiento a seguir para obtener un mapa en formato Ráster (.tif) para una variable ambiental. Posteriormente, se muestran las imágenes de cada uno de los mapas ráster obtenidos, uno para cada variable ambiental excepto el de “Servicio Recreativo Interior” que se ha descartado por ser poco representativo para nuestro objeto de estudio.

5.3.3.1. Mapa “Producción de madera” en formato ráster

Ejemplo del procedimiento para la variable “Producción de madera”.

Definimos a continuación el proceso mediante el cual obtenemos el mapa ráster asociado a la variable “Producción de madera”.

El primer paso será abrir el gvSIG y cargar en él la capa .tif “mdt_50”, correspondiente a un mapa de elevaciones del terreno de Castilla y León, con tamaño de unidad de píxel de 50x50 metros junto con el mapa vectorial de la variable ambiental a rasterizar. Este mapa “mdt_50” nos sirve como referencia para que el nuevo ráster resultante posea dimensiones geométricas y espaciales idénticas a las de dicho mapa de elevaciones del terreno.

Una vez cargadas en el gvSIG ambas capas, por un lado el ráster del modelo de elevaciones del terreno y por otro el mapa vectorial de la variable ambiental a rasterizar, esta operación la realizamos siguiendo los pasos: Herramientas - Geoprocesamiento - Caja de Herramientas - SEXTANTE - Rasterización e interpolación - Rasterizar capa vectorial. Nos aparece en el programa entonces la siguiente pantalla:

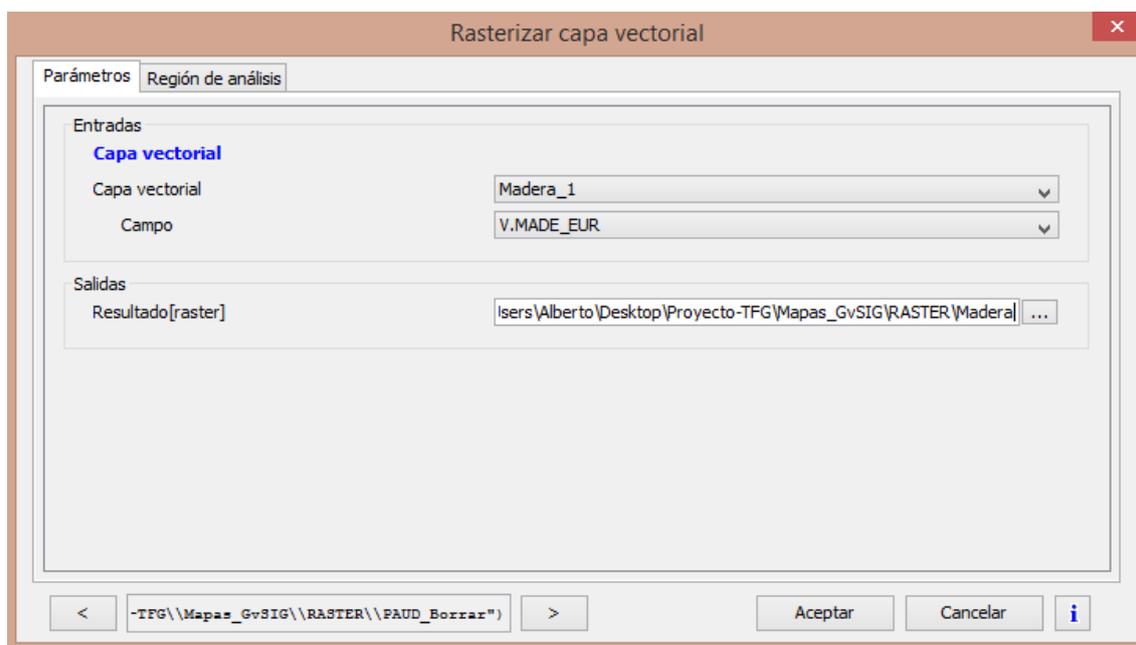


Ilustración 65- Rasterizar capa vectorial gvSIG 1. Parámetros

En la imagen superior observamos, dentro del menú de “Parámetros”, como en la primera pestaña desplegable hay que seleccionar la “Capa vectorial” a rasterizar, mientras que en la segunda habrá que elegir el “Campo” a través del cual deseamos realizar esta operación. En este caso, al igual que para el resto de variables ambientales, el campo a seleccionar será el valor económico en euros, ya que nuestro objetivo es conseguir un mapa en el cual cada píxel de 50x50 metros tenga asignado su valor económico.

Por otra parte, dentro del menú “Región de análisis”, seleccionamos en “Extensión a partir de:” la opción “Utilizar extensión de otra capa”, esta capa de la que empleamos su extensión es obviamente la de “mdt_50” (Mapa de elevaciones del terreno de Castilla y León, con un tamaño de 50x50 píxeles), con el objetivo de conseguir el mapa ráster de la variable ambiental “Producción de madera” con las mismas dimensiones que dicha capa. Se puede observar también en la imagen inferior como al elegir esta opción nos aparece directamente por defecto el tamaño de 50.0 correspondiente con la dimensión de la celdilla unidad.

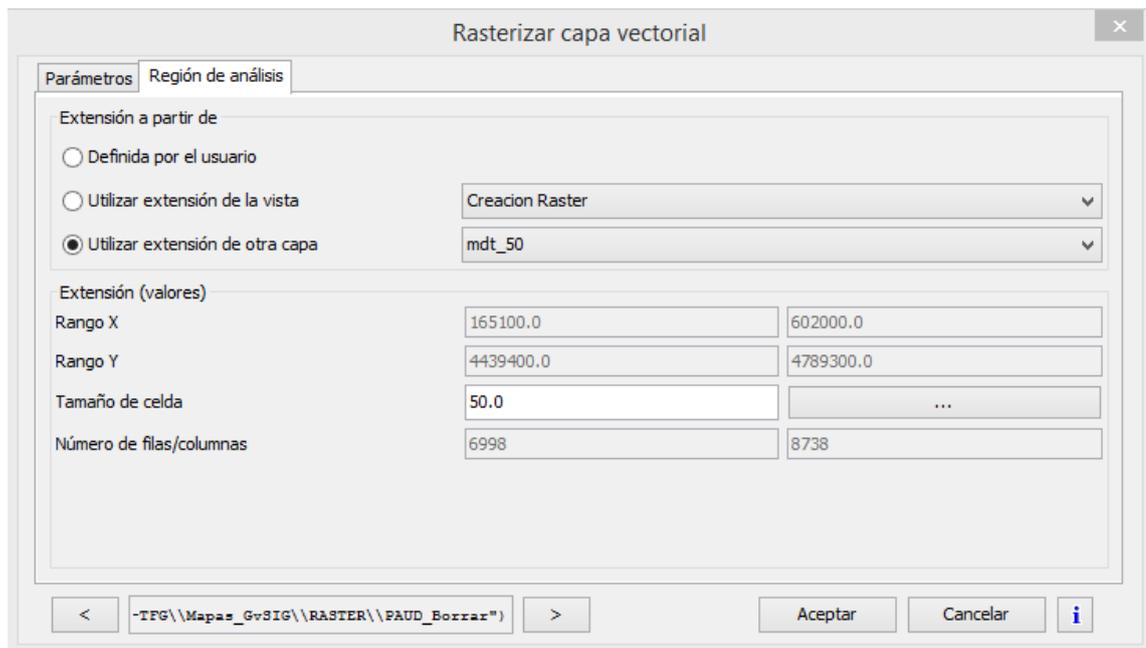
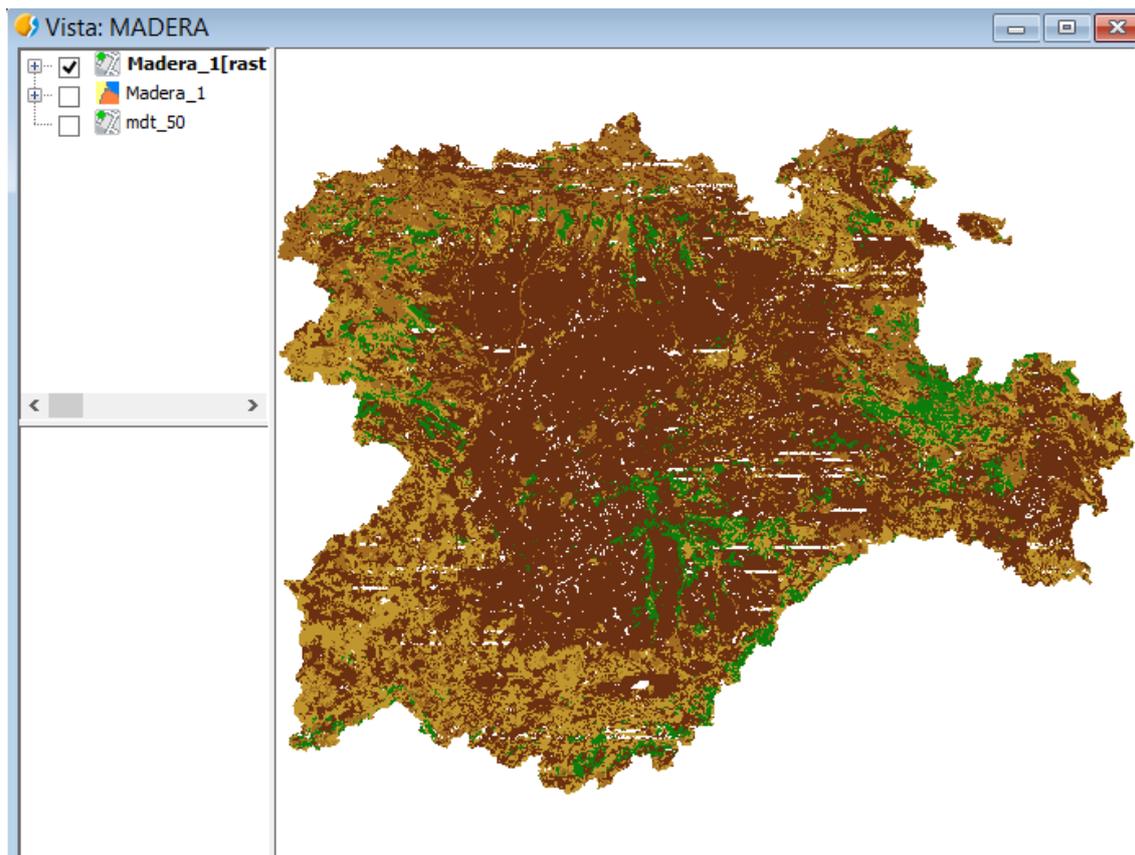


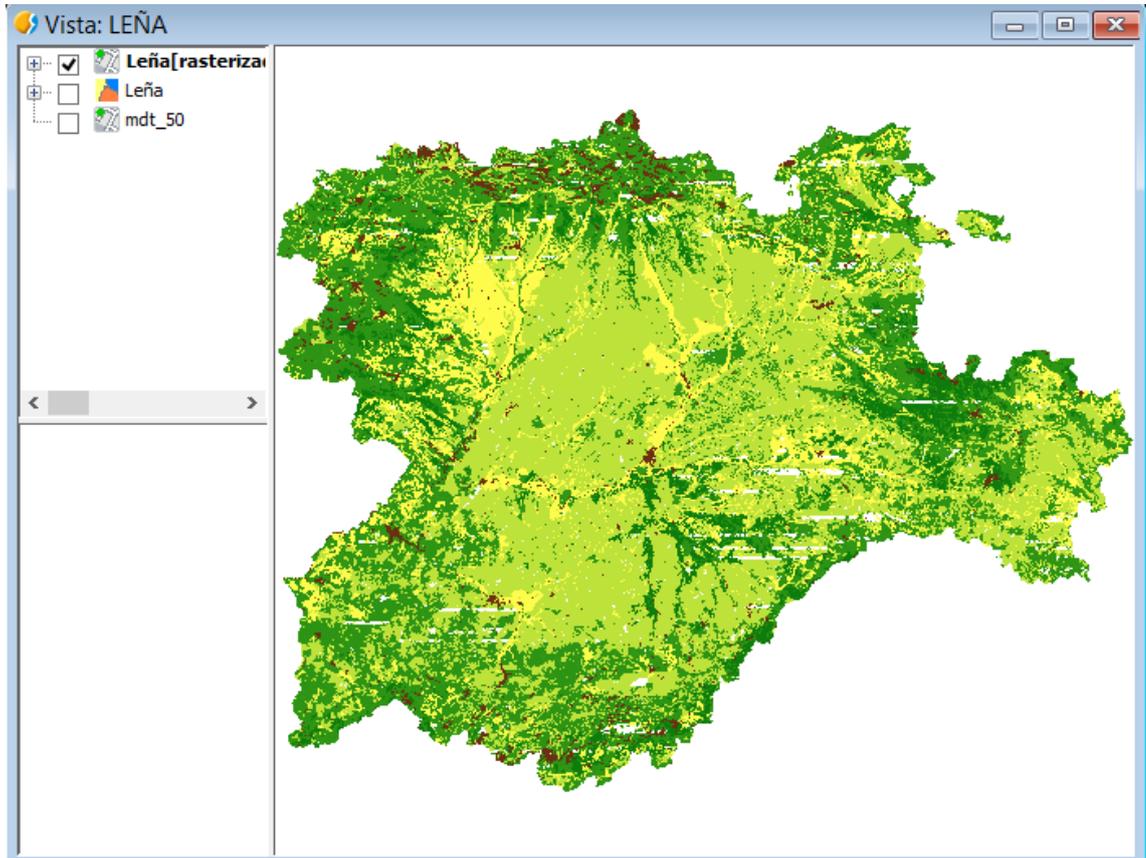
Ilustración 66- Rasterizar capa vectorial gvSIG 2. Utilizar extensión de otra capa

Al realizar dichas operaciones, se obtiene el mapa ráster para la variable producción de madera, mapa final resultante en el cual ya se encuentra asignado el valor económico correspondiente en cada uno de los píxeles.



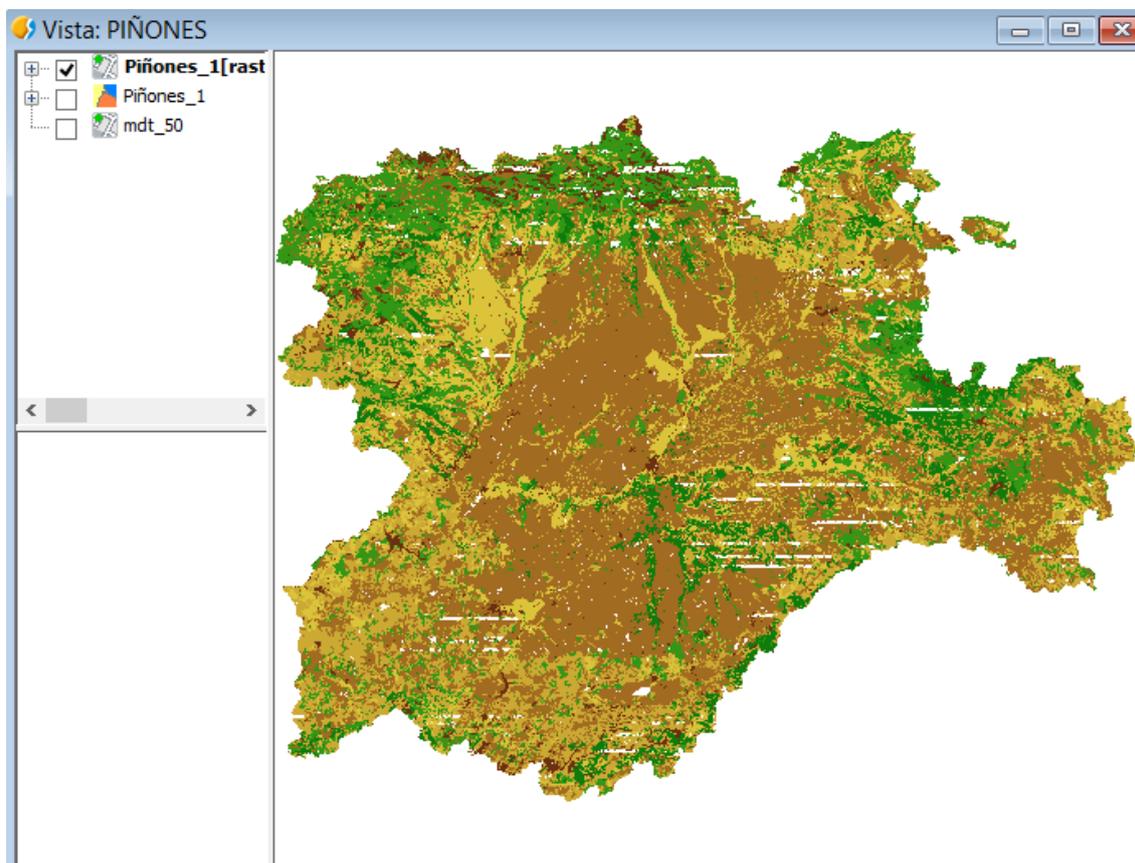
Mapa 44- Producción de madera. Ráster

5.3.3.2. Mapa “Producción de leña” en formato ráster



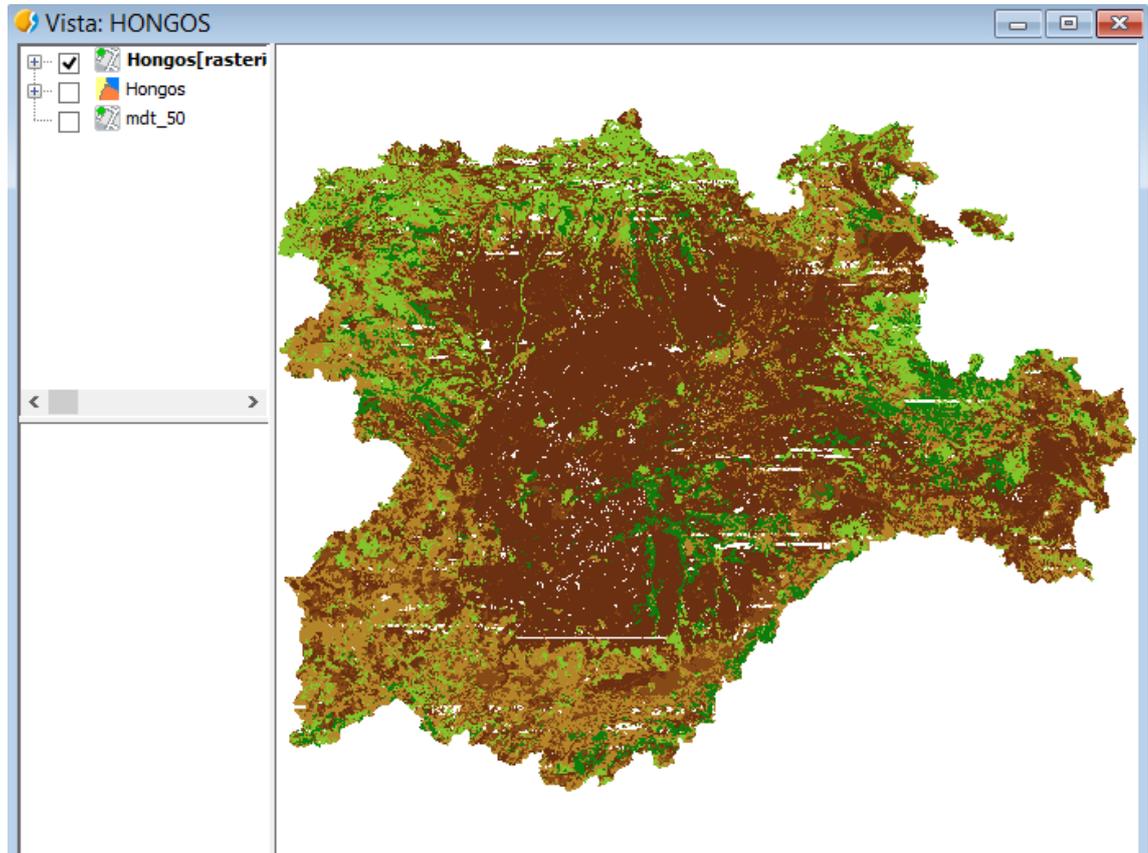
Mapa 45- Producción de leña. Ráster

5.3.3.3. Mapa “Producción de piñones” en formato ráster



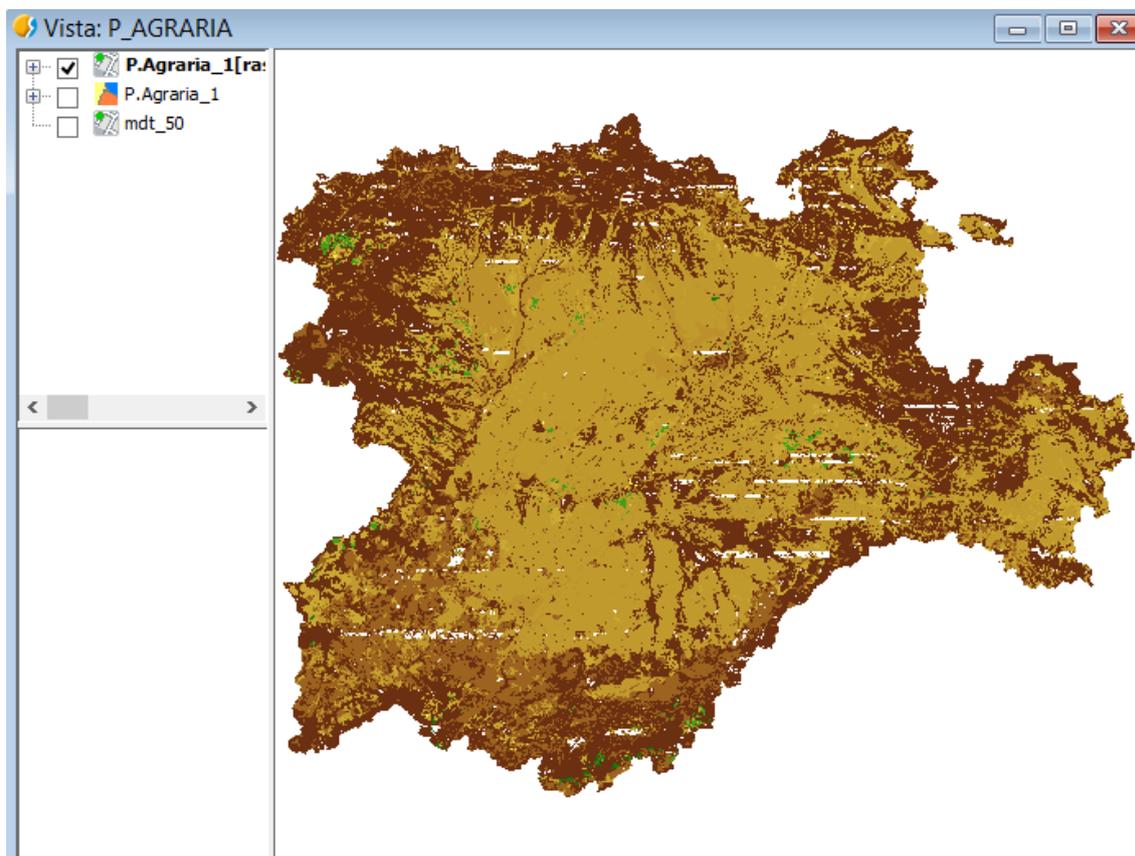
Mapa 46- Producción de piñones. Ráster

5.3.3.4. Mapa “Producción de hongos” en formato ráster



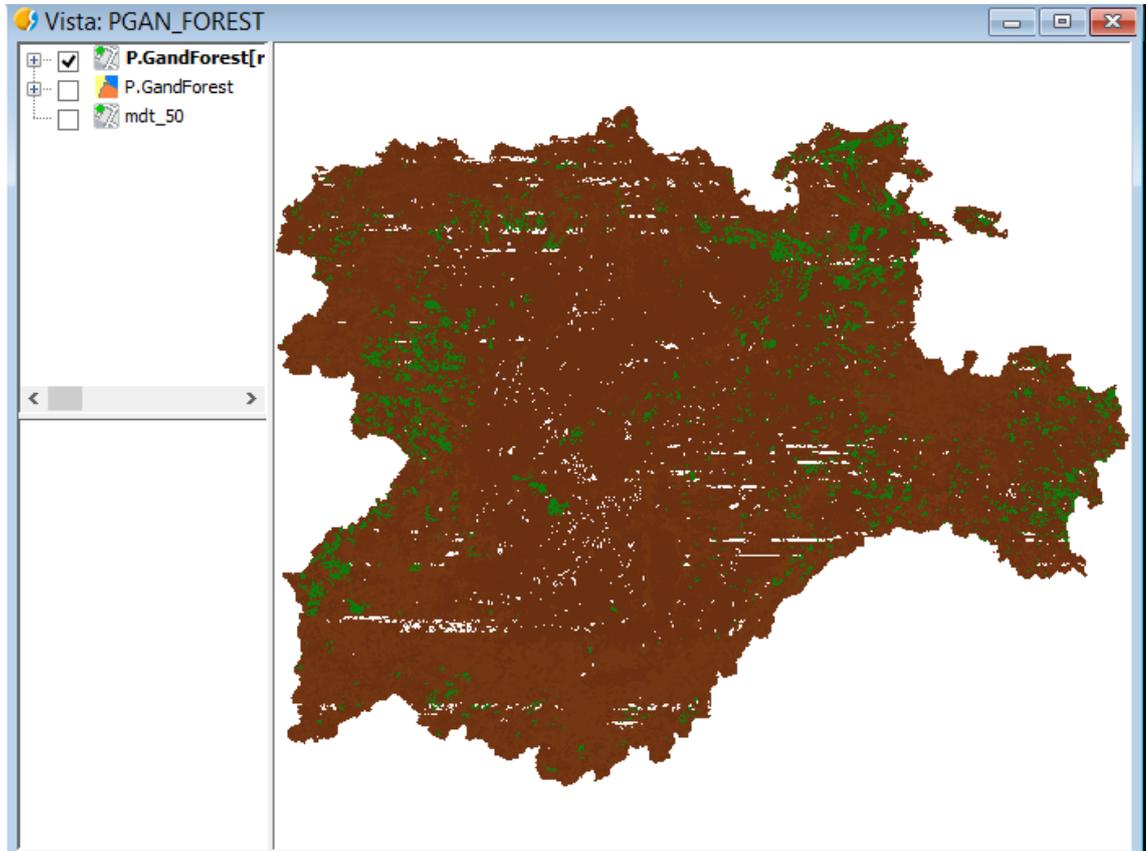
Mapa 47- Producción de hongos. Ráster

5.3.3.5. Mapa “Producción agraria” en formato ráster



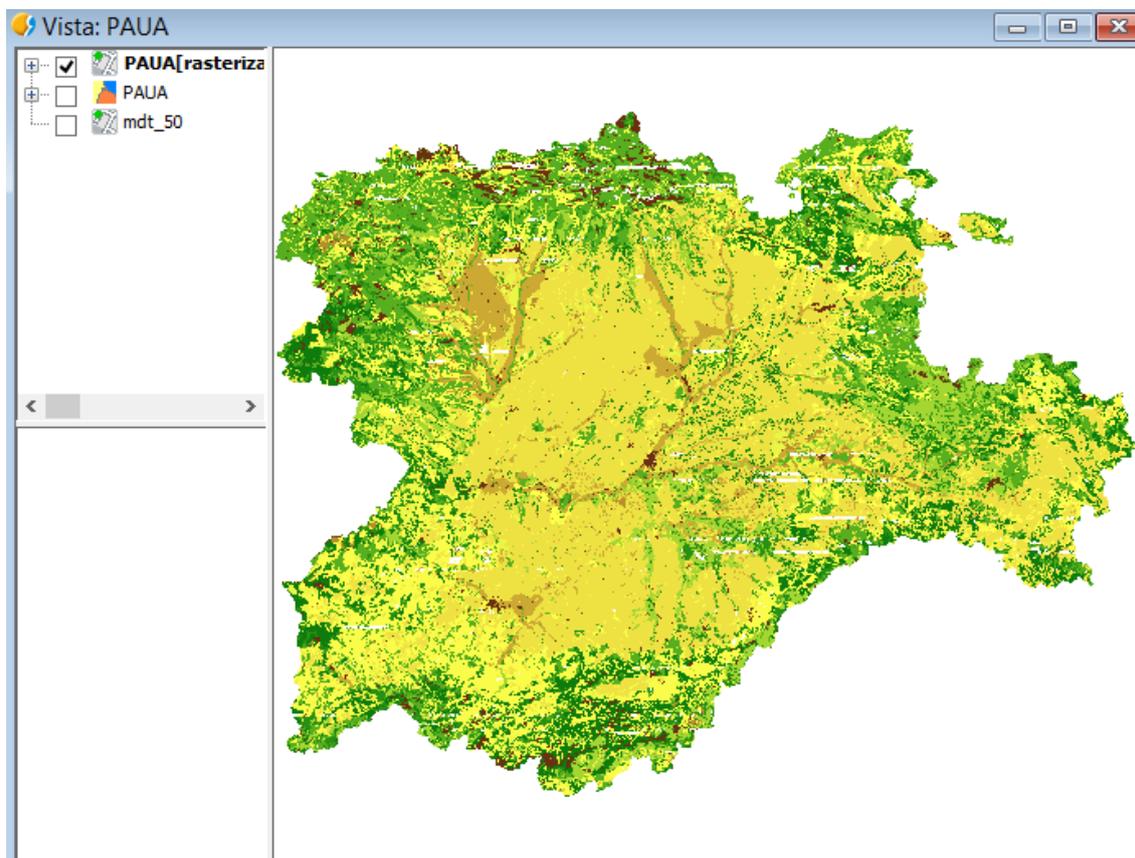
Mapa 48- Producción agraria. Ráster

5.3.3.6. Mapa “Producción ganadera forestal” en formato ráster



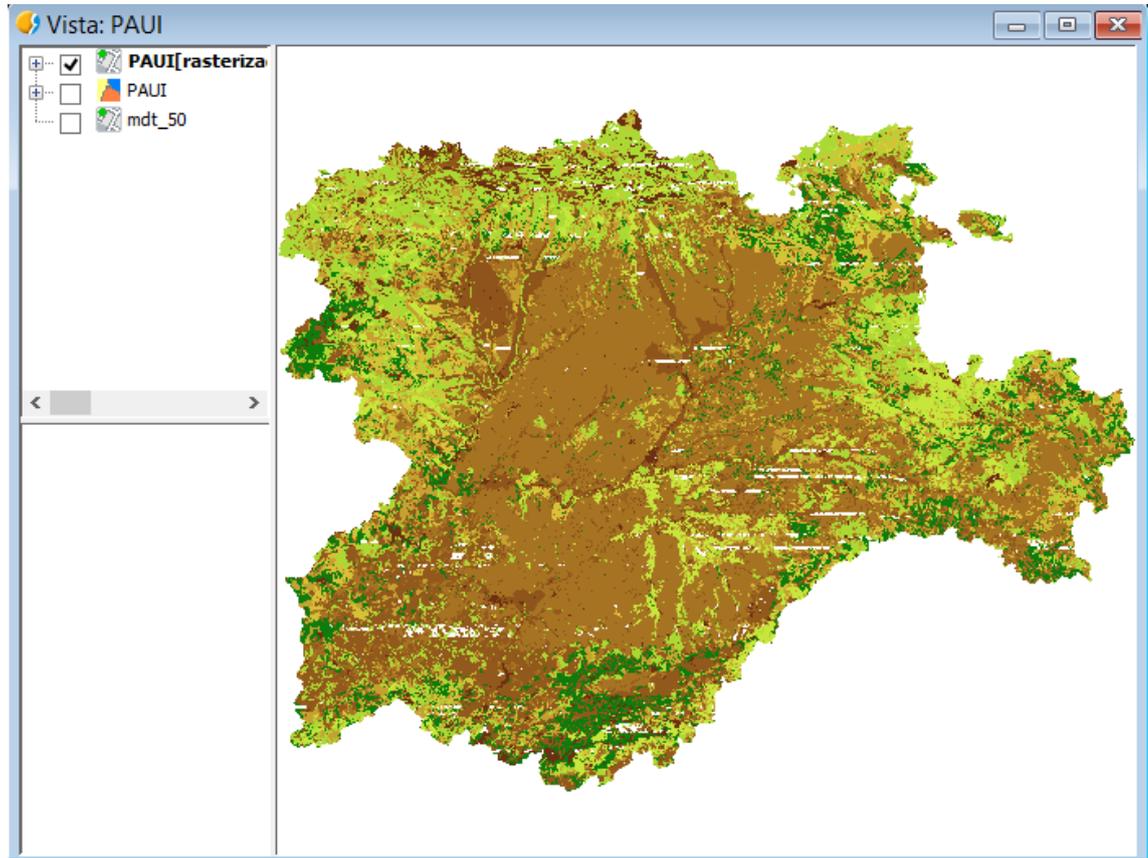
Mapa 49- Producción ganadera forestal. Ráster

5.3.3.7. Mapa “Provisión de agua para uso agrícola” en formato ráster



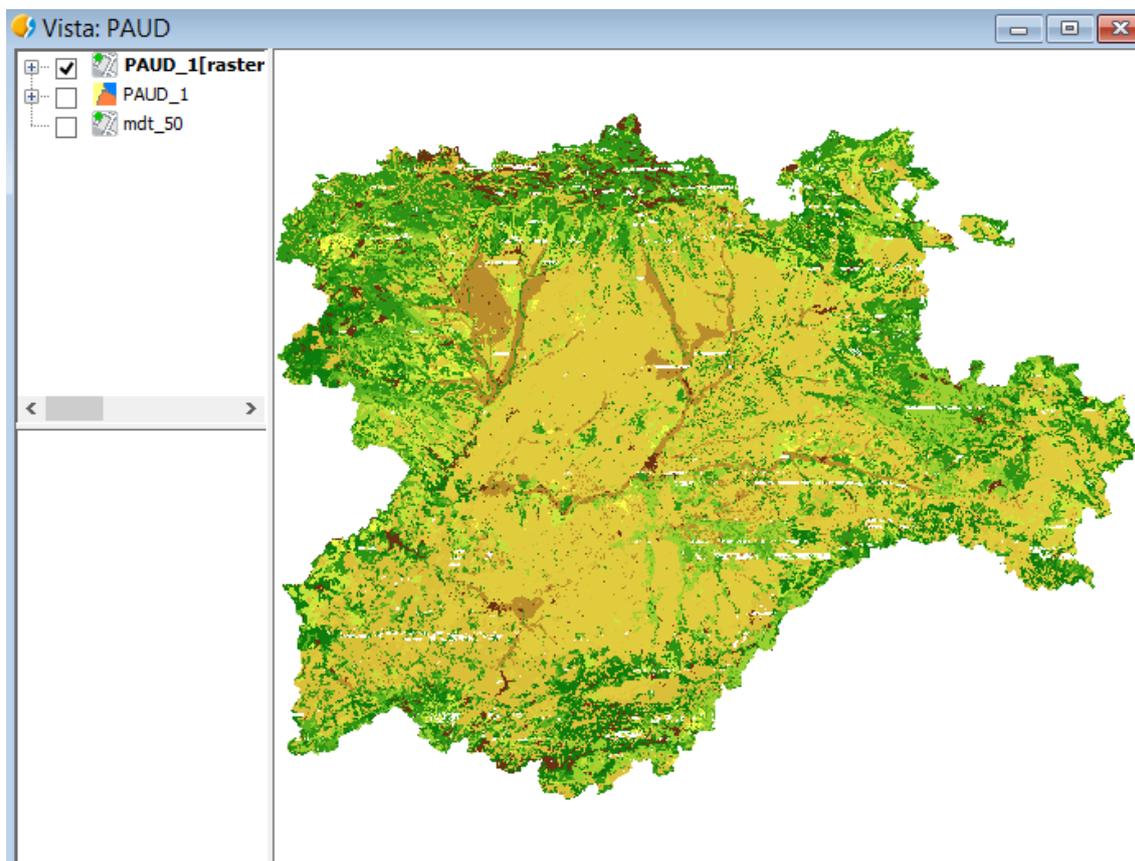
Mapa 50- Provisión de agua para uso agrícola. Ráster

5.3.3.8. Mapa “Provisión de agua para uso industrial” en formato ráster



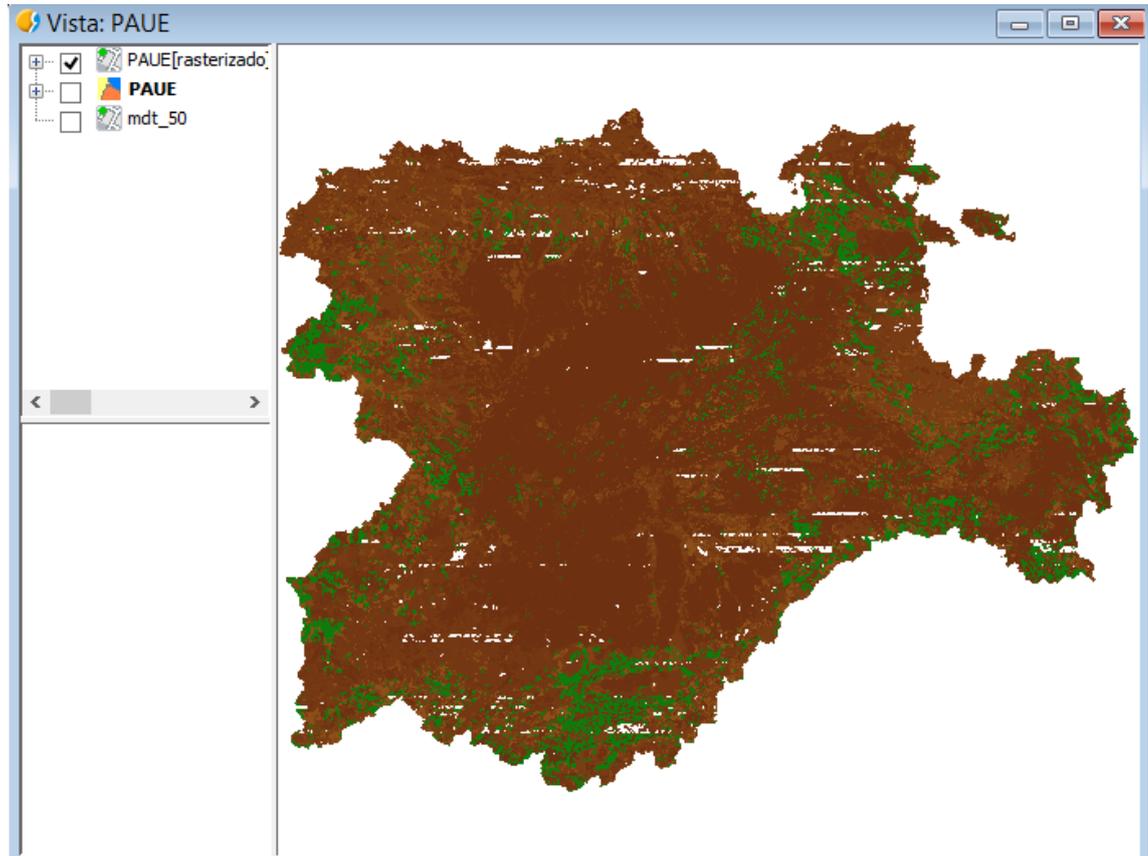
Mapa 51- Provisión de agua para uso Industrial. Ráster

5.3.3.9. Mapa “Provisión de agua para uso doméstico” en formato ráster



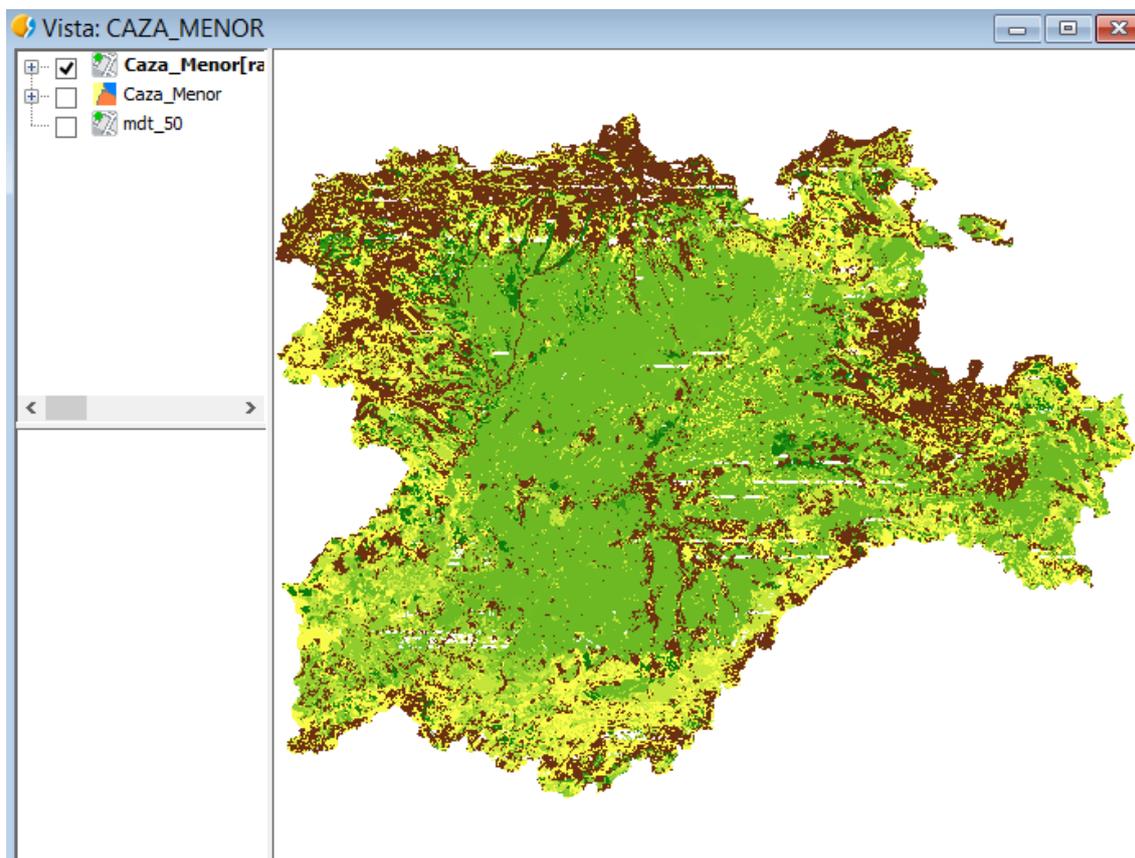
Mapa 52- Provisión de agua por uso doméstico. Ráster

5.3.3.10. Mapa “Provisión de agua para uso energético” en formato ráster



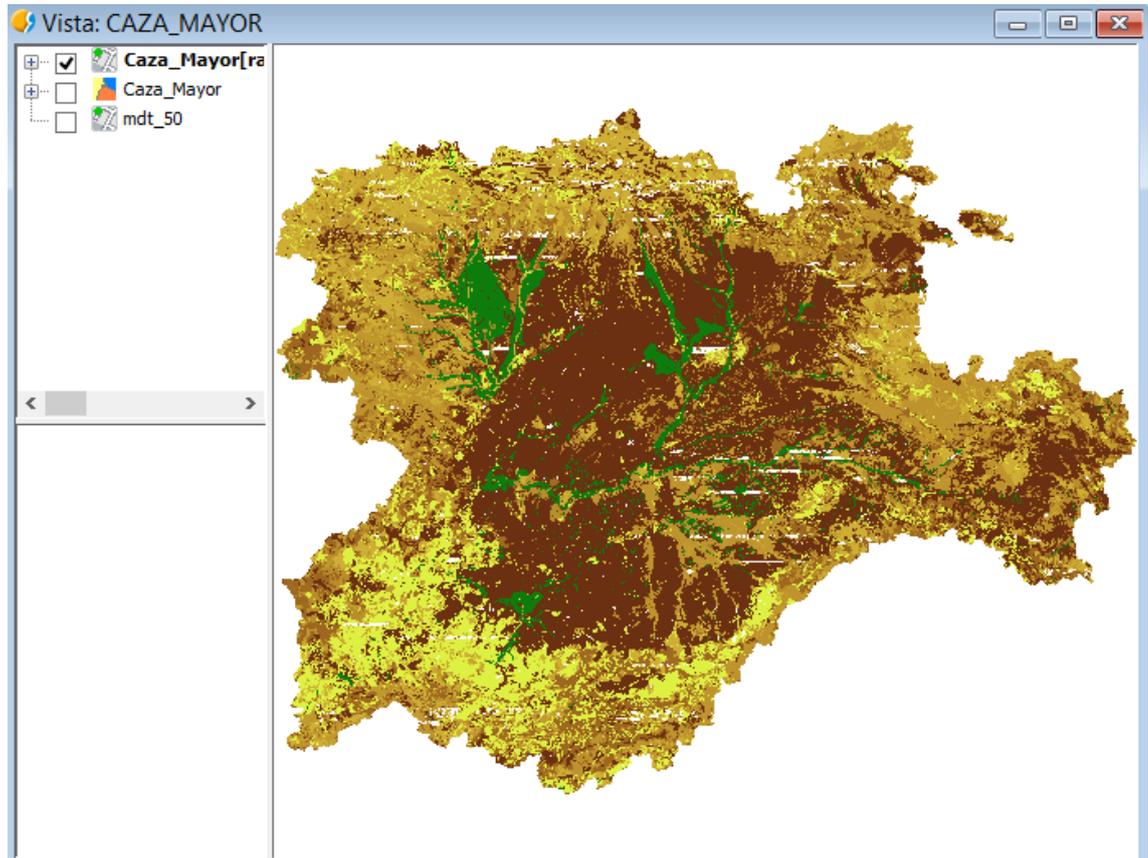
Mapa 53- Provisión de agua para uso energético. Ráster

5.3.3.11. Mapa “Caza Menor” en formato ráster



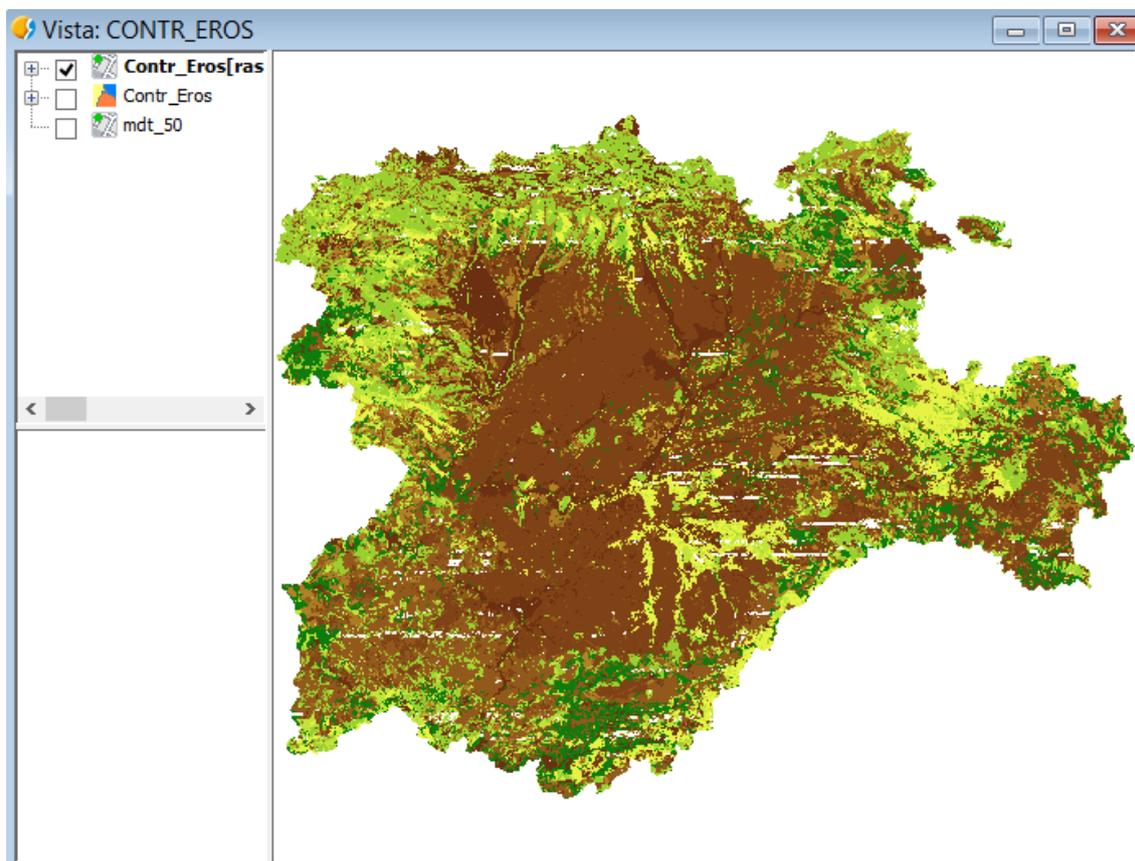
Mapa 54- Caza Menor. Ráster

5.3.3.12. Mapa “Caza Mayor” en formato ráster



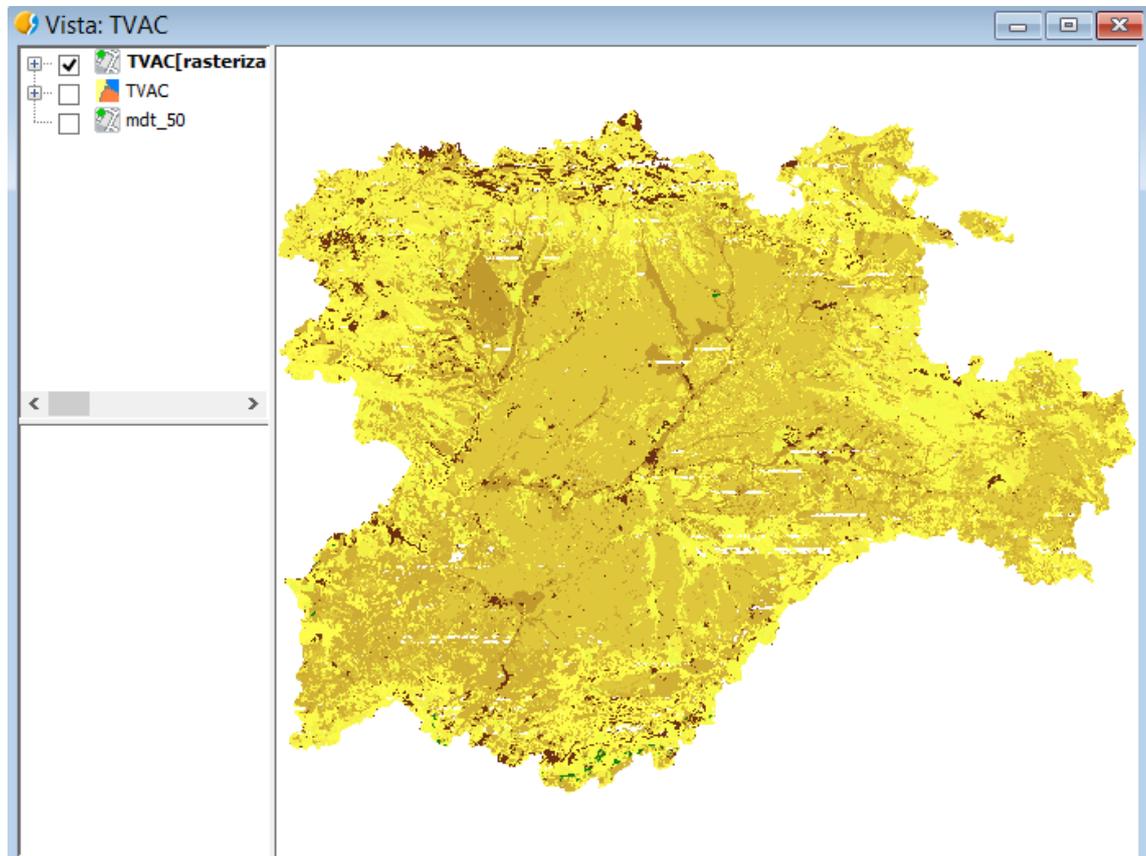
Mapa 55- Caza Mayor. Ráster

5.3.3.13. Mapa “Control de la erosión” en formato ráster



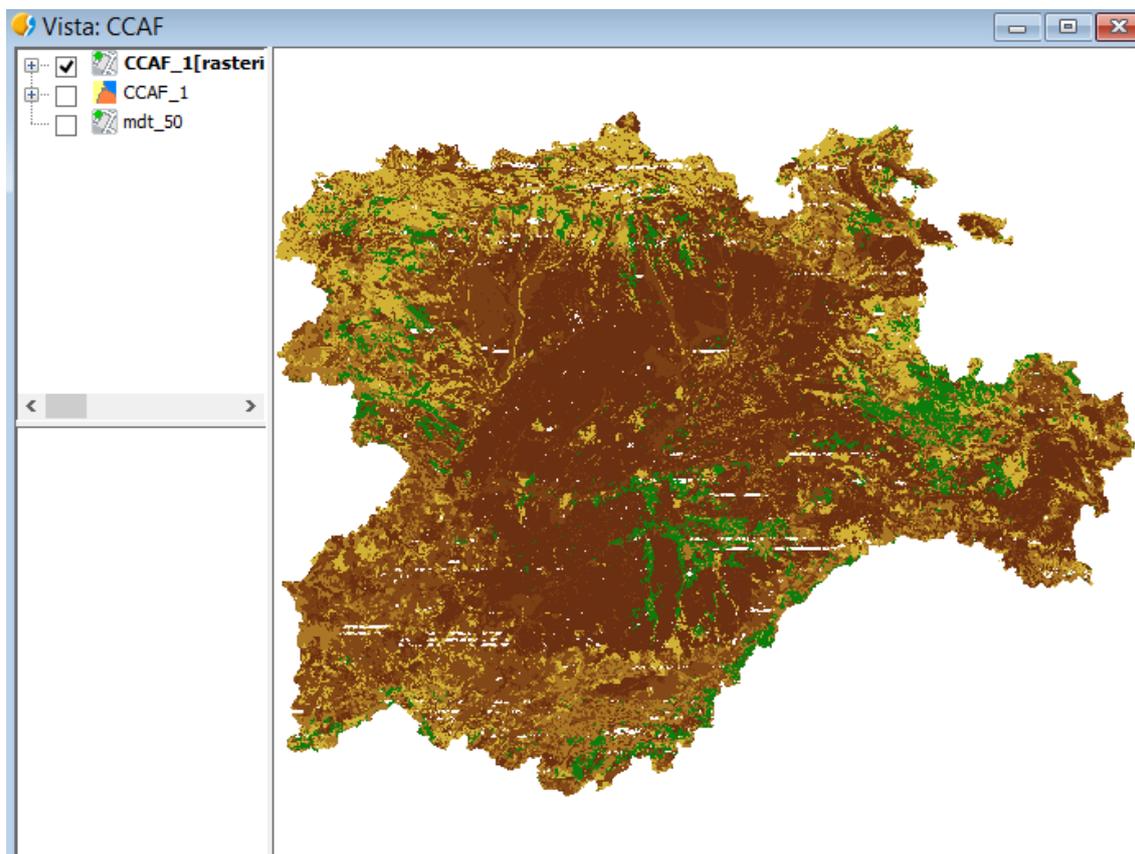
Mapa 56- Control de Erosión. Ráster

5.3.3.14. Mapa “Tratamiento de vertidos en aguas continentales” en formato ráster



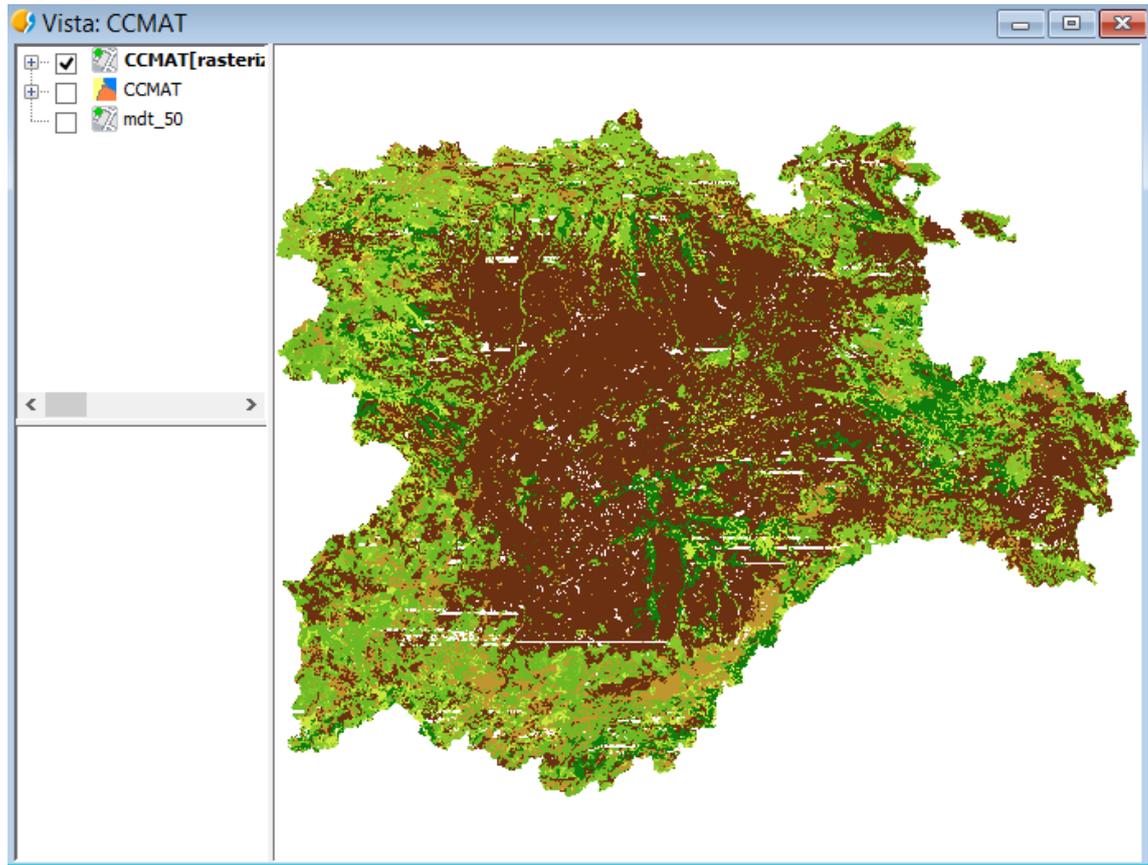
Mapa 57- Tratamiento de vertidos en aguas continentales. Ráster

5.3.3.15. Mapa “Captura de carbono por el arbolado” en formato ráster



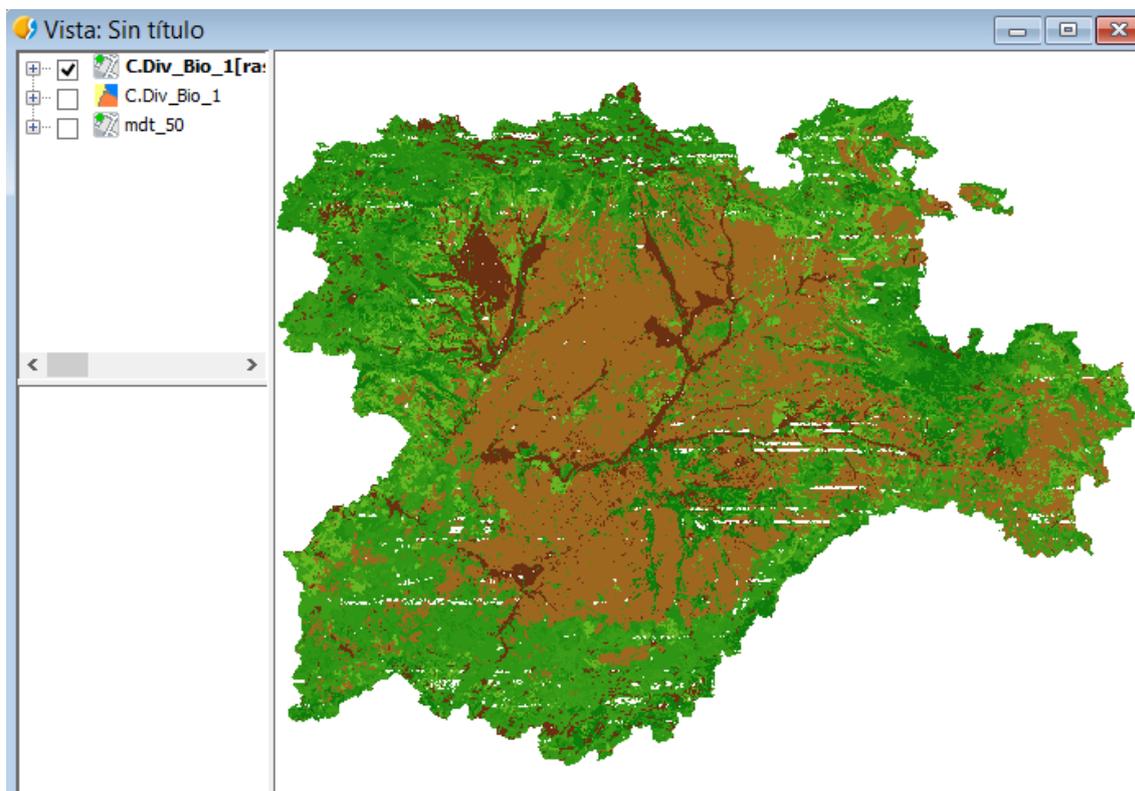
Mapa 58- Captura de carbono por el arbolado forestal. Ráster

5.3.3.16. Mapa “Captura de carbono por el matorral” en formato ráster



Mapa 59- Captura de carbono por el matorral. Ráster

5.3.3.17. Mapa “Conservación de la diversidad biológica” en formato ráster



Mapa 60- Conservación de la diversidad biológica. Ráster

5.4. Información complementaria adicional

Una vez completada la base de datos necesaria para poner en marcha nuestro modelo, también será necesario tener en cuenta la información asociada a las vías, datos registrados acerca de los accidentes producidos como pudieran ser una serie de factores que son datos históricos de siniestralidad, estado de las carreteras, meteorología y toda la información que en rasgos generales está asociada a un posible accidente por carretera.

5.4.1. Posibles factores a tener en cuenta

5.4.1.1. Tipología y estado de la vía de comunicaciones

Los diferentes tipos de carreteras, gestionadas por diferentes administraciones, implican morfologías y dimensiones diferentes, niveles y costes de mantenimiento también diferentes, y todo ello conlleva también una siniestralidad también diferenciada para cada tipo de carretera considerada.

En nuestro caso, contemplamos seis tipos diferentes de vías: autopista, autovía, nacional, autonómica, provincial y local.

5.4.1.2. Estación del año

Dependiendo de la época del año, las carreteras pueden estar en mejores o peores condiciones. Esto influirá en la probabilidad de que ocurra un accidente. Deben tenerse en cuenta por tanto las cuatro estaciones del año: otoño, invierno, primavera y verano.

5.4.1.3. Condiciones climatológicas

Las condiciones climatológicas del día del accidente deberían de ser estudiadas, ya que en función de que sea un día soleado, nublado, llovisoso, con hielo, con nieve, etc. la probabilidad de que haya un accidente se verá influenciada y a su vez, cuanto más adversas sean las condiciones climatológicas más gravedad tendrá teóricamente el accidente y esto afectará en mayor o menor medida a la peligrosidad del accidente.

5.4.1.4. Provincias

Las provincias que se han tenido en cuenta son las nueve que forman parte de la Comunidad Autónoma de Castilla y León: León, Zamora, Salamanca, Ávila, Segovia, Soria, Burgos, Palencia y Valladolid.

5.4.1.5. Producto transportado

El tipo de producto transportado influye tanto en la probabilidad de que ocurra el accidente como en la gravedad del mismo.

La siguiente tabla muestra algunos de los productos más transportados por las carreteras de Castilla y León:

Producto	Nº ONU	Grupo
Gasoil	1202	16
Líquido inflamable	1993	16
Oxígeno líquido	1073	10
Hipoclorito solución	1791	39
Gasolina	1203	16
Ácido clorhídrico	1789	42
Polímeros dilatables	2211	21
Fueloil	3256	16
Pirotécnicos	115	1
Difluoruro	3163	14
Alcohol etílico	1170	15
Disocianato de tolueno	2078	41
Selenio metálico	2658	36
Gas natural refrigerado	1972	3
Estireno	2055	16
Butano	1965	3
Acetato etílico	1866	17
Hidróxido sódico	1824	39
Resinas	1866	15
Alquitranes	1999	18
Anilina	1547	38
Cloro	1017	12
Sulfuro de sodio	1849	24
Explosivo	29	1
Ácido nítrico	2031	39
Compuesto de plomo	2291	23

Líquido inorgánico tóxico y corrosivo	3264	39
Nitrógeno líquido refrigerado	1977	9
Monómero éster ácido	3082	16
Carburo de calcio	1402	27
Cloruro férrico	2582	39
Metanol	1230	16
Argón con co2	1956	8
Gas propano	1965	3
Argón líquido refrigerado	1951	9
Tolueno	1294	16
Gas comprimido	1956	14
Acido sulfúrico	1760	42
Líquido corrosivo	1760	39
Formaldehídos en solución	2209	36

Tabla 57- Tipos de mercancías peligrosas transportadas por Castilla y León

5.4.2. Adquisición de información relevante

5.4.2.1. Ámbito territorial

El área de estudio ha sido el espacio geográfico de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, la cual por su extensión de 94.225 km² (la más amplia de España y la tercera de Europa) y su posición geográfica estratégica como nudo de comunicaciones entre Sur-Norte y Este-Oeste de la Península Ibérica, incluyendo las comunicaciones portuguesas con Centroeuropa, tiene la suficiente representatividad territorial de densidad de flujo de mercancías peligrosas.

Aproximadamente dos millones y medio (2.546.078)² de habitantes se reparten por esta Comunidad, que para su extensión no supone una gran población pero esto es indicador que es necesario realizar mayores desplazamientos para unir diferentes puntos de su geografía, tanto de vehículos en general como de mercancías peligrosas.

Por otro lado está formada por una altiplanicie situada sobre una altitud media de 830 m, rodeada de cadenas montañosas. Por lo que nos hace presuponer que la altitud esté relacionada con las diferentes geometrías que nos podemos encontrar en las carreteras.

² Datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) del año 2012.

El clima de Castilla y León es aproximado a lo que se conoce como oceánico continental, caracterizado por inviernos fríos y veranos calurosos, con cortos periodos primaverales y otoñales. Las temperaturas medias oscilan aproximadamente entre los 39°C de los meses más cálidos y los 12°C bajo cero los meses invernales, siendo la temperatura media de casi 12°C. Esta variación tan drástica entre estaciones y condiciones meteorológicas nos inducen a pensar en la influencia de variables como condiciones meteorológicas y estación del año.

5.4.2.2. Información de partida

La información de partida para la elaboración del presente trabajo es la muestra de accidentes e incidentes de mercancías peligrosas ocurridos en el ámbito de estudio en el período comprendido entre el enero de 1997 hasta mayo del 2013.

Además, la otra información que debemos tener, es la de la clasificación de las materias peligrosas según sus propiedades físico-químicas. Hemos usado la clasificación propuesta por el EGR12(CANUTEC, 2012).

La información original con la que contamos la hemos extraído de los informes que la Guardia Civil, u otros organismos que remiten a Protección Civil cuando hay un accidente en el que está involucrado un vehículo que transporta mercancías peligrosas.

Esta información está en papel o formato digital obteniendo un tamaño de muestra de 133 accidentes; el formato de los informes es el que se muestra a continuación para un ejemplo de un accidente que ocurrió en Villablino (León):

06/02 2009 13:08 FAX 987989155 SUBDL. GBNO. LEON

DATOS A RECABAR EN EL CASO DE AVISO DE EMERGENCIA EN UN TRANSPORTE POR CARRETERA DE MERCANCIAS PELIGROSAS

SUBDELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN LEÓN

PERSONA QUE DA EL AVISO: *GUARDIA CIVIL* FECHA: - 6 FEB 2009 HORA: *12,30*

ORGANISMO AL QUE PERTENECE: *GUARDIA CIVIL* GABINETE TELEGRAFICO SALIDA N.º *443*

LOCALIZACION DEL SUCESO		DATOS SOBRE LA MERCANCIA TRANSPORTADA	
DIA: <i>06/02/2009</i>	HORA: <i>11:50</i>	NUMERO DEL PANEL NARANJA:	
CARRETERA: (1) <i>CL-626</i>	P. KM.: <i>15</i>	Nº DE PELIGRO (Nº Superior)	<i>30</i>
SENTIDO DE LA CIRCULACION: (2)		Nº MATERIA (Nº ONU nº Inferior)	<i>1202</i>
POBLACION MAS CERCANA:		ETIQUETAS DE PELIGRO:	
TERMINO MUNICIPAL: <i>VILLABLINO</i>			
PROVINCIA: <i>LEON</i>			
OBSERVACIONES:			
CARACTERISTICAS DEL SUCESO		PRODUCTOS:	
TIPO DE VEHICULO:			
CISTERNA: <input checked="" type="checkbox"/>		EMPRESA TRANSPORTISTA:	
CAMION CAJA: <input type="checkbox"/>		EMPRESA EXPEDIDORA:	
OTRO TIPO: <input type="checkbox"/>		EMPRESA DESTINATARIA:	
AVERIA: (3)		OBSERVACIONES:	
ACCIDENTE:			
- VUELCO: <input checked="" type="checkbox"/>			
- CHOQUE: <input type="checkbox"/>			
- SALIDA CALZADA: <input type="checkbox"/>			
- CAIDA CARGA: <input type="checkbox"/>			
TIPO ENVASE/S: (4)			
CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE		DAÑOS HUMANOS	
FUGA/DERRAME: <input checked="" type="checkbox"/>		ESTADO DEL CONDUCTOR: <i>ILESO</i>	
- TIERRA: <input checked="" type="checkbox"/>		Nº TOTAL DE HERIDOS: <i>2</i>	
- AGUA: <input type="checkbox"/>		Nº TOTAL DE VICTIMAS:	
- AIRE: <input type="checkbox"/>		TIPO APARENTE DE LAS LESIONES: (6)	
INCENDIO VEHICULO: <input type="checkbox"/>			
INCENDIO CARGA: <input type="checkbox"/>			
CON EXPLOSION: <input type="checkbox"/>			
SITUACION DEL VEHICULO: (5)		DATOS ADICIONALES	
CORTE DE CIRCULACION: <input checked="" type="checkbox"/>		DURACION PREVISTA DE LA INMOVILIZACION (HORAS):	
OBSERVACIONES:		¿SE CONSIDERA NECESARIO HACER UN TRASVASE O TRASLADO?:	
CONDICIONES ATMOSFERICAS:		SERVICIOS PRESENTES:	
- LLUVIA: <input type="checkbox"/>	- NIEVE: <input checked="" type="checkbox"/>	- VIENTO: <input type="checkbox"/>	<i>GUARDIA CIVIL</i>
- HIELO: <input type="checkbox"/>	- NIEBLA: <input type="checkbox"/>		<i>BUSCA BOMBEROS DE LEON</i>
- OTRAS: <input type="checkbox"/>			

Ilustración 67- Parte accidente modelo papel 1

BOLETÍN ESTADÍSTICO DE MERCANCIAS POR ACCIDENTES EN LOS TRANSPORTES DE MERCANCIAS PELIGROSAS

FECHA DEL INFORME **jueves, 10 de noviembre de 2011** CARRETERA: FERROCARRIL:

1 LOCALIZACIÓN DEL SUCESO

1.1 FECHA DEL ACCIDENTE: **jueves, 10 de noviembre de 2011** HORA: **6:09 horas**

1.2 LUGAR DEL ACCIDENTE:

CARRETERA: **SO-132** P. KM.: **3,40**

ESTACIÓN O ESTACIONES COLATERALES: P. KM.:

TÉRMINO MUNICIPAL MEDINACELI PROVINCIA: **SORIA**

2 DATOS SOBRE LA/S MERCANCIAS TRANSPORTADA/S

NOMBRE QUÍMICO: **GASOLEO**
 N° DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO: **30**
 N° ONU: **1202**
 CANTIDAD (Kg/l):

NOMBRE QUÍMICO:
 N° DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO:
 N° ONU:
 CANTIDAD (Kg/l):

NOMBRE QUÍMICO:
 N° DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO:
 N° ONU:
 CANTIDAD (Kg/l):

3 DESCRIPCIÓN DEL SUCESO

3.1 TIPO DE UNIDAD DE TRANSPORTE

CARRETERA <input type="checkbox"/> VEHÍCULO CAJA <input checked="" type="checkbox"/> CISTERNA <input type="checkbox"/> OTRO:		FERROCARRIL <input type="checkbox"/> CONTENEDOR CISTERNA <input type="checkbox"/> VAGÓN CISTERNA <input type="checkbox"/> OTRO:	
---	--	--	--

3.2 TIPO DE ACCIDENTE (1):

TIPO 1
 TIPO 2
 TIPO 3
 TIPO 4
 TIPO 5

4 CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE EMERGENCIA

SITUACIÓN 0
 SITUACIÓN 1
 SITUACIÓN 2
 SITUACIÓN 3

5 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS DAÑOS

5.1 DANOS HUMANOS

	POR LA PELIGROSIDAD DE LA MERCANCIA	OTRAS CAUSAS	TOTALES	T	Q	I
				(traumatizados)	(quemados)	(intoxicados)
N° HERIDOS LEVES		0	0			
N° HERIDOS GRAVES		0	0			
N° VÍCTIMAS MORTALES		0	0			

Ilustración 68- Parte accidente modelo papel 2

5.2 DAÑOS MATERIALES

<input type="checkbox"/> OTRO ACCIDENTE O INCIDENTE	
<input checked="" type="checkbox"/> DE LA UNIDAD DE TRANSPORTE	GOTEO DE PRODUCTO POR LA BOCA DE LLENADO
<input type="checkbox"/> DE OTRAS UNIDADES DE TRANSPORTE	
<input type="checkbox"/> DE INFRAESTRUCTURAS	
<input type="checkbox"/> DE INMUEBLES	

5.3 DAÑOS AMBIENTALES

<input type="checkbox"/> CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	
<input type="checkbox"/> CONTAMINACIÓN HÉDRICA	
<input type="checkbox"/> CONTAMINACIÓN DE SUELOS	

5.4 EXISTIÓ PELIGRO O RIESGO PARA LA POBLACIÓN NO

Nº TOTAL DE PERSONAS EXPUESTAS:
DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE PELIGRO O RIESGO

5.5. EXISTIÓ NECESIDAD DE EVACUACIÓN: NO

Nº TOTAL DE PERSONAS EVACUADA!

6 MEDIDAS ADOPTADAS EN EL ACCIDENTE:

6.1 MEDIDAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ACCIDENTE:
RETIRADA DEL CAMION A ZONA SEGURA, ELEVACIÓN CON GRUA Y TRASVASE DE PRODUCTO A OTRO CAMIÓN.

6.2 MEDIDAS DE PROTECCIÓN A LA POBLACIÓN:

Ilustración 69- Parte accidente modelo en formato digital

A partir de los informes creamos una base de datos, en la que se integran los siguientes campos referidos al lugar y momento que sucedió el accidente:

- Fecha en la que ocurrió el accidente.
- Estación del año.
- Identificación de la carretera en la que ha ocurrido el accidente.
- Tipo de vía en la que ha ocurrido, atendiendo más que a su nombre a las características de la misma, ya que existen, por ejemplo, carreteras identificadas como nacionales y que son en realidad autovías que conservan su anterior nomenclatura.
- Punto kilométrico donde se produce el accidente.
- Municipio en el que ha tenido lugar.
- Provincia.
- Cota altimétrica del lugar del accidente respecto al nivel del mar.
- Tipo de zona en la que se produce el accidente.
- Condiciones climatológicas.
- Nº ONU del producto.
- Nº Peligro del producto.
- Producto que transportaba el vehículo siniestrado.
- Pe: Peligrosidad del accidente.
- Daños ambientales.

A continuación, se muestra la base de datos creada con todos los accidentes que disponemos. Para una mejor localización de los datos de cada accidente, se han procedido a un orden cronológico.

FECHA	ESTACIÓN	ID	TIPO DE VÍA	P. KM.	MUNICIPIO	P V	ALTIMETRÍA	TIPO DE ZONA	CLIMATOLÓGIA	Nº ONU	Nº PELIGRO	PRODUCTO	GRUPO	Pe	DAÑOS AMBIENTALES	CAUSA DEL ACCIDENTE
07/01/1997	INVIERNO	N-620/	Autovía	24,8	CELADA DEL CAMINO	B U	927	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	3	Sin daño	NO ESPECIFICADO
28/01/1997	INVIERNO	C-610	C. Autonómica	2,8	MEDINA DEL CAMPO	V A	735	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	NO ESPECIFICADO
15/02/1997	INVIERNO	N-120	C. Nacional	320	VALVERDE DE LA VIRGEN	L E	903	CRUCE	BUENAS	1202	30	gasoil	16	3	ATMOSFERA	VUELCO
22/03/1997	PRIMAVERA	N-110	C. Nacional	249,5	BRIEVA	A V	1199	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	3	Sin daño	NO ESPECIFICADO
24/07/1997	VERANO	N-620	C. Nacional	102,3	CUBILLAS DE SANTA MARTA	V A	701	CRUCE	BUENAS	1170	33	alcohol etílico	15	0	Sin daño	NO ESPECIFICADO
01/09/1997	VERANO	C-101	C. Autonómica	6	SORIA	S O	1028	CRUCE	BUENAS	1791	8	hipoclorito solución	39	3	Sin daño	NO ESPECIFICADO
20/10/1997	VERANO	N-601	C. Nacional	261,8	BECILLA DE VALDERADUEY	V A	757	RECTA	LLUVIA	1203	33	gasolina	16	1	Sin daño	CHOQUE
13/11/1997	OTOÑO	AP-1	Autopista	9	BURGOS	B U	900	CURVA	BUENAS	2211	0	polímeros dilatables	21	3	Sin daño	NO ESPECIFICADO
16/12/1997	OTOÑO	N-620	Autovía	102,3	CUBILLAS DE SANTA MARTA	V A	701	CURVA	NIEVE Y NIEBLA	1203	33	gasolina	16	1	Sin daño	CHOQUE

Capítulo 5: Desarrollo del modelo matemático de costes ambientales

FECHA	ESTACIÓN	ID	TIPO DE VÍA	P. KM	MUNICIPIO	P V	ALTIMETRÍA	TIPO DE ZONA	CLIMATOLÓGIA	Nº UNO	Nº PELIGRO	PRODUCTO	GRUPO	P e	DAÑOS AMBIENTALES	CAUSA DEL ACCIDENTE
21/01/1998	INVIERNO	N-122	C. Nacional	76	FRESNO DE LA RIBERA	Z A	648	CURVA	BUENAS	1073	225	Oxígeno líquido	10	2	Sin daño	NO ESPECIFICADO
04/02/1998	INVIERNO	A-66	Autovía	6,5	SANTOVENIA DE VALDOCINA	L E	891	CURVA	BUENAS	1203	30	gasoil	16	4	SUELOS	VUELCO
26/03/1998	PRIMAVERA	VA-V-2053	C. Provincial	3,2	PORTILLO	V A	861	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	3	SUELOS	VUELCO
15/06/1998	PRIMAVERA	C-615	C. Autónoma	61,1	SALDAÑA	P A	900	RECTA	LLUVIA	1202	3	Gasoil	16	0	Sin daño	NO ESPECIFICADO
26/06/1998	VERANO	N-536	C. Nacional	2,1	PONFERRADA	L E	477	CURVA	NIEBLA	1202	30	gasoil	16	0	Sin daño	NO ESPECIFICADO
09/10/1998	INVIERNO	N-122	C. Nacional	334	SARDON DE DUERO	V A	868	CURVA	BUENAS	3163	0	difluoruro	14	0	Sin daño	NO ESPECIFICADO
13/11/1998	OTOÑO	N-630	C. Nacional	225,8	BARCIAL DEL BARCO	Z A	700	CURVA	LLUVIA	1972	223	Gas natural refriger	3	2	Sin daño	NO ESPECIFICADO
28/12/1998	INVIERNO	VA-101	C. Provincial	29,5	VILLAFUERTE	V A	784	CRUCE	HIELO	1202	30	gasoil	16	1	Sin daño	VUELCO
30/12/1998	INVIERNO	N-620	C. Nacional	121,2	VALLADOLID	V A	735	RECTA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
17/02/1999	INVIERNO	C-622	C. Autónoma	14,6	VALDEVIMBRE	L E	861	CURVA	NIEBLA	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	NO ESPECIFICADO
12/04/1999	PRIMAVERA	N-122	C. Nacional	302	VALLADOLID	V A	752	RECTA	BUENAS	2658	60	Selenio metálico	36	1	Sin daño	VUELCO
07/05/1999	PRIMAVERA	VA-404	C. Provincial	1,7	MEDINA DEL CAMPO	V A	739	RECTA	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	2	SUELOS	VUELCO
14/09/1999	VERANO	N-610	C. Nacional	93	FUENTES DE ROPEL	Z A	715	CURVA	BUENAS	2078	60	disocianato de tolueno	41	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
03/11/1999	OTOÑO	N-VI	C. Nacional	180	TORDESILLAS	V A	677	CRUCE	BUENAS	115	0	Pirotécnicos	1	0	Sin daño	SUELTA DEL ENGANCHE
08/01/2000	INVIERNO	C-605	C. Autónoma	3,15	ZAMORA	Z A	636	CURVA	NIEBLA	1202	30	Gasoil	16	1	Sin daño	COLISION
08/08/2000	VERANO	AP-1	Autopista	8,3	ORBANEJA RIOPICO	B U	919	RECTA	BUENAS	2055	39	estireno	16	3	SUELOS	CHOQUE
13/11/2000	OTOÑO	C-626	C. Autónoma	37	VALDERRUEDA	L E	1143	CURVA	BUENAS	3256	30	Fueloil	16	2	Sin daño	SALIDA CALZADA
22/11/2000	OTOÑO	N-120	C. Nacional	316,3	VALVERDE DE LA VIRGEN	L E	905	RECTA	LLUVIA	1789	80	ácido clorhídrico	42	3	ATMOSFERA	CHOQUE CONTRA CASA
26/12/2000	INVIERNO	P-982	C. Provincial	9	CARRION DE LOS CONDES	P A	829	CRUCE	NUBLADO	1965	23	Butano	3	3	Sin daño	NO ESPECIFICADO
27/12/2000	INVIERNO	N-603	C. Nacional	66,8	EL ESPINAR	S G	1135	CURVA	BUENAS	1965	23	Butano	3	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
16/03/2001	INVIERNO	VA-100	C. Provincial	31,6	ESGUEVILLAS DE ESGUEVA	V A	781	CRUCE	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	3	SUELOS E H=DRICA	VUELCO
24/05/2001	PRIMAVERA	CL-526	C. Autónoma	81,5	VILLASRUBIAS	S A	845	CURVA	BUENAS	1999	0	Alquitranes	18	3	SUELOS	NO ESPECIFICADO
29/05/2001	PRIMAVERA	N-II	Autovía	139	MEDINACELI	S O	1150	CURVA	BUENAS	0	0	Resinas	15	3	SUELOS	VUELCO
17/07/2001	VERANO	N-620	Autovía	45,1	REVILLA VALLEJERA	B U	767	RECTA	BUENAS	1547	60	Anilina	38	3	SUELOS E HIDRICA	COLISION
19/07/2001	VERANO	N-620	Autovía	42,6	VILLODRIGO	P A	800	RECTA	BUENAS	1866	33	Acetato etílico	17	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
20/07/2001	VERANO	N-620	autovía	101,8	CUBILLAS DE SANTA MARTA	V A	708	RECTA	BUENAS	1824	80	hidróxido sódico	39	1	Sin daño	COLISION CON VALLA
23/07/2001	VERANO	PP-1222	Local	9	CEVICO DE LA TORRE	P A	761	CRUCE	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	3	Sin daño	NO ESPECIFICADO
12/09/2001	VERANO	N-620	Autovía	62,7	TORQUEMADA	P A	737	CURVA	LLUVIA	1017	268	Cloro	12	2	SUELOS E HIDRICA	NO ESPECIFICADO
04/03/2002	INVIERNO	N-631	C. Nacional	2,2	SAN CEBRIÁN DE CASTRO	Z A	722	CURVA	BUENAS	1972	223	Gas natural refriger	3	1	Sin daño	CHOQUE

Capítulo 5: Desarrollo del modelo matemático de costes ambientales

FECHA	ESTACIÓN	ID	TIPO DE VÍA	P. KM	MUNICIPIO	P V	ALTIMETRÍA	TIPO DE ZONA	CLIMATOLÓGIA	Nº NU	Nº PELIGRO	PRODUCTO	GRUPO	P e	DAÑOS AMBIENTALES	CAUSA DEL ACCIDENTE
15/03/2002	INVIERNO	N-110	C. Nacional	184	ESPIRDO	S G	1101	CRUCE	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	4	SUELOS	COLISION
24/05/2002	PRIMAVERA	N-120	C. Nacional	331	SANTA MARINA DEL REY	L E	841	RECTA	LLUVIA	1849	80	Sulfuro de sodio	24	4	SUELOS	NO ESPECIFICADO
17/07/2002	VERANO	N-603	Autovía	93	SEGOVIA	S G	1085	CRUCE	BUENAS	1203	33	Gasolina	16	1	Sin daño	AVERIA ZAPATA BLOQUEADA
11/10/2002	OTOÑO	SOP-4164	C. Provincial	6	MIÑO DE MEDINACELI	S O	1142	CURVA	VIENTO	1965	23	Butano	3	1	Sin daño	VUELCO
15/10/2002	OTOÑO	A-1	Autovía	154	FUENTESPIÑA	B U	868	RECTA	BUENAS	1789	80	Ácido clorhídrico	42	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
20/10/2002	OTOÑO	A-231	Autovía	68	LEDIGOS	P A	900	RECTA	LLUVIA	29	80	Explosivo	1	4	Sin daño	VUELCO
07/11/2002	OTOÑO	VA-113	C. Provincial	5,7	SANTOVENIA DE PISUERGA	V A	684	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	COLISION
20/11/2002	OTOÑO	N-620	Autovía	118	CABEZÓN DE PISUERGA	V A	700	RECTA	BUENAS	1965	23	butano	3	2	Sin daño	COLISION
30/12/2002	INVIERNO	N-110	C. Nacional	184,4	ESPIRDO	S G	1101	CURVA	NIEBLA	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	NO ESPECIFICADO
03/01/2003	INVIERNO	N-VI	Autovía	138	HONQUILANA	V A	818	RECTA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	1	Sin daño	SALIDA CALZADA
24/02/2003	INVIERNO	N-I	Autovía	148,1	MILAGROS	B U	890	RECTA	BUENAS	2291	60	Compuesto de plomo	23	4	Sin daño	CHOQUE
06/04/2003	PRIMAVERA	N-VI	C. Nacional	391	CAMPONARAYA	L E	498	RECTA	BUENAS	2031	80	Ácido nítrico	39	4	Sin daño	AVERIA EN LA LLAVE DE LLENADO
07/08/2003	VERANO	A-6	Autovía	343,7	VILLAGATÓN	L E	1066	RECTA	BUENAS	3264	80	Líquido inorgánica	39	1	Sin daño	COLISION
06/11/2003	OTOÑO	N-122	C. Nacional	243	LANGA DE DUERO	S O	850	CRUCE	BUENAS	3264	80	Líquido inorgánica	39	4	SUELOS	NO ESPECIFICADO
14/11/2003	OTOÑO	N-I	Autovía	238,6	CORTES	B U	936	CRUCE	BUENAS	2078	60	Disociante de tolueno	41	1	Sin daño	COLISION
10/01/2004	INVIERNO	A-1	Autovía	152	FUENTESPIÑA	B U	861	CRUCE	BUENAS	1977	30	Nitrógeno liq. o	9	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
02/03/2004	INVIERNO	SAV-33	C. Provincial	0,85	TENEBRÓN	S A	828	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	4	SUELOS	SALIDA POR DISTRACCION
11/05/2004	PRIMAVERA	A-6	Autovía	335	BRAZUELO	L E	996	RECTA	BUENAS	1170	30	Alcohol etílico	15	1	Sin daño	REVENTON DE RUEDA
18/05/2004	PRIMAVERA	A-1	Autovía	230	SARRACÍN	B U	885	CURVA	BUENAS	1965	23	butano	3	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
21/07/2004	VERANO	LE-114	C. Provincial	3,4	LA BAÑEZA	L E	784	CRUCE	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	DISTRACCION
26/07/2004	VERANO	AP-1	Autopista	46	GRISALEÑA	B U	812	RECTA	BUENAS	3082	40	Monomero esterico	16	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
21/09/2004	OTOÑO	A-62	Autovía	107,7	CABEZON	V A	714	RECTA	BUENAS	1263	33	Líquido inflamabl	16	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
22/11/2004	OTOÑO	N-630	C. Nacional	149	SANTOVENIA DE VALDONCINA	L E	817	CRUCE	NIEBLA	1402	423	Carburo de calcio	27	4	SUELOS	CHOQUE
24/12/2004	INVIERNO	CL-117	C. Autonómica	4,37	SALAS DE LOS INFANTES	B U	960	RECTA	LLUVIA	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	NO ESPECIFICADO
10/01/2005	INVIERNO	A-1	Autovía	114,7	BOCEGUILLAS	S G	996	RECTA	NIEBLA	2582	80	Cloruro férrico	39	4	Sin daño	COLISION
21/01/2005	INVIERNO	N-630	C. Nacional	156	ONZONILLA	L E	806	CRUCE	NIEBLA	1202	30	gasoil	16	1	Sin daño	CHOQUE
21/02/2005	INVIERNO	A-1	Autovía	144	PARDILLA	B U	912	CURVA	LLUVIA	3266	60	Líquido inorg corrosivo	39	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
07/03/2005	INVIERNO	A-1	Autovía	110	CASTILLEJO DE MESLEON	S G	1006	RECTA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	COLISION
08/03/2005	INVIERNO	A-1	Autovía	207,5	VILLAMAYOR DE LOS MONTES	B U	934	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	4	SUELOS	NO ESPECIFICADO
26/07/2005	VERANO	AP-1	Autopista	66	AMEYUGO	B U	545	RECTA	BUENAS	1965	23	Gas propano	3	2	Sin daño	COLISION

Capítulo 5: Desarrollo del modelo matemático de costes ambientales

FECHA	ESTACIÓN	ID	TIPO DE VÍA	P. KM	MUNICIPIO	P V	ALTIMETRÍA	TIPO DE ZONA	CLIMATOLÓGIA	Nº NU	Nº PELIGRO	PRODUCTO	GRUPO	P e	DAÑOS AMBIENTALES	CAUSA DEL ACCIDENTE
20/09/2005	VERANO	AP-6	Autopista	70	EL ESPINAR	SG	1300	RECTA	BUENAS	1951	40	Argón liq refriger.	9	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
05/10/2005	OTOÑO	A-2	Autovía	164,9	ARCOS DE JALÓN	SO	900	RECTA	BUENAS	1230	336	metanol	16	6	ATMOSFERICA	NO ESPECIFICADO
05/10/2005	OTOÑO	N-111	C. Nacional	190,5	ALMAZAN	SO	953	CURVA	VIENTO	1230	336	metanol	16	6	Sin daño	NO ESPECIFICADO
14/10/2005	OTOÑO	AP-1	Autopista	12,8	QUINTANA PALLA	BU	911	CURVA	BUENAS	1956	60	Argón con CO2	8	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
24/11/2005	OTOÑO	N-620	Autovía	228	CASTELLANOS DE MORISCOS	SA	839	RECTA	VIENTO	1789	80	Ácido clorhídrico	42	4	Sin daño	FISURA EN DEPÓSITO
15/12/2005	OTOÑO	LE-s/n	C. Provincial	5,9	CORULLON	LE	774	CURVA	LLUVIA	1202	30	gasoil	16	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
16/01/2006	INVIERNO	CL-505	C. Autonómica	21,85	EL HERRADON	AV	1340	CRUCE	BUENAS	1202	30	gasoil	16	4	SUELOS	NO ESPECIFICADO
14/02/2006	INVIERNO	N-630	C. Nacional	311	TOPAS	SA	853	RECTA	NIEBLA	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	CHOQUE
28/02/2006	INVIERNO	CAMIÑO	Local	0,6	FUENTESAUCO	ZA	803	CRUCE	BUENAS	1965	23	Gas propano	3	1	Sin daño	SALIDA CALZADA
15/05/2006	PRIMAVERA	N-234	C. Nacional	304,5	CIRIA	SO	1005	RECTA	BUENAS	1001	239	Acetileno	14	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
07/06/2006	PRIMAVERA	ZA-P-2662	C. Provincial	2,1	TRECIACO	ZA	1055	CRUCE	BUENAS	1999	18	Emulsión alquitrán	18	4	HIDRICA	VUELCO
27/06/2006	VERANO	A-2	Autovía	147	MEDINACEL	SO	1076	CURVA	BUENAS	1.294	33	Xileno	16	4	Sin daño	CHOQUE
11/07/2006	VERANO	N-120	C. Nacional	431	VILLADECANES	LE	486	CURVA	BUENAS	29	80	explosivo	1	2	Sin daño	VUELCO
17/07/2006	VERANO	CL-631	C. Autonómica	20,5	TORENO	LE	730	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	COLISION
25/08/2006	VERANO	CL-536	C. Autonómica	1,15	PONFERRADA	LE	490	CRUCE	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	NO ESPECIFICADO
06/10/2006	OTOÑO	N-525	C. Nacional	84,5	CASTRO DE SANABRIA	ZA	928	RECTA	BUENAS	1789	80	Ácido clorhídrico	42	4	Sin daño	FALLO EN VALVULA DE DESCARGA
16/10/2006	OTOÑO	Casco urbano	Local	1	SALAMANCA	SA	843	CRUCE	VIENTO	1203	33	gasolina	16	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
20/10/2006	OTOÑO	CL-527	C. Autonómica	1,5	ZAMORA	ZA	629	RECTA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
06/11/2006	OTOÑO	CL-602	C. Autonómica	5,2	TORO	ZA	704	CRUCE	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	VUELCO
28/12/2006	INVIERNO	A-62	Autovía	289,7	FUENTE DE SAN ESTEBAN	SA	772	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	COLISION POR NO ESTAR CON LUCES EL VEHICULO DEL ARGEN
18/01/2007	INVIERNO	AP-66	Autopista	89	SENA DE LUNA	LE	1192	CURVA	NIEBLA	2031	80	Ácido nítrico	39	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
30/01/2007	INVIERNO	AP-1	Autopista	31	PRADANOS DE BUREBA	BU	805	CURVA	BUENAS	2209	80	Formaldehídos en solución	36	1	Sin daño	INCENDIO EN RUEDA
19/10/2007	OTOÑO	N-122	C. Nacional	393	TORDESILLAS	VA	693	CURVA	LLUVIA	1202	30	gasoil	16	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
23/10/2007	OTOÑO	A-62	Autovía	190,5	ALAEJOS	VA	798	RECTA	BUENAS	1760	80	Líquido corrosivo	39	4	Sin daño	CHOQUE
19/11/2007	OTOÑO	AP-66	Autopista	102	BARRIOS DE LUNA	LE	1070	CURVA	LLUVIA	1202	30	gasoil	16	4	Sin daño	VUELCO
29/11/2007	OTOÑO	N-620	C. Nacional	330,7	CARPIO DE AZABA	SA	671	RECTA	BUENAS	1760	100	Ácido sulfúrico	42	1	Sin daño	COLISIÓN
24/12/2007	INVIERNO	AV-P-116	C. Provincial	16	DONJIMENO	AV	886	RECTA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	4	Sin daño	VUELCO
22/01/2008	INVIERNO	A-231	Autovía	95	VILLAHERREROS	PA	857	RECTA	BUENAS	1791	80	Hipoclorito en solución	39	4	Sin daño	NO ESPECIFICADO
27/02/2008	INVIERNO	BU-30	Autovía	0,2	BURGOS	BU	960	CURVA	BUENAS	3082	30	Fertilizante	39	4	Sin daño	COLISION
07/03/2008	INVIERNO	A-62	Autovía	264,9	CALZADA DE DON DIEGO	SA	820	RECTA	HIELO	2078	60	Disocianato de tolueno	41	2	Sin daño	VUELCO

Capítulo 5: Desarrollo del modelo matemático de costes ambientales

FECHA	ESTACION	ID	TIPO DE VIA	P. KM	MUNICIPIO	P V	ALTIMETRIA	TIPO DE ZONA	CLIMATOL OGIA	Nº NU	Nº PELIGRO	PRODUCTO	GRUPO	P e	DAÑOS AMBIENTALES	CAUSA DEL ACCIDENTE
29/01/2009	INVIERNO	A-66	Autovía	204,9	VILLABRÁZARO	Z A	779	CURVA	BUENAS	3077	90	óxido de zinc	39	1	Sin daño	AERIA EMBRAGUE
06/02/2009	INVIERNO	CL-631	C. Autonómica	62,8	VILLABLINO	L E	967	CURVA	NIEVE	1202	30	gasoil	16	4	SUELOS	VUELCO
09/02/2009	INVIERNO	A-231	Autovía	37	EL BURGO RANERO	L E	883	RECTA	BUENAS	1977	22	Nitrógeno liq. refriger	9	4	ATMOSFERA	SALIDA DE CALZADA
02/03/2009	INVIERNO	N-610	C. Nacional	99	CASTROGONZALO	Z A	744	CURVA	BUENAS	1263	33	disolvente y cola	36	4	Sin daño	CAIDA CARGA EN FRENADA DEBIDO AL MAL ACONDICIONAMIENTO DE ELA
30/03/2009	PRIMAVERA	A-52	Autovía	55,66	MOMBUEY	Z A	909	CURVA	BUENAS	3082	90	dilaurato de dibutilestano	37	2	Sin daño	COLISION CON TURISMO POR DISTRACCION DEL CONDUCTOR DEL TURISMO
05/05/2009	PRIMAVERA	AP-1	Autopista	62	AMEYUGO	B U	631	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	4	SUELOS	COLISION CON UN AUTOBUS
20/05/2009	PRIMAVERA	A-6	Autovía	113,3	GUTIERREZ-MUÑOZ	A V	882	RECTA	LLUVIA	1824	80	líquidos corrosivos y tóxicos	39	4	SUELOS	COLISION
13/06/2009	PRIMAVERA	A-60	Autovía	325	CIUDAD RODRIGO	S A	620	RECTA	TORMENTA	1789	8	ácido clorhídrico	42	1	Sin daño	AVERIA EN CISTERNA
03/08/2009	VERANO	A-231	Autovía	35	EL BURGO RANERO	L E	876	RECTA	BUENAS	1866	33	Resina	15	4	Sin daño	FUGA DE RESINA PERO NO SABEMOS CAUSA
02/09/2009	VERANO	A-231	Autovía	14	SANTAS MARTAS	L E	786	RECTA	BUENAS	1307	33	Xileno	16	2	Sin daño	SALIDA CALZADA
18/11/2009	OTOÑO	A-6	Autovía	144,4	ATAQUINES	V A	799	RECTA	NIEBLA	3082	90	dilaurato de dibutilestano	37	4	SUELOS	VUELCO
12/01/2010	INVIERNO	ZA-125	C. Provincial	21,83	MUELAS DE LOS CABALLEROS	Z A	865	CURVA	LLUVIA	1202	30	Gasoil	16	4	SUELOS	VUELCO
19/02/2010	INVIERNO	A-52	Autovía	28	CAMARZANA DE TERA	Z A	765	RECTA	BUENAS	3077	40	Herbicida	20	1	Sin daño	AVERIA MOTOR
04/05/2010	PRIMAVERA	A-52	Autovía	110	LUBIÁN	Z A	1150	CURVA	BUENAS	1791	80	Hipoclorito en solución	39	1	Sin daño	COLISION
07/05/2010	PRIMAVERA	N-631	C. Nacional	32,1	FERRERAS DE ABAJO	Z A	800	CRUCE	BUENAS	1965	23	Hydrocarburos gaseosos	3	2	Sin daño	COLISION
01/06/2010	PRIMAVERA	A-62	Autovía	46,6	VILLORODRIGO	P A	800	RECTA	NUBLADO	2582	80	Cloruro férrico	39	4	SUELOS	VUELCO
07/06/2010	PRIMAVERA	A-231	Autovía	44	CALZADA DEL COTO	L E	831	RECTA	BUENAS	2881	40	Catalizador de metal	39	2	Sin daño	VUELCO
28/07/2010	VERANO	A-6	Autovía	226	COTANES DEL MONTE	Z A	718	RECTA	BUENAS	1263	30	Pintura	16	2	Sin daño	VUELCO
29/07/2010	VERANO	A-67	Autovía	81	HERRERA DE PISUERGA	P A	885	RECTA	BUENAS	1791	80	Hipoclorito en solución	39	1	Sin daño	NO ESPECIFICADO
09/08/2010	VERANO	A-66	Autovía	199,4	MATILLA DE ARZÓN	Z A	750	CURVA	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	1	Sin daño	REVENTON DE NEUMATICO
07/10/2010	OTOÑO	A-52	Autovía	24,6	SANTA MARTA DE TERA	Z A	776	RECTA	BUENAS	1017	265	Cloro	12	1	Sin daño	REVENTON DE NEUMATICO
25/10/2010	OTOÑO	CL-527	C. Autonómica	16,5	PERERUELA	Z A	764	CRUCE-CAMINO	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	2	Sin daño	COLISION
13/11/2010	VERANO	AV-502	C. Provincial	29,5	CEBREROS	A V	625	CURVA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	2	Sin daño	VUELCO
22/01/2011	INVIERNO	A-6	Autovía	262,8	BENAVENTE	Z A	754	RECTA	BUENAS	1173	33	Acetano de etileno	17	1	Sin daño	AVERIA SISTEMA FRENOS
11/02/2011	INVIERNO	BU-30	Autovía	9	SAN MAMES DE BURGOS	B U	857	RECTA	BUENAS	1202	30	gasoil	16	1	Sin daño	ACCIDENTE CON TURISMO, CISTERNA VACIA

FECHA	ESTACIÓN	ID	TIPO DE VÍA	P. KM	MUNICIPIO	P V	ALTIMETRÍA	TIPO DE ZONA	CLIMATOLÓGIA	Nº NU	Nº PELI GRO	PRODUCTO	GRUPO	P e	DAÑOS AMBIENTALES	CAUSA DEL ACCIDENTE
21/03/2011	PRIMAVERA	BU-30	Autovía	2	BURGOS	B U	930	CURVA	BUENAS	1978	23	Propano	3	3	Sin daño	FUGA DE LA CISTERNA
27/07/2011	VERANO	A-6	Autovía	170	RUEDA	V A	750	RECTA	BUENAS	2795	80	Electrolit o líquido alcalino	39	3	SUELOS	REVENTON SUSPENSION; DERRAME DE ACIDO
29/08/2011	VERANO	A-6	Autovía	354	VILLAGATON	L E	955	CURVA	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	3	SUELOS	CAMION VOLCADO FUGA
13/09/2011	VERANO	VA-113	C. Provincial	5	VALLADOLID	V A	685	CRUCE	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	2	Sin daño	COLISION CON VEHICULOS; SIN DERRAME
26/09/2011	OTOÑO	VA-20	Autovía	3	VALLADOLID	V A	711	CRUCE	BUENAS	1202	30	Gasoil	16	2	Sin daño	COLISION CON VEHICULOS; SIN DERRAME
11/11/2011	OTOÑO	N-234	C. Nacional	367	CIDONES	S O	1080	RECTA	BUENAS	1965	23	Gas propano	3	3	Sin daño	ROTURA POSIBILIDAD DE INHALACION O EXPLOSION, EVACUARON CASAS CERCANAS

Tabla 58- Base de datos de accidentes

La variable de las causas del accidente se ha incluido en la base de datos para información adicional y entender por qué en esas circunstancias se produjo el accidente. Vemos que en algunos de los accidentes se desconoce esa información, ya que no se incluía en el parte del accidente. Se observa cómo hay casos aislados de incidentes, como es una avería en la llave de descarga y otros anecdóticos como la picadura que una avispa le produjo a un conductor cuando esta entró por la ventana mientras conducía.

Para poder identificar algunos campos no recogidos en los partes de accidente como son cota altimétrica, y tipo de zona se ha procedido mediante el uso del visor SIGPAC ya sea el perteneciente al Ministerio de Agricultura (Ministerio de Agricultura, 2013) o en su defecto el de la Junta de Castilla y León (Junta Castilla y León, 2013). Para obtener estos datos partimos de los siguientes campos del parte de accidente, procediendo del siguiente modo, buscar el municipio, luego la vía del accidente, punto kilométrico y una vez localizado se recogen los datos buscados.

Partimos de la base realizada por (Arranz, et al., 2013).

A medida de ejemplo se muestra la adquisición de los datos de uno de los accidentes. Esto se repite para cada uno de los ficheros citados.

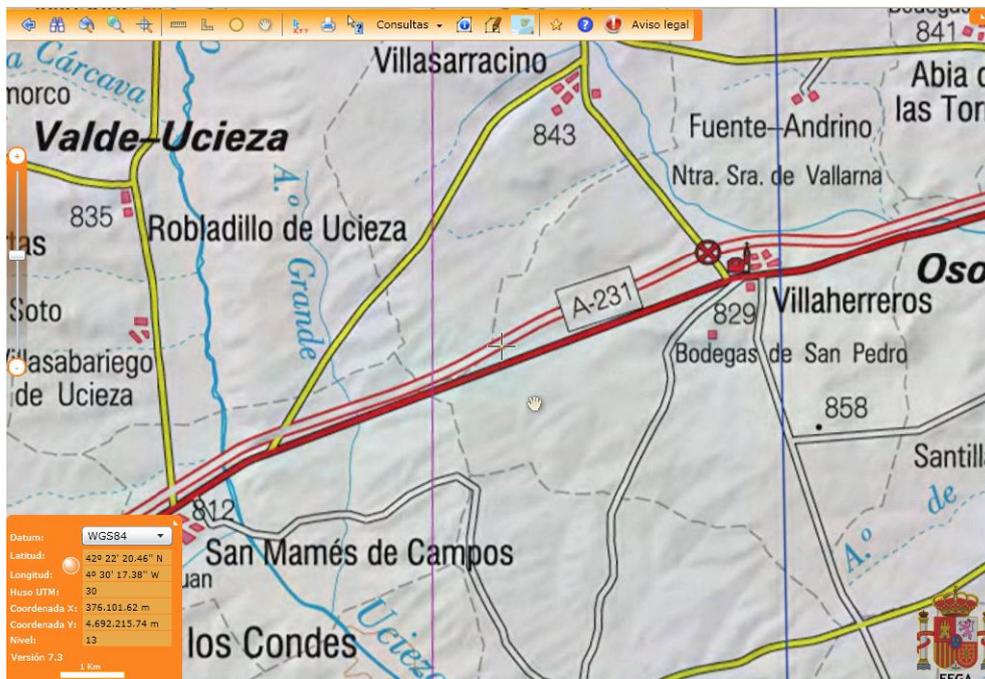


Ilustración 70- Localización municipio del accidente.

La primera de las imágenes (figura 4.4) nos muestra la ubicación en el mapa del accidente, mostrando el municipio en el que está localizado. El caso elegido como ejemplo acaeció el 22 de enero de 2008 en el término municipal de Villaherreros (Palencia), sobre la autovía A-231, en el punto kilométrico 95.A continuación vemos el punto exacto del accidente y las curvas de nivel de las que obtendremos la altimetría:

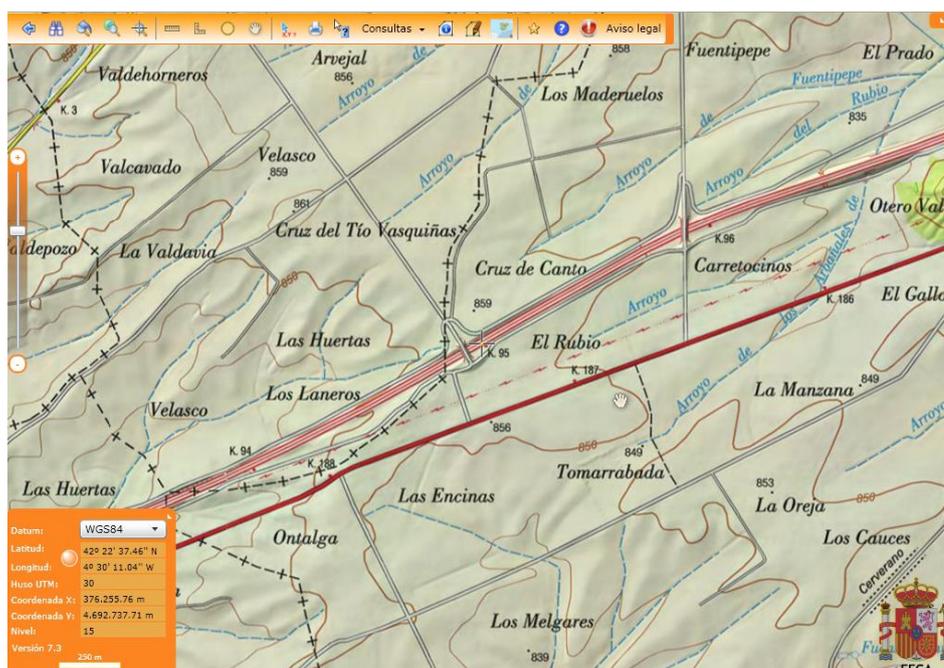


Ilustración 71- Localización exacta del accidente y cotas altimétricas

Como se puede apreciar en la figura 4.5, en la autovía viene reflejado tanto punto kilométrico, como la cota altimétrica que corresponde a un valor comprendido entre los 850 a 856m. La tercera es la ortofoto (figura 4.6) del lugar como de muestra pudiendo discernir en este caso que se produjo sobre una recta:

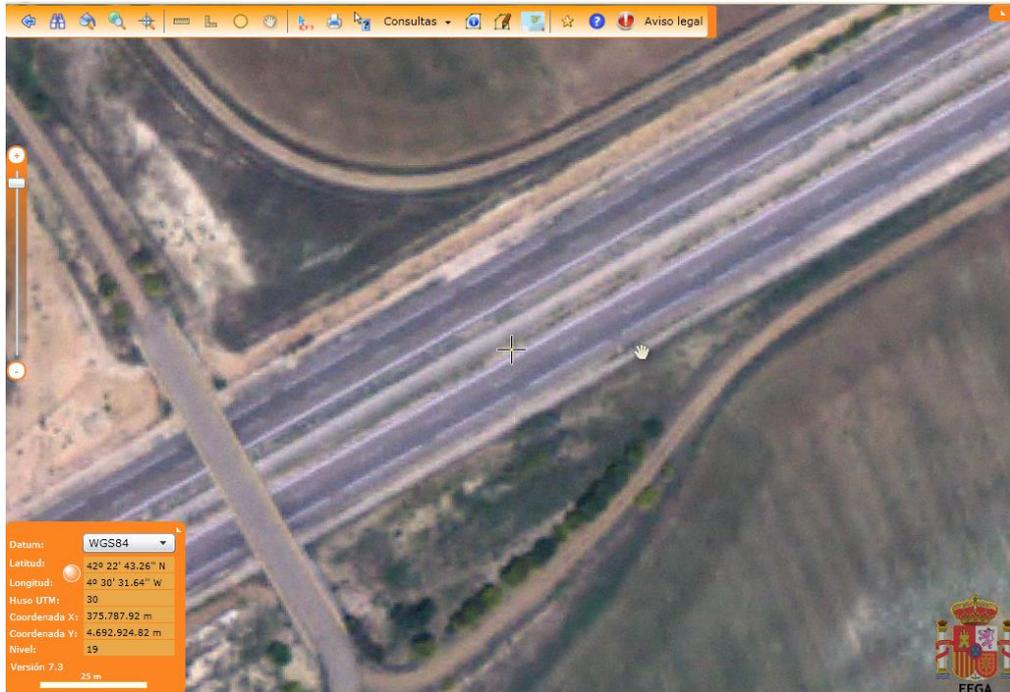


Ilustración 72- Visualización del Lugar del accidente, recta

5.4.2.3. Cálculo de las condiciones climatológicas

En algunos de los partes de los accidentes viene indicado el valor de esta variable ya que se nos indica si es un día nublado, lluvioso, con hielo, etc. pero en otros muchos estos datos no está reflejado. Para obtenerlo recurrimos a la base de datos climatológicos de AEMET (Ministerio Agricultura, 2013) donde, introduciendo la fecha del accidente, nos muestra las condiciones climatológicas de ese día, indicándonos también si llovió o no, junto con la temperatura máxima, media y mínima del día. Con estos datos podemos concluir si las condiciones climatológicas del día del accidente pudieron ser buenas o malas.

5.4.3. Elección y descripción de las sustancias peligrosas a evaluar

Una vez obtenida la base de datos de accidentes registrados en las carreteras de Castilla y León es posible realizar un estudio porcentual para observar cuales son las sustancias peligrosas más involucradas en los accidentes que se han producido en los últimos años.

Mostramos a continuación que sustancias se han visto involucradas en alguno de los accidentes, el número de veces que se ha producido un accidente asociado para cada sustancia y el valor porcentual para tener una idea más clara de la importancia relativa de cada sustancia a la hora de evaluar un accidente asociado al transporte de mercancías peligrosas.

Sustancia peligrosa	Cantidad	%Cantidad Total	% materiales con mayor volumen
gasoll	48	36,090	36,090
alcohol etílico	2	1,504	
hipoclorito solución	4	3,008	3,008
gasollna	4	3,008	3,008
polímeros dilatables	1	0,752	
Oxígeno líquido	1	0,752	
difluoruro	1	0,752	
Gas natural refrigerado	2	1,504	
Selenio metálico	1	0,752	
disocianato de tolueno	3	2,256	
Pirotécnicos	1	0,752	

estireno	1	0,752	
Fueloil	1	0,752	
Ácido clorhídrico	5	3,759	3,759
Butano	5	3,759	3,759
Alquitranes	1	0,752	
Resinas	1	0,752	
Anilina	1	0,752	
Acetato etílico	1	0,751879699	
hidróxido sódico	1	0,752	
Cloro	2	1,504	
Sulfuro de sodio	1	0,752	
Explosivo	2	1,504	
Compuesto de plomo	1	0,752	
Líquido inorgánico	2	1,504	
Nitrógeno liq. Refrigerado	3	2,256	
Monómero éster ácido	1	0,752	
Carburo de calcio	1	0,752	
Líquido inflamable	1	0,752	

Cloruro férrico	2	1,504	
Gas propano	5	3,759	3,759
Argón liq refrigerado	1	0,752	
metanol	2	1,504	
Argón con CO2	1	0,752	
Acetileno	1	0,752	
Emulsión alquitrán	1	0,752	
Xileno	2	1,504	
Formaldehídos en solución	1	0,752	
Líquido corrosivo	2	1,504	
Ácido sulfúrico	1	0,752	
Fertilizantes	1	0,752	
óxido de zinc	1	0,752	
disolvente y cola	1	0,752	
dilaurato de dibutllestaño	2	1,504	
Hidrocarburos gaseosos	1	0,752	
Catalizador de metal	1	0,752	
Herbicida	1	0,752	

Pintura	1	0,752	
Cloro	2	1,504	
Acetano de etileno	1	0,752	
Electrolito líquido alcalino	1	0,752	
Ácido nítrico	2	1,504	
Total	133	100%	53,4%

Tabla 59- Porcentaje sustancias en Castilla y León

Esta misma información tabulada se recoge de forma mucho más visual en el siguiente gráfico circular:

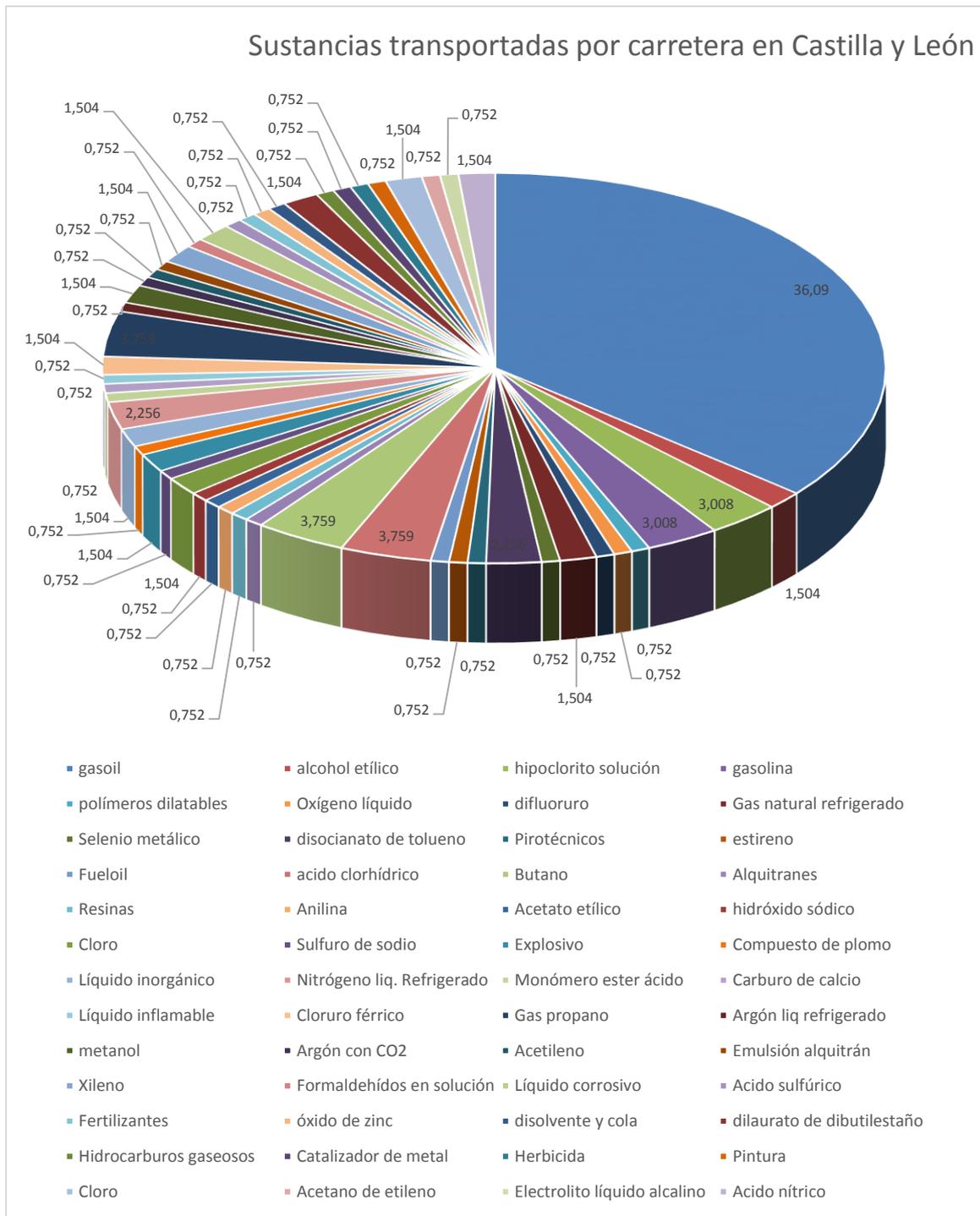


Ilustración 73- Gráfico circular, porcentajes sustancias en Castilla y León. Total

Como se puede observar en la tabla superior, la sustancia involucrada en mayor número de accidentes con mucha diferencia con respecto de las demás es el gasoil. Esta sustancia representa casi un 36,1% de los accidentes totales ocurridos en los últimos años en Castilla y León en los que

estaban asociadas el transporte de mercancías peligrosas. Le siguen otras como el ácido clorhídrico, el butano y el gas propano con un aproximado 3,8% de total cada una de ellas, y finalmente el hipoclorito solución y la gasolina con un 3% del total para cada una de las mismas.

En total, teniendo en cuenta a estas 6 sustancias como ejemplo práctico para nuestro modelo, estaríamos reflejando un 53,4% del total de los accidentes asociados al transporte de mercancías peligrosas. Por este motivo las pruebas realizadas posteriormente relativas al modelo creado harán solamente referencia a estas sustancias citadas, aunque el modelo podría utilizarse para analizar el impacto económico-ambiental de cualquier otra sustancia con la misma facilidad.

Observamos este porcentaje total finalmente considerado en el posterior estudio en el siguiente gráfico circular:

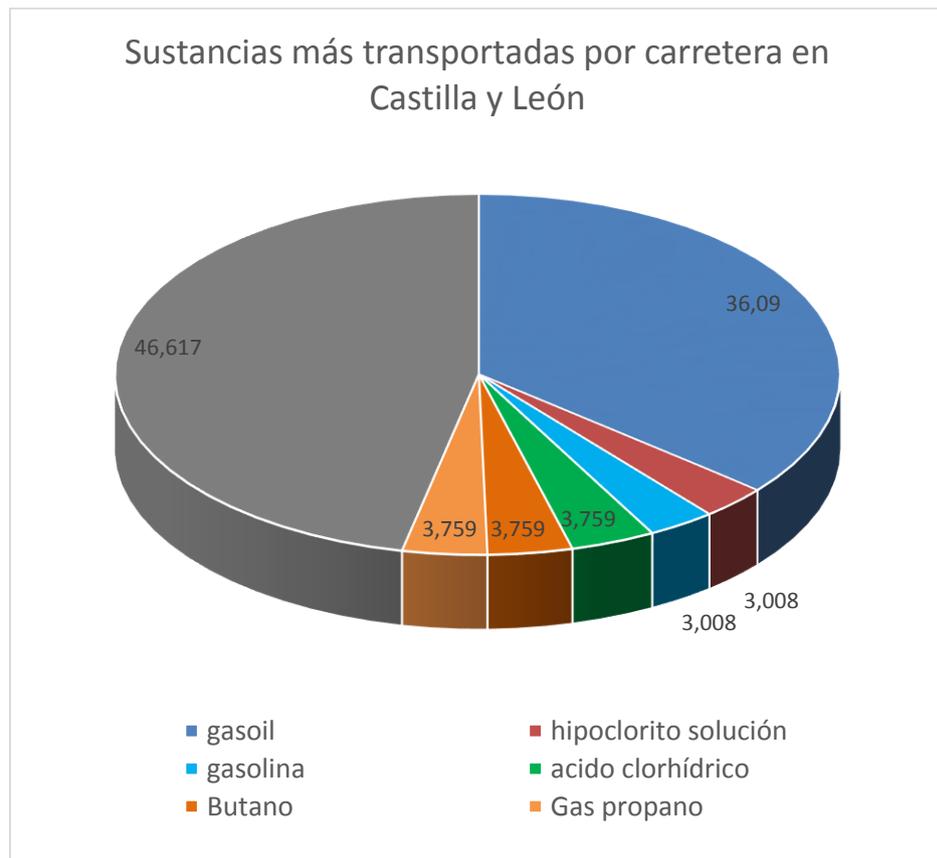


Ilustración 74- Gráfico circular, sustancias más transportadas en Castilla y León

A su vez, consultando el ADR y atendiendo a sus propiedades físico-químicas, estas sustancias pueden reordenarse en los siguientes grupos:

-Gas Butano/Propano: Gases inflamables. (Incluyendo líquidos refrigerados). Grupo 3 ADR.

-Gasoil/Gasolina: Líquidos inflamables no polares/no mezclables. Grupo 16 ADR.

-Hipoclorito solución: Materiales tóxicos y/o corrosivos. (No combustibles). Grupo 39 ADR.

-Ácido clorhídrico: Materiales tóxicos y/o corrosivos. (No combustibles). Grupo 42 ADR.

Estos 4 grupos serán los que sirvan de ejemplo para realizar los cálculos pertinentes una vez sea presentado el modelo práctico.

5.5. Modelo práctico

5.5.1. Introducción

En este apartado se va a desarrollar el modelo práctico con el que se van a realizar los cálculos de costes en el gvSIG.

En él solo se contemplan los costes de tipo ambiental, ya que son los obtenidos a partir del software de sistemas de información geográfica y la parte central del presente proyecto.

Este modelo surge como una primera evolución de los modelos de riesgo expuestos en los capítulos iniciales:

1) Ayala, (1990): $R = P_{HG} \times V_U \times V$, donde:

- R: es el valor del riesgo.
- P: es la probabilidad de ocurrencia.
- Vu: es la vulnerabilidad.
- V: es el valor del bien expuesto.

2) Martínez-Alegría et al. (2003): $R = P_{HG} * G$

Siendo $G = P_e * (R_{mp} + V)$

Por lo tanto, nos quedaría: $R = P_{HG} * P_e * (R_{mp} + V)$

Vemos entonces como en ambos casos se tratan de modelos de riesgo. La idea que surge por lo tanto es la de trasladar los modelos de riesgo a un modelo de coste, en unidades monetarias, el cual compartirá algunos de los términos y parte de la estructura básica de los modelos expuestos.

Se observa en ambos casos la presencia del término “ P_{HG} ” (probabilidad de ocurrencia de accidente), el cual no tendrá cabida en nuestro modelo al ser este un modelo de coste y no de riesgo. Está presente también en los dos modelos el término de “*Vulnerabilidad*”, al que otorgamos una gran importancia en nuestro desarrollo, hablando siempre en términos de vulnerabilidad ambiental. Además, en el modelo propuesto por Ayala vemos también un término que recoge el valor del bien expuesto y esta variable coincide plenamente con cada uno de los mapas de coste que se han desarrollado para las variables ambientales que se recogían en el proyecto VANE. Por último cabe mencionar al término de peligrosidad de accidente “ P_e ”, que también se recoge en el modelo desarrollado a continuación, ya que el coste de un accidente se verá modificado en función de la gravedad de dicho accidente.

Posteriormente este modelo práctico surgido se ampliará utilizando algunos términos más de los modelos de riesgo, surgiendo así un modelo teórico, el cual se desarrollará en el apartado siguiente.

5.5.2. Enunciado y desarrollo del modelo práctico

El modelo es el siguiente:

$$CT_i = K_{P_e} * P_e * \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{17} \left[\left(K_{amb} * V_{intrinseca_j} * V_{extrinseca_{ij}} \right) * Mapa(€)_j \right]$$

Ecuación 10- Ecuación Modelo Práctico

Pudiendo renombrarse del siguiente modo:

$$CT_i = K_{Pe} * P_e * \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{17} \left[\left(K_{amb} * V_{ambiental_{ij}} \right) * Mapa(\text{€})_j \right]$$

Ecuación 11- Ecuación Modelo Práctico renombrado

A continuación pasamos a describir y analizar cada uno de los términos que se encuentran en el modelo.

5.5.2.1. Lista de parámetros:

-*i*: hace referencia a cada una de las posibles sustancias o mercancías peligrosas transportadas.

-*j*: hace referencia a cada uno de los mapas ráster que actúan como variables de interés en nuestro modelo. Estos, contienen los datos monetarios en € / hectárea año para cada uno de los términos ambientales contemplados en el proyecto VANE y que tienen representación para el territorio de la comunidad de Castilla y León.

-*CT_i*: Coste total al que ascenderían los daños en caso de producirse un accidente en el que estuviera involucrada una determinada sustancia o materia peligrosa “*i*”.

-*Pe* (Peligrosidad de accidente): La magnitud de la severidad (*Pe*) para cada situación de emergencia se va a estimar en función del tipo de accidente. Se consideran 5 tipos de accidentes en el transporte de mercancías peligrosas en lo que se refiere a la afección de la materia peligrosa transportada como consecuencia del accidente, asignándose posteriormente un valor numérico a cada tipo de accidente.

Tipos de accidente:

- **Tipo 1:** Avería o accidente en el que el vehículo o convoy de transporte no puede continuar la marcha, pero el continente de las materias peligrosas está en perfecto estado y no se ha producido vuelco.
- **Tipo 2:** Como consecuencia de un accidente el continente ha sufrido desperfectos o se ha producido vuelco del vehículo, pero no existe fuga o derrame del contenido.
- **Tipo 3:** Como consecuencia de un accidente el contenido ha sufrido desperfectos y existe fuga o derrame del contenido.

- Tipo 4: Existen daños o incendio en el continente y fugas con llamas en el contenido.
- Tipo 5: Explosión del contenido destruyendo el continente.

Los valores de peligrosidad (P_e) asignados a cada uno de los diferentes tipos de posible accidente son los siguientes:

Tipo de accidente	Valoración de Peligrosidad " P_e "	$K_{P_e} * P_e$
1	1	$1/6 * 1 = 1/6$
2	2	$1/6 * 2 = 1/3$
3	4	$1/6 * 4 = 2/3$
4	6	$1/6 * 6 = 1$
5	6	$1/6 * 6 = 1$

Tabla 60- Valores de Peligrosidad de accidente

Este factor, por otra parte, no entrará directamente como un atributo de las unidades espaciales, sino como un factor multiplicador de la gravedad. Es decir, la peligrosidad (P_e) no está relacionada con el territorio, sino que es un valor asociado al tipo de accidente, y su valor será constante a lo largo del espacio. Además en un estudio predictivo tomará en todos los casos el máximo valor. (Es decir, en las pruebas realizadas con el SIG el valor asignado a P_e será siempre 1).

-1/4: la constante multiplicadora hace referencia a la transformación entre los datos económicos aportados por el Proyecto VANE y el valor que le aportamos a cada unidad de píxel en formato ráster. El motivo de este factor constante se debe a que los valores aportados por el VANE tienen unas unidades en €/ hectárea año, mientras que nuestra unidad espacial o píxel posee unas dimensiones de 50 x 50 metros. Esta cifra por lo tanto asciende a un total de 25.000 m^2 , y teniendo en cuenta que una hectárea son 100.000 m^2 es necesario reconvertir los datos VANE sabiendo que en nuestro modelo cada unidad es un cuarto de hectárea.

-Vulnerabilidad ambiental: La evaluación de la vulnerabilidad ambiental (" V_a ") se realiza en función de las características del área donde se realicen emisiones de sustancias potencialmente contaminantes y sus previsibles efectos. En el presente estudio este concepto se ha desarrollado a partir de elemento vulnerable "Usos y aprovechamiento del suelo" tal y como en el modelo de valoración de activos naturales en España. En él se consideran la vegetación y los tipos diferentes de aprovechamiento que

podiera haber presentes en cada zona. Para este elemento vulnerable se define a su vez dos índices de vulnerabilidad:

1) **Vulnerabilidad intrínseca ($V_{intrinseca_j}$):** que define lo vulnerable que es cada elemento independientemente de la sustancia que se transporte y por la que se pudiera verse afectada. Esta fragilidad o vulnerabilidad intrínseca (V_i) de los factores ambientales se ha estimado, de un modo empírico, con criterios similares a los que se emplean para determinar los impactos ambientales en las matrices de evaluación, es decir, por sus rarezas, por su capacidad de recuperación, su reversibilidad, grado de dependencia humana de su uso, etc. y será una diferente para cada variable de mapa ambiental. Este índice variará entre 0 y 4.

Como datos de partida contamos con los valores de vulnerabilidad intrínseca reflejados en el estudio Martínez-Alegría et al. (2003). Estos valores los mostramos a continuación:

CODE_00	KEY_CORINE	Vint
211	Tierras de labor en secano	1
212	Cultivos herbáceos en regadío	3
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanente	2
332	Roquedo	1
312	Pináceas	3
313	Bosque mixto	3
311	Caducifolio	4
334	Zonas quemadas	1
512	Acumulación de agua	2
511	Curso de agua	2
244	Sistemas agro-forestales	2
243	Extensión agrícola, vegetación natural	4
242	Mosaico de cultivos	2
411	Pantanos interiores	2
221	Viñedos	3
222	Frutales	3
223	Olivares	2
323	Vegetación esclerófila	2
324	Matorral boscoso de transición	2
321	Otros pastizales	1
322	Sabinares y enebrales	3
231	Pastizales	2

Tabla 61- Vulnerabilidades Intrínsecas para registros Leyenda Corine

En el modelo práctico desarrollado tendremos un índice de vulnerabilidad intrínseca para cada una de las variables ambientales que se recogen en el proyecto VANE, es decir, un valor para cada uno de los mapas ráster obtenidos en el apartado anterior.

A continuación se explicará detalladamente el proceso para obtener el valor de la vulnerabilidad intrínseca para uno de los mapas y posteriormente se mostrarán los valores y tablas para la totalidad de los mapas restantes.

Vulnerabilidad intrínseca para la variable “Producción de madera”:

El procedimiento para obtener la vulnerabilidad ambiental es el siguiente: hay que tener en cuenta que cada uno de los mapas está formado por unidades espaciales cuyos atributos son los diferentes registros de la Leyenda *Corine*. Estos registros son precisamente los datos de los que partimos, por lo que ponderaremos cada uno de estos registros según su área de ocupación en el mapa que corresponda en cada caso.

Se muestra a continuación el proceso detallado para la variable “Producción de madera” (para el resto de variables consultar anexo “VULNERABILIDAD”):

CODE_00	KEY_CORINE	VANE_MADER	V.MADE_EUR	Vulnerabilid. Intrínseca	AREA
211	Tierras de labor en secano		0,00		395,699
212	Cultivos herbáceos en regadío		0,00		1249,469
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanente		0,00		147,168
312	Pináceas	Bosque de plantación	133,23	0,175	2489,783
313	Bosque mixto	Bosque	20,85	0,003	47,070

Capítulo 5: Desarrollo del modelo matemático de costes ambientales

311	Caducifolio	Bosque	20,85	1,650	17585,989
512	Acumulación de agua		0,00		132,893
244	Sistemas agro-forestales	Mosaico arbolado	31,84	0,010	223,067
243	Extensión agrícola, vegetación natural		0,00		685,112
242	Mosaico de cultivos		0,00		1599,669
221	Viñedos		0,00		3441,843
222	Frutales		0,00		225,724
223	Olivares		0,00		33,989
323	Vegetación esclerófila	Mosaico arbolado	31,84	0,016	246,955
324	Matorral boscoso de transición	Mosaico arbolado	31,84	0,114	2425,299
321	Otros pastizales		0,00		120,151
322	Sabinares y enebrales	Bosque	20,85	1,381	19622,254
231	Pastizales		0,00		27,308
Suma ÁreaTotal				42640	

Vuln.Total				3,345	
-------------------	--	--	--	-------	--

Tabla 62- Procedimiento Vulnerabilidad Intrínseca

Como se puede observar en la tabla, sumamos todos las áreas de aquellos registros del VANE que tienen cabida en la variable “Producción de madera”, obteniendo finalmente el área total para los campos considerados. Es decir:

$$\sum_{j=0}^n Area_{parcial_j} = Area_{total}$$

Ecuación 12- Fórmula Área parcial

Ejemplo para producción de madera:

$$2489,783+47,070+17585,989+223,067+246,955+2425,299+19622,254=42640$$

Por ejemplo, para el registro Pináceas, se tiene que en el mapa inicial de usos del suelo este ocupa una extensión de 2489,784 hectáreas, con esta cifra, junto con el valor de la vulnerabilidad intrínseca de este registro 3 (reflejado en la tabla anterior) y el de la suma total, procedemos a realizar una ponderación para hallar la vulnerabilidad parcial de este registro. Es decir:

$$V_{intrinseca(parcial_ponderada)_j} = V_{intrinseca(parcial)_j} * \frac{Area_{parcial_j}}{Area_{total}}$$

Ecuación 13- Fórmula Vulnerabilidad intrínseca parcial ponderada

Empleamos la ecuación anterior para cada uno de los registros de la leyenda *Corine* que tienen cabida en la variable “Producción de madera”. Un ejemplo de esto, para “Pináceas”, sería:

$$3 * \frac{2489,784}{42640} = 0,175$$

El resto de vulnerabilidades intrínsecas parciales se pueden observar en la tabla. Una vez obtenidas cada una de ellas, se suman, obteniéndose la

vulnerabilidad intrínseca total para la variable ambiental o mapa considerado.

Ejemplo para “Producción de madera”:

$$0,175 + 0,003 + 1,650 + 0,010 + 0,012 + 0,114 + 1,380 = 3,345$$

Vulnerabilidad intrínseca para cada una de las variables ambientales.

Se muestran a continuación de forma tabulada el resto de valores de vulnerabilidad intrínseca para cada uno de los mapas ráster obtenidos anteriormente:

Variable ambiental	Vulnerabilidad intrínseca
Madera	3,345
Leña	3,248
Piñones	3,248
Hongos	3,348
P.Agraria	2,708
P.Ganadera	3,348
P.A.U.Agricola	3,245
P.A.U.Industrial	3,248
P.A.U.Doméstico	3,248
P.A.U.Energético	3,267
Serv.Recre.Int	3,248
Caza Menor	2,533
Caza Mayor	3,288
Con.Erosión	3,276
T.V.A.Cont	3,267
C.C.A.Forest	3,288
C.C.Matorral	3,336
C.D.Biológica	3,276

Tabla 63- Vulnerabilidad Intrínseca para registros VANE

2) Vulnerabilidad extrínseca o externa ($V_{extrinseca_{ij}}$): vulnerabilidad de cada mapa o variable ambiental frente al tipo de sustancia involucrada en el accidente del transporte de dicha sustancia peligrosa, por lo que habrá un

valor diferente para cada pareja de sustancia-mapa. Así un elemento acuífero tendrá valores muy altos de V_e frente al vertido de una sustancia tóxica, pero en cambio adoptará valores muy bajos frente a un explosivo.

Como datos de partida contamos con los valores de vulnerabilidad intrínseca reflejados en el estudio Martínez-Alegría et al. (2003). Para nuestro estudio necesitamos un valor de vulnerabilidad extrínseca por cada uno de los diferentes mapas o variables ambientales del modelo VANE, pero como en el caso de la vulnerabilidad intrínseca vista anteriormente, nosotros partimos de los valores asociados a los registros de las tablas *Corine*. Por lo tanto, existirá un valor diferente para cada pareja registro *Corine* - Sustancia transportada. Estos valores los mostramos a continuación:

CORINE_2000	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
1.2.1	2	1	2	2	2	2	3	1	1	2	3
1.3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
1.4.1	4	3	4	4	4	4	4	2	3	3	4
2.1.1	2	2	2	2	2	3	2	0	0	1	1
2.1.2	1	1	1	1	2	3	2	0	1	0	2
2.2.1	1	1	2	2	2	3	2	0	1	0	2
2.2.2	1	1	1	1	3	3	3	0	1	0	2
2.2.3	2	2	2	2	2	3	2	0	1	0	2
2.4.2	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	2
2.4.4	2	2	2	2	2	3	2	0	0	1	1
3.2.3	2	1	1	1	2	2	0	0	0	3	1
3.1.1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	3	1
3.1.1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	3	1
3.1.2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	4	1
4.2.2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	3	1
3.1.3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	3	1
2.3.1	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	1
3.2.1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
3.2.4	2	2	2	2	2	2	2	0	0	1	0
3.2.3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
3.2.4	2	2	2	2	2	2	2	0	0	1	0
3.3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.5	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
4.1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 64- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 1-11

CORINE_2000	M1 2	M1 3	M1 4	M1 5	M1 6	M1 7	M1 8	M1 9	M2 0	M2 1	M2 2
1.2.1	3	2	1	2	2	2	2	2	3	2	3
1.3.1	2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1.4.1	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
2.1.1	1	1	0	2	2	3	3	4	3	2	4
2.1.2	2	2	1	2	2	3	3	4	3	2	4
2.2.1	2	2	1	2	2	3	3	4	3	2	4
2.2.2	2	2	1	3	3	3	3	4	2	3	4
2.2.3	2	2	1	2	2	3	3	4	2	2	4
2.4.2	1	1	1	2	2	3	3	4	3	2	4
2.4.4	2	2	0	2	2	3	3	4	3	2	4
3.2.3	4	0	0	4	4	4	4	4	1	3	3
3.1.1	4	0	0	3	3	3	3	3	3	2	2
3.1.1	4	0	0	3	3	3	3	3	3	2	2
3.1.2	4	0	0	4	4	4	4	4	4	3	3
4.2.2	4	0	0	3	3	3	3	3	3	2	2
3.1.3	4	0	0	3	3	3	3	3	3	2	2
2.3.1	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1
3.2.1	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1
3.2.4	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2
3.2.3	1	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1
3.2.4	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2
3.3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.5	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
4.1.2	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1

Tabla 65- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 12-22

CORINE_2000	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33
1.2.1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
1.3.1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1.4.1	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
2.1.1	4	3	4	3	3	3	2	3	3	3	3
2.1.2	4	3	4	3	4	4	2	3	4	4	4
2.2.1	4	3	4	3	3	3	2	3	4	4	4
2.2.2	4	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3
2.2.3	4	3	4	2	3	3	2	3	3	3	3

2.4.2	4	2	4	3	3	3	2	3	3	3	3
2.4.4	4	3	4	3	3	3	2	3	2	2	2
3.2.3	3	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4
3.1.1	2	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4
3.1.1	2	2	2	1	2	3	3	3	4	4	4
3.1.2	3	3	3	2	2	4	4	4	4	4	4
4.2.2	2	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4
3.1.3	2	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4
2.3.1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
3.2.1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
3.2.4	2	1	1	1	2	2	2	3	1	1	1
3.2.3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
3.2.4	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1
3.3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
4.1.2	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	2

Tabla 66- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 23-33

CORINE_20	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M4	M4	M4	M4	M4
00	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
1.2.1	3	3	0	0	3	3	3	3	3	0	0
1.3.1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
1.4.1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2
2.1.1	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	0
2.1.2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	0
2.2.1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	0
2.2.2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	0
2.2.3	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	0
2.4.2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	0
2.4.4	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	0
3.2.3	4	4	0	1	2	0	3	2	0	1	0
3.1.1	4	4	0	1	1	0	2	1	0	1	0
3.1.1	4	4	1	1	1	1	2	1	0	2	0
3.1.2	4	4	0	1	2	0	3	2	0	1	0
4.2.2	4	4	0	1	2	0	3	2	0	1	0
3.1.3	4	4	0	1	2	0	3	2	0	1	0
2.3.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	0
3.2.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	0

3.2.4	1	0	1	0							
3.2.3	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
3.2.4	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	0
3.3.2	0	1	0								
3.3.3	0	0	1	0							
3.3.4	0										
3.3.5	1	0									
4.1.2	0	1	2	0							

Tabla 67- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 34-44

CORINE_2000	M45	M46	M47	M48	M49	M50	M51	M52	M53
1.2.1	0	0	0	0	0	0	3	2	0
1.3.1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1.4.1	2	2	2	3	3	3	4	3	2
2.1.1	1	1	1	2	3	3	3	4	2
2.1.2	2	1	2	2	3	3	3	4	2
2.2.1	2	1	2	2	3	3	3	4	2
2.2.2	2	1	2	2	3	3	3	4	2
2.2.3	1	1	1	2	3	3	3	4	2
2.4.2	1	1	1	2	3	3	3	4	2
2.4.4	0	1	1	2	3	3	3	4	2
3.2.3	0	2	2	2	2	2	2	2	1
3.1.1	0	2	2	2	2	2	2	2	1
3.1.1	1	2	2	2	2	2	2	3	1
3.1.2	0	2	2	2	2	2	2	3	1
4.2.2	0	2	2	2	2	2	2	2	1
3.1.3	0	2	2	2	2	2	2	2	1
2.3.1	0	2	2	2	2	2	2	2	0
3.2.1	0	2	2	2	2	2	2	2	0
3.2.4	0	1	1	2	2	2	2	1	0
3.2.3	0	1	1	2	2	2	2	1	0
3.2.4	0	1	1	2	2	2	2	1	0
3.3.2	0	0	0	1	2	1	1	0	0
3.3.3	0	0	0	1	2	1	1	0	0
3.3.4	0	0	0	1	2	1	1	1	0
3.3.5	0	0	0	1	2	1	1	1	0
4.1.2	0	0	1	2	2	2	2	1	0

Tabla 68- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 45-53

Haciendo la primera columna referencia a cada uno de los registros de la Leyenda *Corine* 2000, y cada una de las restantes “M_” al grupo de sustancias con la que enfrentamos a los mismos. A continuación se puede ver la clasificación existente de acuerdo con el “Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera” (ADR):

Tipos Clases ADR	Grupos de comportamiento homogéneo
EXPLOSIVOS	1.- EXPLOSIVOS CLASES A, B y D.
	2.- EXPLOSIVOS CLASE C y AGENTES EXPLOSIVOS.
GASES	3.- GASES INFLAMABLES (Incluyendo líquidos refrigerados).
	4.- GASES INFLAMABLES INESTABLES.
	5 - GASES INFLAMABLES TÓXICOS.
	6.- GASES INFLAMBLES TÓXICOS (Peligro extremo).
	7.- GASES INFLAMABLES CORROSIVOS.
	8.- GASES INERTES.
	9.- GASES INERTES (Incluyendo líquidos refrigerados).
	10.- GASES OXIDANTES (Incluyendo líquidos refrigerados).
	11.- GASES TÓXICOS y/o CORROSIVOS.
	12.- GASES TÓXICOS y/o CORROSIVOS OXIDANTES.
	13.- GASES CORROSIVOS.
	14.- GASES COMPRIMIDOS o LICUADOS (Incluyendo líquidos refrigerados).
	LÍQUIDOS INFLAMABLES
16.- LÍQUIDOS INFLAMABLES NO POLARES.	
17.- LÍQUIDOS INFLAMABLES POLARES Y NOCIVOS.	
18.- LÍQUIDOS INFLAMABLES NO POLARES Y NOCIVOS.	
19.- LÍQUIDOS INFLAMABLES TÓXICOS	
20.- LÍQUIDOS INFLAMABLES CORROSIVOS.	
MATERIALES SÓLIDOS INFLAMABLES	21.- SÓLIDOS INFLAMABLES
	22.- SÓLIDOS INFLAMABLES TÓXICOS y/o CORROSIVOS
	23.- METALES (Polvos, cenizas, rebabas y recortes)
	24.- MATERIALES ESPONTÁNEAMENTE COMBUSTIBLES
	25.- MATERIALES ESPONTÁNEAMENTE COMBUSTIBLES TÓXICOS
	26.- MATERIALES REACTIVOS CON EL AGUA CORROSIVOS
	27.-MATERIALES REACTIVOS CON EL AGUA (emiten gases inflamables).
	28.- MATERIALES REACTIVOS CON EL AGUA (emiten gases inflamables y tóxicos).
MATERIALES OXIDANTES Y	29.- OXIDANTES
	30.- OXIDANTES TÓXICOS SÓLIDOS

COMBURENTES	31.- OXIDANTES TÓXICOS LIQUIDOS
	32.- OXIDANTES INESTABLES
	33.- OXIDANTES REACTIVOS CON EL AGUA
	34.- PERÓXIDOS ORGÁNICOS (Susceptibles a la contaminación y al calor).
	35.- PERÓXIDOS ORGÁNICOS (Susceptibles a la contaminación y al calor/ T controlada).
MATERIALES TÓXICOS Y CORROSIVOS	36.-MATERIALES TOXICOS NO COMBUSTIBLES
	37.- MATERIALES TÓXICOS COMBUSTIBLES
	38.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS COMBUSTIBLES
	39.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS NO COMBUSTIBLES
	40.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS (Inflamables/Sensibles al agua).
	41.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS (Combustibles/Sensibles al agua).
	42.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS (No combustibles y sensibles al agua).
	43.- MATERIALES INFECCIOSOS
	44.- MATERIALES IRRITANTES
	45.- DISOLVENTES HALOGENADOS
MATERIALES RADIOACTIVOS	46.- MATERIALES RADIOACTIVOS DE BAJO NIVEL DE RADIACIÓN
	47.- MATERIALES RADIOACTIVOS DE BAJO NIVEL DE RADIACIÓN A MODERADO
	48.- MATERIALES RADIOACTIVOS DE MODERADO NIVEL DE RADIACIÓN A ALTO
	49.- MATERIALES RADIOACTIVOS (Forma especial de radiación de bajo nivel a alto).
	50.- MATERIALES RADIOACTIVOS FISIONABLES (Radiación de bajo nivel a alto).
	51.- MATERIALES RADIOACTIVOS CORROSIVOS Y SENSIBLES AL AGUA (F6U)
	52.- GALIO Y MERCURIO
53.- MATERIALES CON PELIGRO BAJO A MODERADO.	

Tabla 69- Materiales. Clases ADR

El procedimiento para calcular cada uno de los valores de vulnerabilidad extrínseca en referencia a cada par “variable ambiental – sustancia transportada” es homólogo al seguido para obtener los valores de las vulnerabilidades intrínsecas. Se ponderarán cada uno de los valores de vulnerabilidad extrínseca referidos a los registros VANE en función del área de ocupación en Castilla y León, obteniéndose finalmente un valor que tenga en cuenta esta área de ocupación. (La totalidad de los datos iniciales asociados se encuentran reflejados en el Anexo “VULNERABILIDAD”, mientras que todos los cálculos los encontramos en el Anexo “Total_1”). Mostramos a continuación estos valores de vulnerabilidad extrínseca para 4

grupos de sustancias (las seleccionadas a modo de ejemplo para poner en marcha el modelo creado):

Variable o Mapa	Vext3 (Butano/Propano)	Vext16 (Gasoil)	Vext39 (Hipoclorito sol)	Vext42 (Ac.Clorhidrico)
Madera	0,188	2,984	0,078	0,072
Leña	0,378	2,845	0,646	0,628
Piñones	0,378	2,845	0,646	0,628
Hongos	0,188	2,978	0,099	0,077
P.Agraria	1,418	2,094	3,684	3,600
P.Ganadera	0,188	2,978	0,099	0,077
P.A.U.Agricola	0,377	2,841	0,650	0,632
P.A.U.Industrial	0,378	2,845	0,646	0,628
P.A.U.Doméstico	0,378	2,845	0,646	0,628
P.A.U.Energético	0,256	2,906	0,384	0,364
Serv.Recre.Int	0,378	2,845	0,646588404	0,628155925
Caza Menor	1,539	2,047	3,021	2,935
Caza Mayor	0,240	2,915	0,351	0,331
Con.Erosión	0,235	2,932	0,283	0,262
T.V.A.Cont	0,256	2,906	0,384	0,364
C.C.A.Forest	0,240	2,915	0,351	0,331
C.C.Matorral	0,191	2,976	0,086	0,080
C.D.Biológica	0,235	2,932	0,283	0,262

Tabla 70- Vulnerabilidad extrínseca de cada variable VANE para 4 sustancias consideradas

- K_{int} : este coeficiente está asociado a la vulnerabilidad intrínseca. Al oscilar los valores de vulnerabilidad, asociados a los registros Corine, de los que partimos entre 0-4, nuestras cifras resultantes también estarán contenidas dentro de ese rango. Por este motivo será necesario multiplicar por esta constante K_{int} de $\frac{1}{4}$, para que finalmente tengamos un valor de vulnerabilidad intrínseca final ($K_{int} * V_{intrinseca_j}$) que oscile dentro del rango 0-1.

- $Mapa(\epsilon)_j$: valor en ϵ / ha. año que se le da a cada uno de los píxeles de los mapas que constituyen cada una de las variables ambientales que se tienen en cuenta en el modelo de valoración ambiental VANE y que tomamos como referencia para poder dar un valor económico representativo de los suelos de Castilla y León. Contamos con esta información en forma de mapas raster, los cuales han sido obtenidos previamente tal y como se ha visto en el apartado 5.3.3.

-Vulnerabilidad ambiental ($V_{ambiental_{ij}}$): Es el producto resultante entre la vulnerabilidad intrínseca y la extrínseca. Es una manera de representar de forma más compacta a la vulnerabilidad total. Se muestra a continuación los valores de este término para las 4 sustancias consideradas en nuestro objeto de estudio.

Variable o Mapa	Vamb3 (Butano/Propano)	Vamb16 (Gasoil)	Vamb39 (Hipoclorito sol)	Vambt42 (Ac.Clorhidrico)
Madera	0,630	9,982	0,262	0,243
Leña	1,229	9,242	2,100	2,040
Piñones	1,229	9,242	2,100	2,040
Hongos	0,629	9,969	0,333	0,260
P.Agraria	3,841	5,670	9,977	9,749
P.Ganadera	0,629	9,969	0,333	0,261
P.A.U.Agricola	1,225	9,216	2,109	2,049
P.A.U.Industrial	1,229	9,242	2,100	2,040
P.A.U.Doméstico	1,229	9,242	2,100	2,040
P.A.U.Energético	0,838	9,497	1,255	1,190
Serv.Recre.Int	1,229	9,242	2,100	2,040
Caza Menor	3,899	5,187	7,654	7,435
Caza Mayor	0,790	9,583	1,154	1,087
Con.Erosión	0,769	9,605	0,925	0,858
T.V.A.Cont	0,838	9,497	1,255	1,190
C.C.A.Forest	0,790	9,583	1,154	1,087
C.C.Matorral	0,637	9,931	0,287	0,268
C.D.Biológica	0,769	9,605	0,925	0,858

Tabla 71- Vulnerabilidad ambiental de cada variable VANE para 4 sustancias consideradas

5.6. Modelo práctico en el gvSIG. Obtención de los mapas de coste

Una vez puesto en escena el modelo práctico, definiendo y explicando cada una de las variables, constantes y multiplicadores que intervienen en el mismo, será necesario ponerlo en marcha desde el software gvSIG.

El resultado de estas operaciones nos dará un mapa de costes totales por píxel (se tratará de un mapa en formato .tif, es decir un ráster) en el que se tienen en cuenta todas las variables ambientales para un tipo de materia

peligrosa específica. Es decir será necesario implementar la ecuación desarrollada en el modelo práctico para obtener los costes para cada una de las sustancias.

Tal y como hemos visto, el valor de la “Vulnerabilidad intrínseca” es constante para cada tipo de variable ambiental, ya que solamente depende de ella misma y no de como se ve afectada por una posible materia peligrosa. Los mapas ráster en unidades monetarias para cada variable ambiental del modelo VANE también son constantes para las diferentes sustancias a evaluar. Por este motivo el parámetro clave y que variará en función de que sustancia estemos evaluando es la “Vulnerabilidad extrínseca”, ya que es la variable que relaciona a cada una de las variables ambientales presentes en el sumatorio con la sustancia que estemos estudiando en ese momento.

5.6.1. Implementación del modelo en gvSIG

Pasamos por lo tanto a implementar la ecuación del modelo desarrollado en el gvSIG, que queda para cada una de las siguientes sustancias, de la siguiente forma:

- Sustancia Butano/Propano (grupo 3)

$$\frac{1}{4}(0.630 * \text{Madera} + 1.229 * \text{Leña} + 1.229 * \text{Piñones} + 0.629 * \text{Hongos} + 3.841 * \text{P_Agraria} + 0.629 * \text{PGan_Forest} + 1.225 * \text{PAUA} + 1.229 * \text{PAUI} + 1.229 * \text{PAUD} + 0.838 * \text{PAUE} + 3.899 * \text{Caza_Menor} + 0.790 * \text{Caza_Mayor} + 0.769 * \text{Contr_Eros} + 0.838 * \text{TVAC} + 0.790 * \text{CCAF} + 0.637 * \text{CCMAT} + 0.769 * \text{CDiv_Bio})$$

- Sustancia Gasoil/Gasolina (grupo 16)

$$\frac{1}{4}(9.982 * \text{Madera} + 9.242 * \text{Leña} + 9.242 * \text{Piñones} + 9.969 * \text{Hongos} + 5.670 * \text{P_Agraria} + 9.969 * \text{PGan_Forest} + 9.216 * \text{PAUA} + 9.242 * \text{PAUI} + 9.242 * \text{PAUD} + 9.497 * \text{PAUE} + 5.187 * \text{Caza_Menor} + 9.584 * \text{Caza_Mayor} + 9.605 * \text{Contr_Eros} + 9.497 * \text{TVAC} + 9.583 * \text{CCAF} + 9.931 * \text{CCMAT} + 9.605 * \text{CDiv_Bio})$$

- Sustancia Hipoclorito solución (grupo 39)

$$\frac{1}{4}(0.262 * \text{Madera} + 2.100 * \text{Leña} + 2.100 * \text{Piñones} + 0.333 * \text{Hongos} + 9.977 * \text{P_Agraria} + 0.333 * \text{PGan_Forest} + 2.109 * \text{PAUA} + 2.100 * \text{PAUI} + 2.100 * \text{PAUD} + 1.255 * \text{PAUE} + 7.654 * \text{Caza_Menor} + 1.154 * \text{Caza_Mayor} + 0.926 * \text{Contr_Eros} + 1.255 * \text{TVAC} + 1.153 * \text{CCAF} + 0.287 * \text{CCMAT} + 0.926 * \text{CDiv_Bio})$$

- Sustancia Ácido clorhídrico (grupo 42)

$1/4(0.243*Madera+2.040*Leña+2.040*Piñones+0.261*Hongos+9.750*P_Agraria+0.261*PGan_Forest+2.050*PAUA+2.040*PAUI+2.040*PAUD+1.190*PAUE+7.436*Caza_Menor+1.087*Caza_Mayor+0.858*Contr_Eros+1.191*TVAC+1.087*CCAF+0.268*CCMAT+0.858*CDiv_Bio)$

En el gvSIG, la implementación de estas ecuaciones puede realizarse de 3 formas diferentes:

- 1) Mediante la consola de comandos.
- 2) Mediante la calculadora de mapas de SEXTANTE.
- 3) Mediante el modelizador.

Mostraremos a continuación el procedimiento a seguir de forma detallada para uno de los grupos de las sustancias. Para el resto de sustancias a evaluar los pasos serán idénticos, con el matiz de que es necesario cambiar los coeficientes para cada una de las sustancias.

5.6.1.1. Implementación mediante consola de comandos

Seleccionamos en el menú: Herramientas – Geoprocesamiento – Línea de Comandos. Nos aparece una consola de comandos basada en *BeanShell*. Una vez en ella el siguiente paso será introducir el comando necesario que ejecute la ecuación de la sustancia elegida. En este caso ponemos el ejemplo con el butano/propano:

```
runalg ("gridcalculator", "Caza_Mayor, Caza_Menor, CCAF, CCMAT, CDiv_Bio, Contr_Eros, Hongos, Leña, Madera, P_Agraria, PAUA, PAUD, PAUE, PAUI, PGan_Forest, Piñones, TVAC", "(0.630*Madera+1.229*Leña+1.229*Piñones+0.629*Hongos+3.841*P_Agraria+0.629*PGan_Forest+1.225*PAUA+1.229*PAUI+1.229*PAUD+0.838*PAUE+3.899*Caza_Menor+0.791*Caza_Mayor+0.769*Contr_Eros+0.838*TVAC+0.791*CCAF+0.637*CCMAT+0.769*CDiv_Bio)/4", "#")
```

Con este comando estamos “haciendo correr” al algoritmo asociado a la calculadora de mapas “gridcalculator”. Como se puede observar definimos las variables que forman el modelo, en este caso, cada uno de los mapas con el nombre asignado a los mismos en el gvSIG. Después de esto se introduce la ecuación matemática con las operaciones a efectuar con las variables declaradas previamente y en último lugar se escribe una almohadilla “#”, que indica que el mapa resultante final de realizar todo el

algoritmo se guarda provisionalmente con el nombre asignado por defecto por el programa, en este caso “Resultado”.

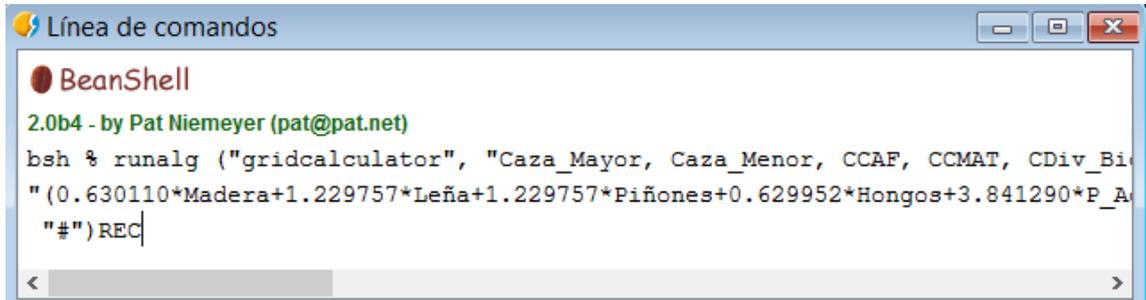


Ilustración 75- Línea de Comandos gvSIG. BeanShell

5.6.1.2. Implementación mediante la calculadora de mapas de SEXTANTE

Seleccionamos en el menú: Herramientas – Geoprocesamiento – Caja de Herramientas – SEXTANTE – Herramientas de cálculo para capas ráster – Calculadora de mapas.

Apareciendo la siguiente pantalla:

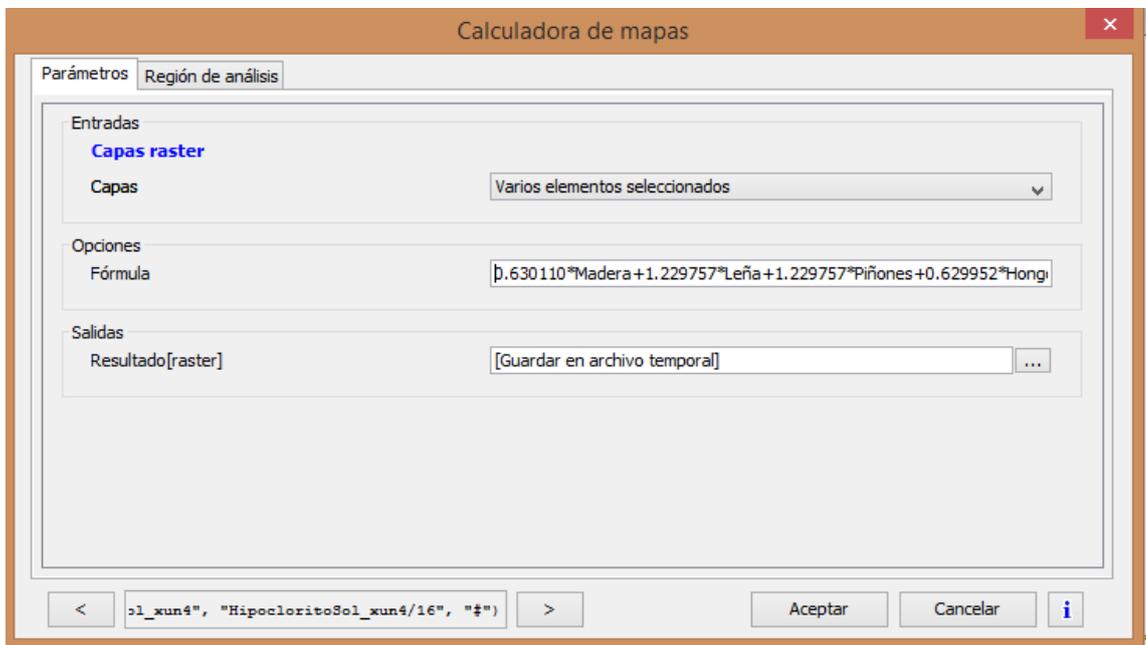


Ilustración 76- Calculadora de Mapas gvSIG

En la pestaña desplegable asociada a “Capas”, será necesario seleccionar a todas las variables o mapas ráster con los que se van a realizar operaciones en la “Fórmula”.

En la opción “Fórmula” será donde se introduzca la ecuación matemática relativa entre todas las variables que con necesidad han debido de ser seleccionadas previamente. Por último en la opción “Salidas” el programa nos permite guardar el mapa resultante con el nombre que el usuario desee, si no lo especificamos él mismo lo guarda por defecto en un archivo temporal, que se podrá guardar más tarde manualmente.

5.6.1.3. Implementación mediante el Modelizador

Los pasos para acceder al “Modelizador” en el gvSIG son los siguientes: Herramientas – Geoprocesamiento – Modelizador.

Se nos desplegará entonces una ventana en la que podremos realizar el modelo deseado. Existen en primer lugar los inputs o entradas que serán necesarias definir, tales como capas vectoriales, ráster, datos enteros, booleanos, tablas, cadenas de texto... En nuestro caso tendremos como inputs cada uno de los mapas ráster que representan a las variables ambientales del modelo VANE, y también el valor de “Vulnerabilidad ambiental” asociado a cada par de mapa ráster – sustancia peligrosa.

Posteriormente será necesario definir los procesos a realizar, el programa nos permite realizar todas las operaciones del menú “Algoritmos” y de “SEXTANTE” por lo que podremos realizar el algoritmo, por ejemplo, multiplicando a cada mapa ráster por su valor de vulnerabilidad ambiental y finalmente sumando todos estos valores, dando como resultado el mapa deseado.

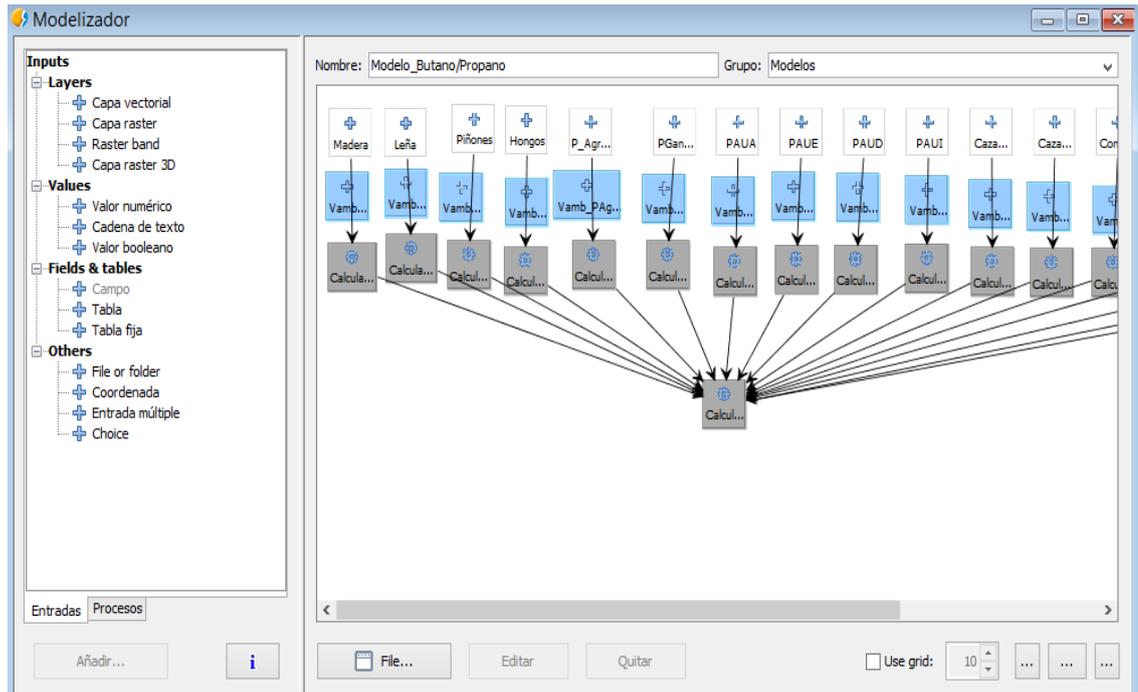


Ilustración 77- Modelizador gvSIG

En la imagen superior se observa a cada mapa ráster representado con su respectivo nombre en un recuadro de color blanco. En un recuadro azul tenemos sus valores asociados de vulnerabilidad ambiental y en los recuadros grises se tiene, en un primer lugar, las operaciones de multiplicación entre cada mapa ráster y su vulnerabilidad ambiental y en segundo lugar, la suma de todos los valores obtenidos, que será el mapa final resultante.

La opción del modelizador es especialmente interesante si se va a realizar un número elevado de veces el mismo procedimiento. En nuestro caso, como solo se van a evaluar 4 sustancias a modo de ejemplo, cualquiera de los 3 métodos es rápido y cómodo. De no ser así, si se van a evaluar multitud de sustancias, y se han calculado previamente los valores de vulnerabilidad asociados a los mapas ráster, esta opción sería la más acertada, puesto que si guardamos el modelo podremos acceder a él como si de una herramienta más se tratase y nos realizaría todas las operaciones introduciendo únicamente donde corresponda los valores de vulnerabilidad ambiental para cada mapa.

Esta posibilidad se muestra a continuación:

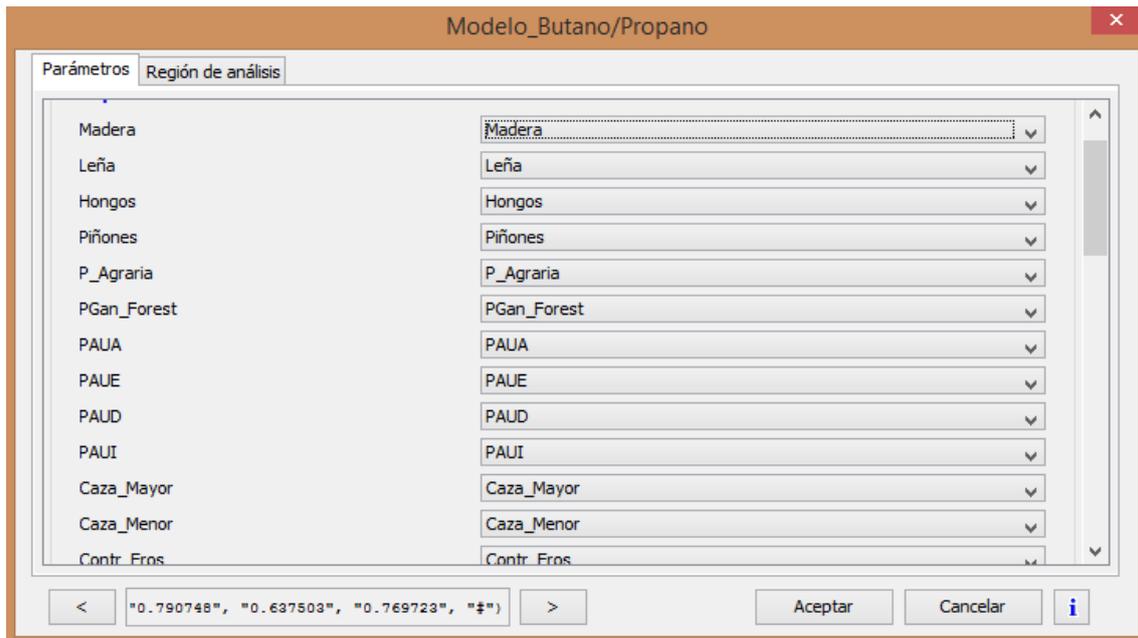


Ilustración 78- Parámetros Modelizador gvSIG 1

En la imagen superior observamos la pantalla a la que se accede al entrar a nuestro modelo creado y guardado previamente. Tenemos la opción de elegir cada uno de los archivos o mapas ráster que actúan como inputs de entrada. Si nos desplazamos hacia abajo observamos:

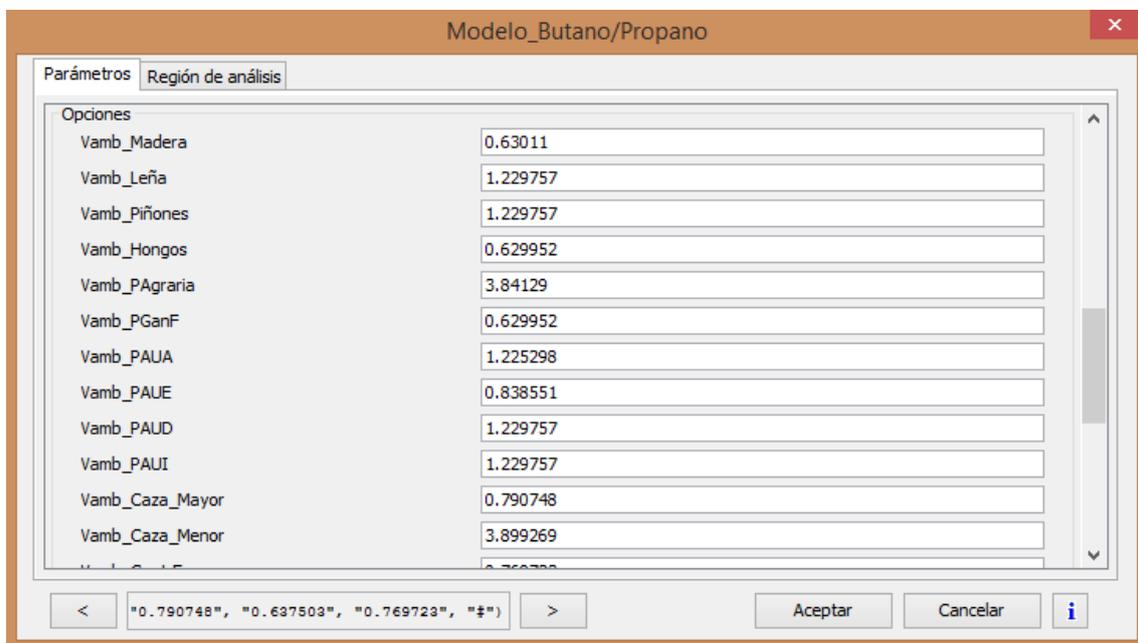


Ilustración 79- Parámetros Modelizador gvSIG 2

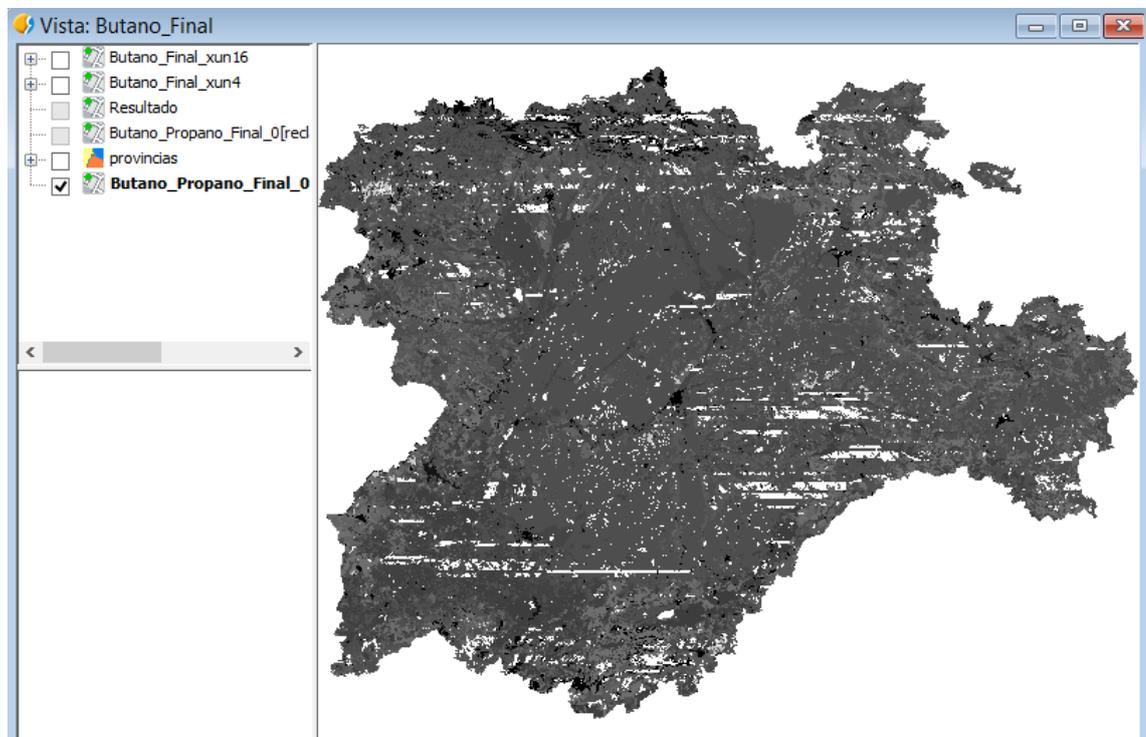
Es posible por lo tanto introducir cada uno de los valores de la vulnerabilidad ambiental asociados a los mapas ráster y a cada una de las sustancias asociadas que se desee evaluar.

5.6.2. Obtención de los mapas de coste

Una vez explicados los 3 métodos diferentes encontrados para implementar el modelo, es necesario centrarse en el resultado obtenido, que no es otro que el mapa final de costes para cada una de las sustancias elegidas.

5.6.2.1. Mapa Butano/Propano

A continuación se explica el proceso seguido desde la obtención del primer mapa hasta el último, puliendo algunos detalles para que posteriormente el análisis sea más satisfactorio y exacto. Esta explicación detallada se llevará a cabo para una de las sustancias, mientras que para el resto se ilustrará solamente el mapa final, debido a que el procedimiento es análogo en cada caso. Al ejecutar el modelo con cualquiera de los métodos vistos en el apartado anterior, se obtiene, por ejemplo para el butano/propano (grupo3):



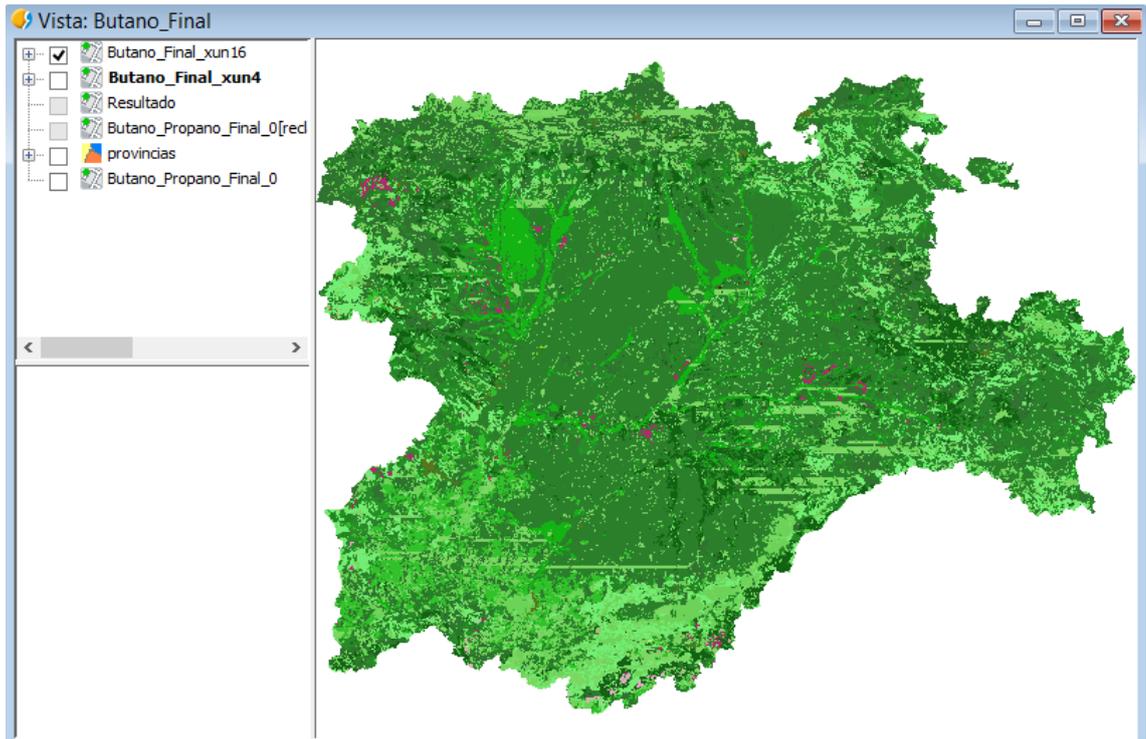
Mapa 61- Butano/Propano. Ráster inicial

Este es el mapa resultante final de costes monetarios por hectárea y año para las sustancias del grupo 3 como el butano y propano, que tienen propiedades muy similares a efectos medioambientales.

Como se puede observar en la imagen superior existen unas bandas blancas horizontales en diversos puntos del mapa y se deben a que el programa al rasterizar la información vectorial comete algunos errores, puesto que se trata de una operación compleja y costosa. Además del efecto visual que producen, el gvSIG les asigna por defecto un valor de “-9999” lo que supone un grave problema a la hora de evaluar el coste de un accidente, de estar involucrado alguno de esos puntos. En la publicación “Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales” de Ángel M. Felicísimo se aborda esta problemática e introduce el concepto de “artefacto” para explicar los errores al rasterizar información espacial.

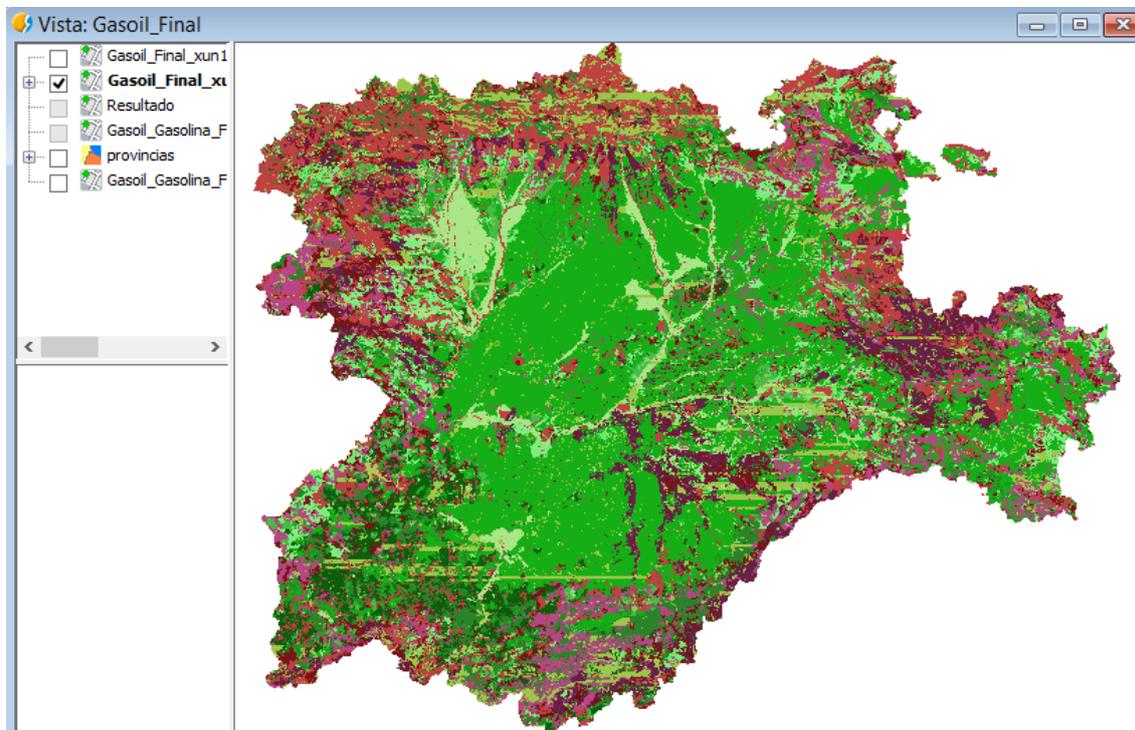
La solución adoptada para este problema consistió en asignar, para cada mapa relativo a una determinada sustancia y para todos estos puntos con problemas en la rasterización, un valor cercano al valor más pequeño que pudiera encontrarse en el mapa considerado. De esta forma, solventamos el problema del valor erróneo asignado por gvSIG a la vez que al ser un valor pequeño en comparación con los restantes de los píxeles del mapa, los análisis posteriores no se verán apenas alterados. Para solventar este tipo de problemas existen otro tipo de soluciones como pueden ser el rellenar las celdas erróneas por vecindad (una de las soluciones que se encuentran en el gvSIG), mediante algoritmos como el de Montecarlo, algoritmos genéticos o diversas técnicas heurísticas.

Realizando la operación citada en el párrafo anterior y empleando una tabla de color adecuada, se obtiene:



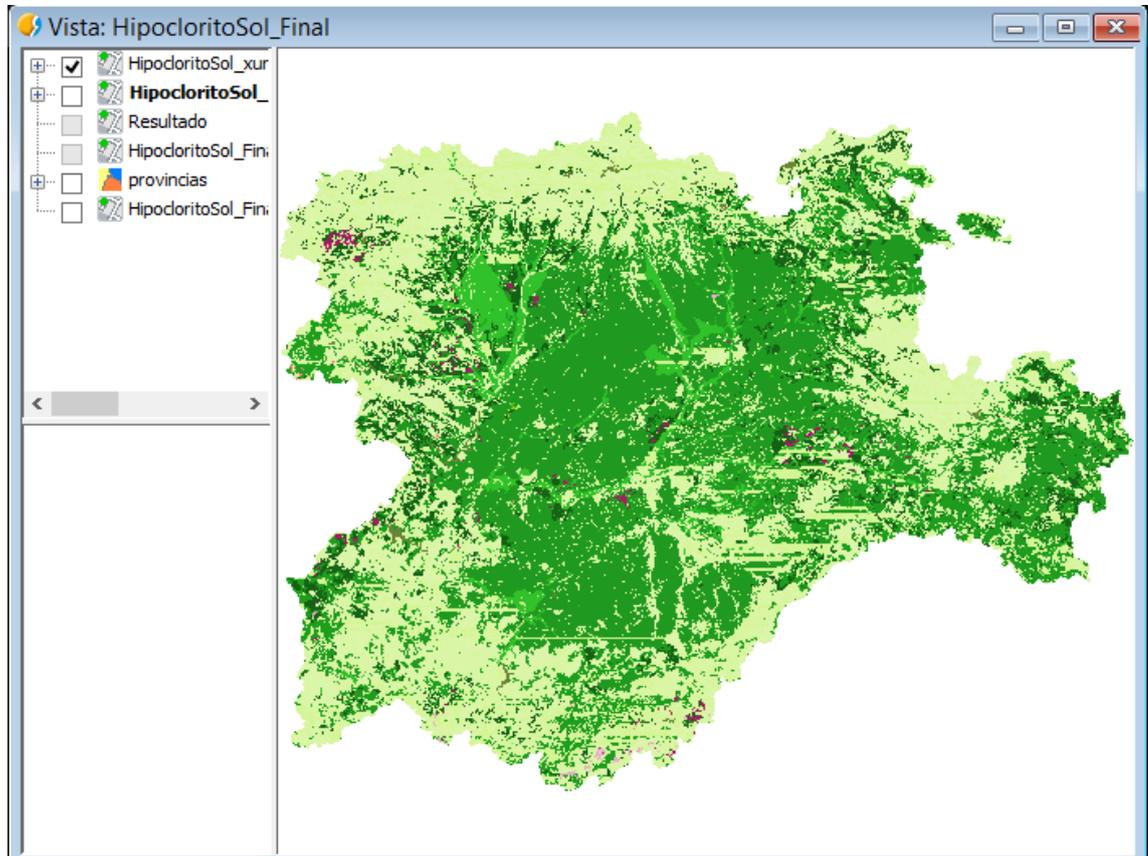
Mapa 62- Butano/Propano. Ráster final

5.6.2.2. Mapa Gasoil/Gasolina



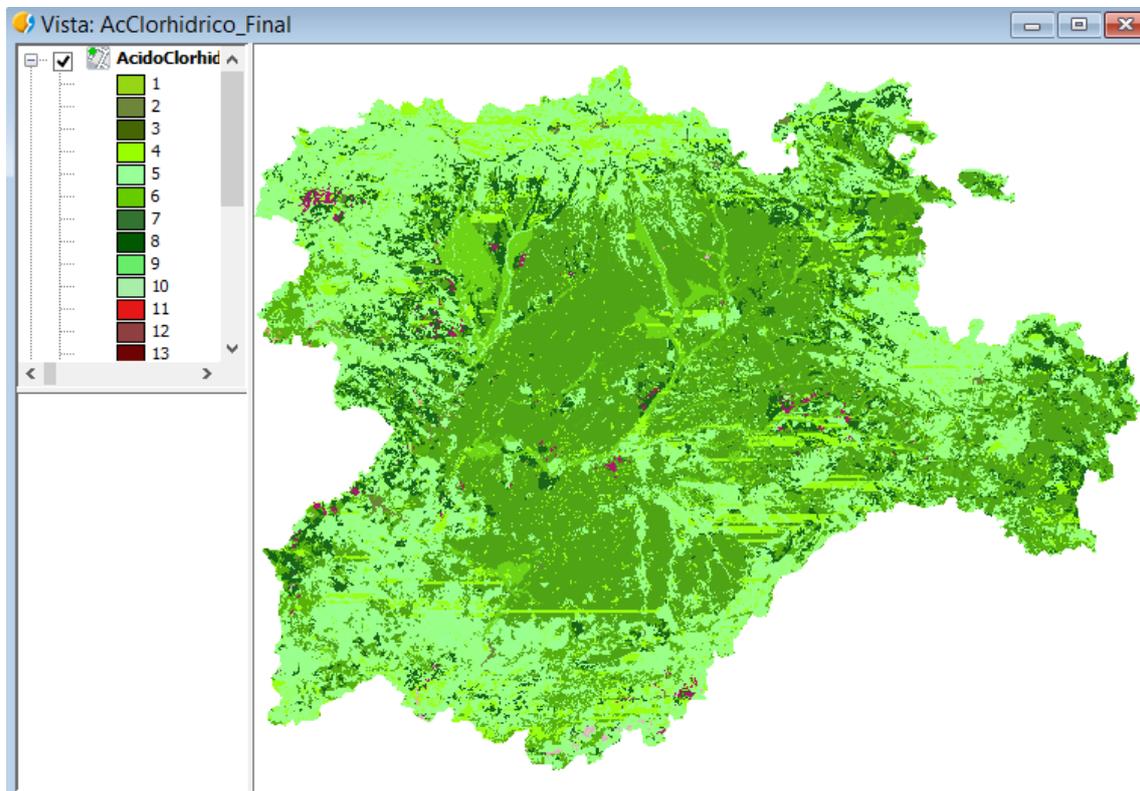
Mapa 63- Gasoil/Gasolina. Ráster final

5.6.2.3. Mapa Hipoclorito solución



Mapa 64- Hipoclorito solución. Ráster final

5.6.2.4. Mapa Ácido clorhídrico



Mapa 65- Ácido clorhídrico. Ráster final

5.7. Modelo teórico. Ampliación hasta el modelo completo (daños materiales)

Una vez introducido el modelo práctico con el que se obtienen los mapas económicos en materia medioambiental y con el que se realizarán posteriormente los cálculos y toma de resultados, es necesario ampliar este primer modelo.

Se añaden de forma teórica otros conceptos que amplían el coste total asociado al transporte de mercancías peligrosas. En el punto anterior se obtenían los mapas de costes asociados al valor por unidad de píxel (en nuestro caso 50x50 metros, es decir $2500 m^2$, o un cuarto de hectárea) en términos ambientales, será necesario introducir entonces otros términos importantes de costo en el caso de que exista un accidente asociado al transporte de mercancías peligrosas.

Los términos a añadir harán referencia al valor de la materia transportada (variable recogida del modelo desarrollado por Martínez-Alegría et al. (2003)), que en función de sus condiciones físico-químicas y su capacidad de propagación, harán que se pierda en mayor o menor volumen, así como también será necesario tener en cuenta los costes necesarios para la limpieza y/o reconstrucción de las infraestructuras que pudieran verse afectadas. Por último se refleja en el modelo con otra variable adicional el coste asociado a los daños y pérdidas de coste material asociadas al vehículo en el que se transportaban las mercancías peligrosas.

Señalar que en el modelo que se presenta a continuación, se tienen en cuenta los daños materiales asociados al valor de la sustancia transportada, a la limpieza de las vías y terrenos afectados, reconstrucción de carreteras, señalizaciones y elementos viales en general que la vuelvan a hacer apta para una circulación segura y por último los costes ambientales que son objeto de cálculo del presente proyecto. No se incluirán en el modelo los costes asociados a las posibles pérdidas humanas, tales como muertes, atención médico-sanitaria, equipos de rescate así como tampoco los costes de los salarios del personal encargado de realizar las labores hasta ahora citadas.

El modelo teórico final por lo tanto quedaría como:

$$CT_i = K_{P_e} * P_e * \left[\frac{1}{5} \left(\frac{(H_{i_i} + H_{t_i} + H_{r_i})}{3} + (H_{g_{oi}} - 1) \right) * C_{US_i} * n^2_T + C_{limpieza} + C_{reconstrucción} \right. \\ \left. + C_{vehículo} + \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{17} [(K_{amb} * V_{intrinseca_j} * V_{extrinseca_{ij}}) * Mapa(€)_j] * K_j^* \right]$$

Ecuación 14- Ecuación Modelo Teórico Final planteado

A continuación se comentan aquellas variables que no existían en el modelo práctico y que por lo tanto son las nuevas que lo amplían hasta este modelo teórico.

5.7.1. Lista de parámetros:

- **Peligrosidad intrínseca del producto (Rmp).** Características físico-químicas de la materia peligrosa:

El peligro que puede suponer un producto o mezcla de varios viene determinado por una serie de propiedades físico-químicas, como la temperatura a la que se producen los cambios de fase y estado, la solubilidad y miscibilidad en agua, la densidad de los vapores generados, la velocidad a la que se producen diversas reacciones químicas con el aire, la capacidad de emitir o extraer oxígeno de otros materiales bióticos o abióticos, o el balance térmico de las reacciones y su velocidad. Y en el caso de materiales biológicos, por la patogenicidad que presentan sobre el ser humano u otros organismos vivos.

Este factor además de explicar las propiedades físico-químicas de cada sustancia transportada también condiciona la facilidad que tiene dicha sustancia de propagarse o perderse en caso de una fuga. Como sería un factor que multiplicaría a C_{UH_i} (Coste Unitario de la sustancia transportada), valores altos de Rmp indicarían que esa sustancia en caso de una fuga se perdería prácticamente en su totalidad, (debido a que se inflama con facilidad, reacciona con el medio con facilidad y rapidez...) por lo que se perdería el valor total en euros de sustancia peligrosa transportada. Por otro lado un valor bajo de Rmp nos estaría indicando que dicha sustancia pese a una fuga no reacciona con rapidez con el medio, no se combustiona y por lo tanto el valor de su pérdida sería solamente parcial.

En este trabajo, vamos a tomar los índices de peligro (*Hi*, *Hr*, *Ht*, *Hgo*) usados en el método lineal desarrollado por Martínez-Alegría et al. (2003), con el objetivo citado anteriormente de que nuestro modelo sea en medida de lo posible una evolución de este. Estos índices son:

- **Inflamabilidad (*Hi*):** Es la posibilidad de ignición de los materiales por calor, chispas, llamas, auto ignición o de forma espontánea.

Este índice tomará valores entre 0 y 4, según el criterio de clasificación de la siguiente tabla:

Hi	Descripción
0	<p>No inflamable: Materiales que no se encenderán.</p> <p>Este grupo incluiría cualquier material que no se encienda en aire cuando ha sido expuesto a una temperatura de 815,5 °C durante un período de 5 minutos.</p>
1	<p>Poco inflamables: Materiales que pueden ser precalentados considerablemente antes de que ocurra la ignición y combustión.</p> <p>En este grupo se incluirían:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales que arden en el aire cuando han sido expuestos a temperaturas de 815,5 °C durante un período de 5 minutos o menos. • Líquidos, sólidos y semisólidos con un flash point superior a 93,4 °C. • En este grupo se incluyen la mayoría de los combustibles ordinarios, carbón mineral, vegetal o madera.
2	<p>Inflamables: Materiales que deben ser moderadamente calentados o expuestos a temperaturas ambiente relativamente altas antes de que se produzca la ignición.</p> <p>Materiales de este tipo bajo condiciones normales no forman atmósferas peligrosas con el aire, pero bajo temperaturas ambiente altas o con un calentamiento moderado pueden generar vapor en cantidad suficiente para producir atmósferas peligrosas con el aire. Se incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Líquidos con un punto de inflamación superior a 37,8 °C, pero sin exceder los 93,4 °C. • Líquidos con un flash point superior a 37,8 °C pero sin exceder los 93,4°C. • Sólidos y semisólidos que pueden desprender vapores inflamables. • Líquidos inflamables con un punto de inflamación superior a 61 °C.
3	<p>Muy inflamables: Materiales que producen atmósferas peligrosas bajo casi todas las temperaturas ambientales.</p> <p>Incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Líquidos con un punto de inflamación por debajo de 22,8 °C y un punto de ebullición por encima de 37,8 °C y aquellos que tienen un punto de ignición superior a 22,8 °C e inferior a 37,8 °C. • Materiales sólidos que en forma de polvo grueso pueden arder rápidamente pero que generalmente no forman atmósferas explosivas con el aire. • Materiales sólidos que en forma de fibras o virutas pueden arder rápidamente y generar riesgos de llamaradas, tales como fibra de aluminio, algodón y cáñamo. • Materiales que arden rápidamente por efecto de la riqueza en oxígeno

	<p>(celulosa).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales que se incendian espontáneamente cuando se exponen al aire. • Líquidos con un flash point por debajo de 22,8 °C y un punto de ebullición por encima de 37,8 °C y aquellos con un flash point igual o superior a 22,8 °C e inferior a 37,8 °C. • Líquidos con un punto de inflamación entre 23 y 61 °C. • Materiales que pueden inflamarse espontáneamente cuando se exponen al aire.
4	<p>Extremadamente inflamables: Materiales que se vaporizan rápida y completamente a presión atmosférica y temperatura ambiente, o que se dispersan instantáneamente en el aire, o que se incendian instantáneamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales criogénicos. • Cualquier líquido o gas licuado bajo presión que tenga un punto de inflamación por debajo de 22,8 °C y un punto de ebullición por debajo de 37,8 °C. • Materiales sólidos que pueden formar mezclas explosivas con el aire y que se dispersan instantáneamente en el aire, tales como polvo de combustibles sólidos y aerosoles de combustibles líquidos.

Tabla 72- Ponderación de la inflamabilidad

- **Reactividad (Hr):** En el término reactividad se puede englobar todo cambio químico del material como respuesta a un indicador determinado y unas condiciones especiales del entorno que permitan que la reacción se desarrolle. En general, las reacciones que intervienen en el estudio de los materiales peligrosos son aquellas que presentan peligro, y que normalmente producen un comportamiento del material distinto al que presenta en condiciones normales. Pueden ser explosiones, estallidos...

Los valores que puede tomar este índice están comprendidos entre 0 y 4, de acuerdo con el siguiente criterio:

Hr	Descripción
0	No reacciona
1	Normalmente estable, pero se convierte en inestable al calentarse. Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
2	Reacciones muy exotérmicas que pueden generar cambios químicos violentos por temperatura elevada. Polimerización explosiva al calentarse.
3	Capaz de detonar o de sufrir una descomposición explosiva con una fuente de iniciación, como es el caso de una temperatura ambiente elevada, calentamiento, contaminación, fricción... Reacción explosiva al contacto con el agua. Reacción explosiva con otros combustibles. Velocidad de reacción entre 340 y 1400 m/s.

4	<p>Capaz de detonar o de una descomposición explosiva en condiciones ambiente.</p> <p>Materiales capaces de explotar en masa.</p> <p>Materiales que pueden formar mezclas explosivas con el aire.</p> <p>Velocidades de reacción entre 1400 y 9000 m/s.</p>
----------	---

Tabla 73- Ponderación de la reactividad

- **Toxicidad/Corrosión (Ht):** Estos dos términos incluidos dentro de una misma clasificación indican que ambos riesgos implican perjuicio en organismos. Los productos que presentan peligro tóxico y/o corrosivo son aquellos que como consecuencias de su interacción con el ambiente u otras sustancias generan subproductos tóxicos y/o corrosivos. El peligro de estos productos radica en que atacan y destruyen los tejidos biológicos (corrosión) y/o dan lugar a fallos orgánicos (toxicidad).

De nuevo, este índice toma valores de 0 a 4, en función de la siguiente clasificación:

Ht	Descripción
0	Peligro mínimo: CL-50 mayor que 5000 ppm
1	Peligro leve: El peligro no es producido directamente por el material, sino por humos, gases, vapores,... provenientes de la descomposición del material. Materiales radioactivos con radiación de nivel bajo. CL-50 mayor que 3000 y menor o igual que 5000 ppm.
2	Peligro moderado: Quemaduras, irritación. Materiales radioactivos con nivel moderado de radiación. CL-50 mayor que 1000 y menor o igual que 3000 ppm. DL-50 por ingestión entre 50 y 200 mg/kg (sólidos). DL-50 por ingestión entre 50 y 500 mg/kg (líquidos). DL-50 por absorción cutánea entre 200 y 1000 mg/kg.
3	Peligro grave: Pueden producir lesiones severas. Materiales radioactivos que pueden presentar un nivel alto de radiación. CL-50 mayor que 200 ppm y menor o igual que 1000 ppm. DL-50 por ingestión entre 5 y 50 mg/kg DL-50 por absorción cutánea entre 40 y 200 mg/kg.
4	Tóxico. Extremadamente peligroso: Materiales que pueden causar la muerte. CL-50 menor o igual que 200 ppm. DL-50 por ingestión menor o igual a 5 mg/kg DL-50 por absorción cutánea menor o igual a 40 mg/kg.

Tabla 74- Ponderación de la toxicidad/corrosión.

Donde:

La Concentración Letal CL-50 es la concentración necesaria de gas para matar al 50% de los animales de una muestra. Se expresa en ppm o mg/l.

La Dosis Letal DL-50 es la cantidad de sólido o líquido necesaria para matar al 50% de los animales de la muestra. Se expresa en mg/kg de individuo.

- **Grado de oxidación (Hgo):** Esta característica tiene que ver con el poder comburente de la materia, es decir, la capacidad del material de proporcionar oxígeno a una reacción.

Este índice puede tomar valores 0, 1 y 2, dependiendo de la siguiente tabla:

Hgo	Descripción
0	No comburentes.
1	Capacidad de comburente normal: pueden encender a otros materiales combustibles.
2	Comburentes muy fuertes: reaccionan vigorosamente o explosivamente con muchos materiales.

Tabla 75- Ponderación del grado de oxidación.

De acuerdo a las propiedades físicas, químicas y biológicas individuales y conjuntas y a los criterios expuestos en el apartado anterior, los 1896 productos circulantes en España se han clasificado en los 53 grupos de comportamiento homogéneo, a los que se les ha asignado valores de los 4 índices de riesgo considerados.

Esta clasificación podemos verla en la siguiente tabla:

Tipos Clases ADR	Grupos de comportamiento homogéneo	Hi	Hr	Ht	Hgo	Hgo-1
EXPLOSIVOS	1.- EXPLOSIVOS CLASES A, B y D.	4	4	1	1	0
	2.- EXPLOSIVOS CLASE C y AGENTES EXPLOSIVOS.	4	3	1	1	0
GASES	3.- GASES INFLAMABLES (Incluyendo líquidos refrigerados).	4	4	3	1	0
	4.- GASES INFLAMABLES INESTABLES.	4	4	3	1	0
	5 - GASES INFLAMABLES TÓXICOS.	4	4	4	1	0
	6.- GASES INFLAMBLES TÓXICOS (Peligro extremo).	4	4	4	1	0
	7.- GASES INFLAMABLES CORROSIVOS.	4	4	3	1	0
	8.- GASES INERTES.	0	1	2	1	0
	9.- GASES INERTES (Incluyendo líquidos refrigerados).	0	1	3	1	0

	10.- GASES OXIDANTES (Incluyendo líquidos refrigerados).	1	3	3	1	0
	11.- GASES TÓXICOS y/o CORROSIVOS.	2	1	4	1	0
	12.- GASES TOXICOS y/o CORROSIVOS OXIDANTES.	1	4	4	2	1
	13.- GASES CORROSIVOS.	2	1	4	1	0
	14.- GASES COMPRIMIDOS o LICUADOS (Incluyendo líquidos refrigerados).	2	1	3	1	0
LÍQUIDOS INFLAMABLES	15.- LIQUIDOS INFLAMABLES POLARES.	4	4	2	1	0
	16.- LIQUIDOS INFLAMABLES NO POLARES.	4	4	2	1	0
	17.- LÍQUIDOS INFLAMABLES POLARES Y NOCIVOS.	4	4	2	1	0
	18.- LIQUIDOS INFLAMABLES NO POLARES Y NOCIVOS.	4	4	2	1	0
	19.- LÍQUIDOS INFLAMABLES TÓXICOS	4	4	4	1	0
	20.- LIQUIDOS INFLAMABLES CORROSIVOS.	4	4	3	1	0
MATERIALES SÓLIDOS INFLAMABLES	21.- SÓLIDOS INFLAMABLES	4	1	3	1	0
	22.- SÓLIDOS INFLAMABLES TÓXICOS y/o CORROSIVOS	4	3	4	1	0
	23.- METALES (Polvos, cenizas, rebabas y recortes)	4	3	4	1	0
	24.- MATERIALES ESPONTÁNEAMENTE COMBUSTIBLES	3	3	4	1	0
	25.- MATERIALES ESPONTÁNEAMENTE COMBUSTIBLES TÓXICOS	4	0	4	1	0
	26.- MATERIALES REACTIVOS CON EL AGUA CORROSIVOS	2	1	4	1	0
	27.-MATERIALES REACTIVOS CON EL AGUA (emiten gases inflamables).	3	3	4	1	0
	28.- MATERIALES REACTIVOS CON EL AGUA (emiten gases inflamables y tóxicos).	3	3	4	1	0
MATERIALES OXIDANTES Y COMBURENTES	29.- OXIDANTES	1	3	4	2	1
	30.- OXIDANTES TÓXICOS SÓLIDOS	3	3	3	2	1
	31.- OXIDANTES TÓXICOS LÍQUIDOS	1	3	4	2	1
	32.- OXIDANTES INESTABLES	1	3	4	2	1
	33.- OXIDANTES REACTIVOS CON EL AGUA	1	3	4	2	1
	34.- PERÓXIDOS ORGÁNICOS (Susceptibles a la contaminación y al calor).	3	3	3	1	0
	35.- PERÓXIDOS ORGÁNICOS (Susceptibles a la contaminación y al calor/ T controlada).	3	3	3	1	0
MATERIALES TÓXICOS Y CORROSIVOS	36.-MATERIALES TÓXICOS NO COMBUSTIBLES	0	1	4	1	0
	37.- MATERIALES TÓXICOS COMBUSTIBLES	2	1	4	1	0
	38.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS COMBUSTIBLES	2	3	4	1	0
	39.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS NO COMBUSTIBLES	1	1	4	1	0
	40.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS (Inflamables/Sensibles al agua).	4	4	4	1	0
	41.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS (Combustibles/Sensibles al agua).	2	3	4	1	0

	42.- MATERIALES TÓXICOS y/o CORROSIVOS (No combustibles y sensibles al agua).	1	1	4	1	0
	43.- MATERIALES INFECCIOSOS	2	0	4	1	0
	44.- MATERIALES IRRITANTES	2	1	2	1	0
	45.- DISOLVENTES HALOGENADOS	2	2	2	1	0
MATERIALES RADIOACTIVOS	46.- MATERIALES RADIOACTIVOS DE BAJO NIVEL DE RADIACIÓN	2	0	1	1	0
	47.- MATERIALES RADIOACTIVOS DE BAJO NIVEL DE RADIACIÓN A MODERADO	2	0	2	1	0
	48.- MATERIALES RADIOACTIVOS DE MODERADO NIVEL DE RADIACIÓN A ALTO	2	0	3	1	0
	49.- MATERIALES RADIOACTIVOS (Forma especial de radiación de bajo nivel a alto).	2	0	3	1	0
	50.- MATERIALES RADIOACTIVOS FISIONABLES (Radiación de bajo nivel a alto).	0	0	3	1	0
	51.- MATERIALES RADIOACTIVOS CORROSIVOS Y SENSIBLES AL AGUA (F6U)	0	1	4	1	0
	52.- GALIO Y MERCURIO	0	0	3	1	0
	53.- MATERIALES CON PELIGRO BAJO A MODERADO.	2	2	2	1	0

Tabla 76- Matriz de índices de peligro

Nota: Multiplicamos el resultado final obtenido para la peligrosidad intrínseca del producto (Rmp) por un factor ponderativo de 1/5 para que el valor obtenido esté contenido entre 0 y 1, ya que el máximo valor que podríamos obtener de valor Rmp sería 5. $((4+4+4)/3+1=5)$.

$-C_{US_i}$: Coste unitario de la sustancia transportada, expresada en las unidades oportunas (€/litro, €/kilo, €/tonelada...).

$-n^{\circ}T$: Número total de unidades de sustancia peligrosa transportada.

$-C_{limpieza}$: costes asociados a la limpieza de las señales de tráfico, guardarraíles, pavimentos, carreteras y vías y elementos viales en general, en caso de producirse un accidente en el que esté asociado el transporte de mercancías peligrosas. Estas operaciones de limpieza se realizan para mantener las vías aptas para la correcta y segura circulación. Se tienen algunos datos proporcionados por la DGT (dirección general de tráfico), tales como:

Costes de Limpieza	
Limpiar un kilómetro de carretera	45 €
Limpiar una señal	75 €
Mantenimiento de un kilómetro de autovía	Entre 19.000 € y 42.000 €

Tabla 77- Costes de Limpieza

También informa la DGT como dejar la calzada y carretera en condiciones óptimas para la circulación, tras un accidente, haciendo desaparecer los restos de los automóviles implicados, así como líquidos derramados (refiriéndose solamente a los del depósito del vehículo, no a los líquidos o sustancias que se puedan almacenar en un camión o similar en el transporte de mercancías peligrosas) cuesta, según la empresa SPS Spain, una media de 600 €.

$-C_{reconstrucción}$: este término incluye, en caso de accidente, los costes asociados a la sustitución completa o parcial de los elementos viales que conforman las vías de transporte, a la pavimentación de las carreteras si fuese necesario y a la reconstrucción en general de cualquier elemento que sea de relevancia para una circulación segura dentro del tramo afectado. Algunos de los costes más significativos se recogen en la siguiente tabla, según datos aportados por documentación oficial de la DGT:

Costes de Reconstrucción	
Sustituir una señal completa	300 €
Instalar un semáforo	1.000 €
Reponer una farola entera	1.200 €
Arreglar una marquesina completa de autobús	12.000 €
Instalación de un panel de señalización variable	Hasta 43.000 €
Repavimentar un kilómetro de carretera	65.000 €
Construir un kilómetro de autovía nueva	Entre 2 y 8,5 millones de €

Tabla 78- Costes de Reconstrucción

$-C_{vehículo}$: hace referencia a los costes asociados al deterioro o daño que se produce, en caso de accidente, en el vehículo encargado de transportar la mercancía peligrosa.

El vehículo suele tratarse de un camión, camión-cisterna o silo, tren de carretera o algún otro similar que permita el transporte de grandes volúmenes de materiales y que posea las medidas de seguridad adecuadas en cada caso.

El coste que se tiene en cuenta es el de reparación o el de sustitución dependiendo en cada caso de la gravedad del accidente.

$-K_j^*$: Término o factor multiplicativo que contendría información relevante acerca de la capacidad o tasa de regeneración de cada uno de los medios naturales evaluados, así como del grado de dependencia humana, importancia relativa, capacidad de propagación etc. No sería objeto de

estudio en el presente proyecto y se dejaría como variable a posible desarrollo en estudios futuros.

Una vez definidos y explicados cada uno de los términos agregados a este modelo teórico, es importante resaltar que para el cálculo de los costes materiales asociados a un posible accidente puntual, en el que se transporten mercancías peligrosas, con solo poseer la información relativa acerca de la limpieza a realizar y los daños económicos provocados sobre las vías y el vehículo, ya se podría realizar un cálculo aproximado para cuantificar los costes asociados.

A este valor se le agregaría la cifra de coste ambiental obtenida mediante el desarrollo del modelo práctico en gvSIG y con el resultado obtenido estarían contemplados todos los costes más importantes involucrados en un accidente de mercancías peligrosas exceptuando aquellos asociados a vidas humanas, equipos médicos y, por último, actuaciones de rescate y de bomberos.

Estos otros términos podrían ser contemplados en nuevo estudio, proyecto o ampliación del presente trabajo para poseer cada vez una herramienta más potente para estimar los costes totales en caso de accidente, al tener un modelo cada vez más evolucionado y completo.

**Capítulo 6: Zonas de influencia,
análisis y realización de cálculos.
Toma de resultados.**

6.1. Objetivo y justificación

En el presente capítulo se tiene marcado como objetivo principal el hacer uso de los mapas de coste, creados en el capítulo anterior para cada una de las sustancias, para estimar el coste ambiental de los daños que provoca un accidente puntual, con unas determinadas características, en el que estén involucradas mercancías peligrosas.

En primer lugar se introduce el concepto de *buffer* o zona de influencia, definiendo qué es, para que se utiliza y poniendo como ejemplo su uso en otras Comunidades Autónomas como Cataluña, la Comunidad Valenciana, Murcia o las Islas Canarias. Posteriormente se creará un *buffer* para las carreteras existentes en la Comunidad en la que se centra nuestro trabajo, es decir, Castilla y León.

Por último, una vez creados los distintos ejemplos de *buffers*, se realizarán los cálculos de costes ambientales en caso de varios accidentes puntuales y para cada una de las sustancias a evaluar. Se explicará el proceso a seguir para la obtención de un coste a modo de ejemplo y luego se mostrarán la totalidad de los resultados a modo de tabla y también en un gráfico.

6.2. Buffer o Zona de Influencia

6.2.1. Concepto

En las diferentes posibilidades de software de sistemas de información geográfica (SIG) se nos da la posibilidad de crear buffers o zonas de influencia. Esta herramienta no es más que la creación de polígonos de zona de influencia alrededor de entidades de entrada a una distancia especificada.

Como ya hemos visto, en un SIG, las entidades de entrada o inputs pueden ser de tres tipos: punto, línea y polígono. Es decir:



Ilustración 80- Tipos de inputs

En función del tipo de input, su buffer asociado tendrá la forma siguiente para cada uno de los casos:

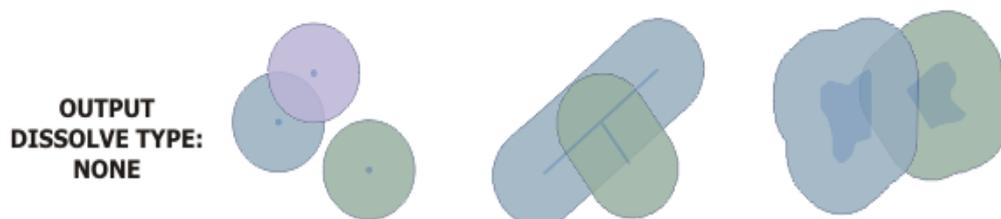


Ilustración 81- Buffer asociado a cada tipo de input

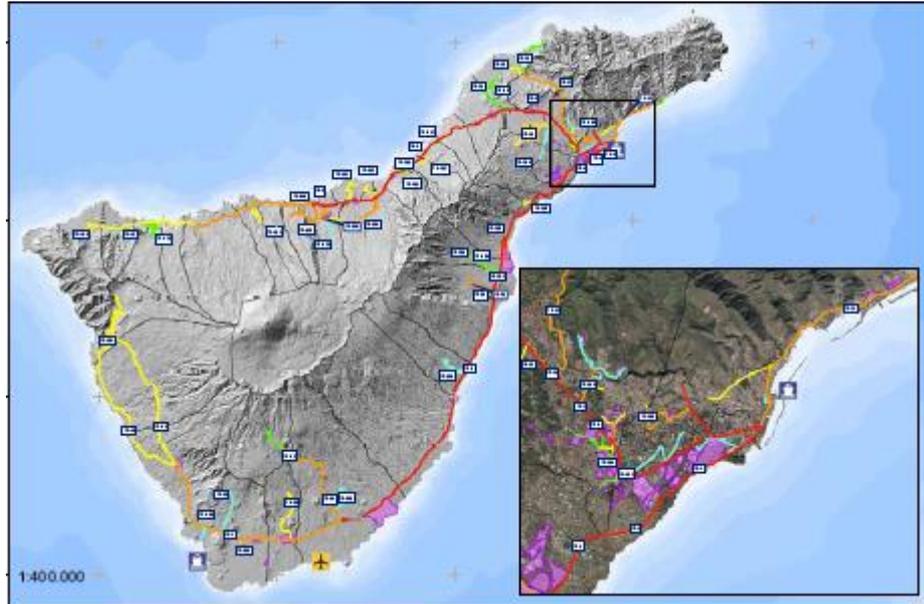
6.2.2. Zonas de influencia en otras Comunidades

En Castilla y León, comunidad relevante para el presente estudio, todavía no existe una normativa específica, única y oficial acerca del uso de buffers o zonas de influencia, según la sustancia involucrada en el propio transporte de mercancías peligrosas, tanto a nivel de transporte por carretera como ferroviario.

Por este motivo, en este apartado, se muestra a modo de ejemplo de forma muy resumida algunas de las propuestas realizadas por el personal experto en materia de transporte para otras comunidades autónomas. Se ha encontrado información de especial relevancia en este tema en Cataluña, Comunidad Valenciana, Murcia, las Islas Canarias y la Rioja entre otras.

En todos estos estudios se comienza por hacer un estudio del riesgo, así como de la carga o volumen de transporte que asociamos a cada una de las sustancias definidas como peligrosas, normalmente tanto por carretera como por ferrocarril. Una vez realizada esta primera fase, se definen las zonas de afectación para cada tipo de sustancia y para diversos escenarios de accidente (explosión, fuga continua, fuga instantánea, derrame...), todo ello en función de las condiciones físico-químicas de cada sustancia y de diversos factores recogidos en los estudios.

Vemos por ejemplo para la isla de Tenerife en las Islas Canarias, como se establecen las carreteras o vías principales por las que se lleva a cabo el transporte de mercancías peligrosas, así como las zonas de influencia más importantes en la imagen ampliada.



Mapa 66- Carreteras/Buffer de Tenerife, Islas Canarias

En este mismo trabajo referido a las Islas Canarias se definen posteriormente las zonas de influencias más relevantes para cada sustancia dependiendo del tipo de accidente. Un ejemplo de ello lo vemos para el butano y el propano, sustancias también con un volumen de transporte importante en Castilla y León. Las cifras reflejadas se refieren a un accidente denominado BLEVE (explosión en la que participa un líquido en ebullición que se incorpora rápidamente al vapor en expansión). Lo que ocurre en este tipo de accidentes es que el líquido se encuentra almacenado a una temperatura superior a su punto de ebullición normal, entonces la ruptura del recipiente ocasiona la evaporación súbita del líquido, lo que a su vez origina una onda de choque de enorme poder destructivo acompañado por la ignición de la nube formada. Los datos se recogen en la siguiente tabla:

TIPO DE ACCIDENTE: BLEVE EN CISTERNA DE BUTANO					
CANTIDAD DE PRODUCTO	TEMPERATURA	HUMEDAD	DIAMETRO (mts)	ZONA DE INTERVENCION	ZONA DE ALERTA
20 TN	20 °C	70 %	162	400	600
15 TN	20 °C	70 %	148	370	550
10 TN	20 °C	70 %	129	350	500
5 TN	20 °C	70 %	103	300	450

TIPO DE ACCIDENTE: BLEVE EN CISTERNA DE PROPANO					
CANTIDAD DE PRODUCTO	TEMPERATURA	HUMEDAD	DIAMETRO (mts)	ZONA DE INTERVENCION	ZONA DE ALERTA
20 TN	20 °C	70 %	162	400	550
15 TN	20 °C	70 %	148	350	500
10 TN	20 °C	70 %	129	325	450
5 TN	20 °C	70 %	103	300	400

Tabla 79- BLEVE en cisterna Butano/Propano

Se observa como la zona de intervención se encuentra entre los 300-400 metros, mientras que la zona de alerta algo más elevada situándose entre los 400-600 metros.

Mostramos otros datos de este estudio, en el primer caso para una fuga continua de cloro, y en segundo lugar para una fuga completa, produciéndose un colapso total de cloro:

TIPO DE ACCIDENTE: FUGA CONTINUA DE CLORO EN CISTERNA					
ESTABILIDAD ATMOSFERICA	AREA	DIAMETRO DE FUGA (mm)	CAUDAL DE FUGA (Kg/s)	ZONA DE INTERVENCION	ZONA DE ALERTA
D- CALMA	URBANA	100	40	1500	4000

Tabla 80- Fuga Continua de Cloro en Cisterna

TIPO DE ACCIDENTE: FUGA COMPLETA, COLAPSO TOTAL DE CLORO EN CISTERNA					
ESTABILIDAD ATMOSFERICA	AREA	DIAMETRO DE FUGA (mm)	CAUDAL DE FUGA (Kg/s)	ZONA DE INTERVENCION	ZONA DE ALERTA
D- CALMA	URBANA	100	40	2500	5500

Tabla 81- Fuga Completa, colapso total de Cloro en Cisterna

Para los accidentes asociados al cloro, en caso de fuga continua se tiene una zona de intervención de 1500 metros y una zona de alerta de 4000 metros. Si la fuga es completa, la zona de intervención aumenta hasta los 2500 metros y la de alerta también, situándose en torno a los 5500 metros.

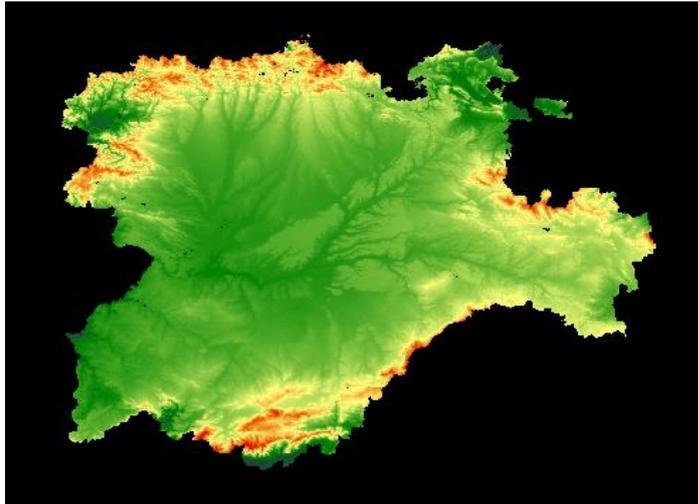
Con estos ejemplos se observa como las zonas de influencia e intervención varían en función del tipo de sustancia transportada y también del tipo de accidente provocado. En general se ha podido ver, como los buffers más tomados de forma genérica han sido los de 500 y 800 metros, como son los casos de Cataluña, Murcia y la Comunidad Valenciana. Para otro tipo de sustancias y otros accidentes estas zonas de influencia pueden ser menores como por ejemplo de 100 metros, o mayores como 1500, 3000 o 5000 metros, utilizados también en algunos de los casos.

Por este motivo, teniendo en cuenta la información consultada, para los cálculos de coste económico realizados a continuación en este proyecto, se ha decidido emplear los buffers de 500 y 800 metros, por ser los más ampliamente utilizados y ser válidos para multitud de sustancias y tipo de accidentes, y también el de 3000 metros, para recoger a las sustancias y accidentes en los que la zona afectada es significativamente superior.

6.2.3. Creación de *Buffers*

En este apartado, teniendo en cuenta lo visto en los anteriores, se procede a la creación de los buffers o zonas de influencia para las carreteras de Castilla y León. Como se ha apuntado, los buffers serán de 500, 800 y 3000 metros, y son los que se utilizarán a continuación para realizar los cálculos de costes para una serie de accidentes puntuales.

Partimos del mapa de Castilla y León, el cual podemos visualizar de la siguiente forma mediante el modelo digital de elevaciones del terreno (MDT):



Mapa 67- MDT de Castilla y León.

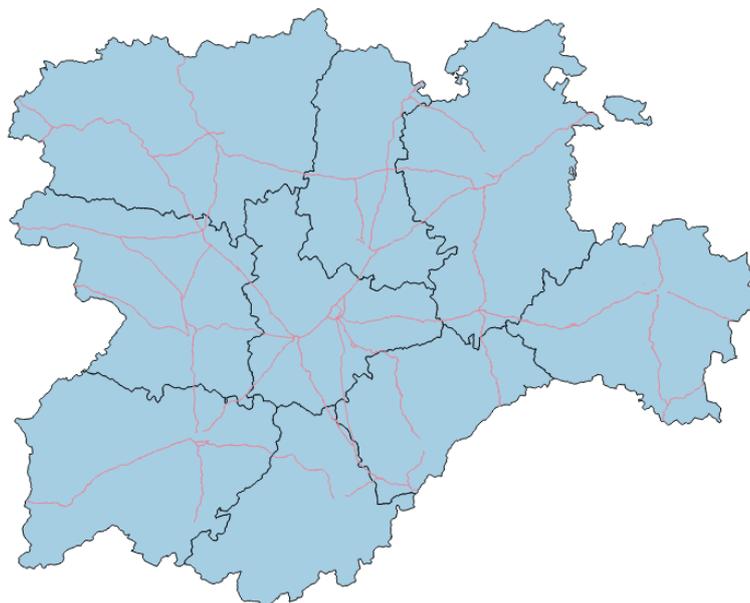
El programa SIG también nos permite organizar el territorio de Castilla y León diferenciando cada una de las provincias que forman la comunidad. Es decir:



Mapa 68- Modelo "rasterizado" de las provincias.

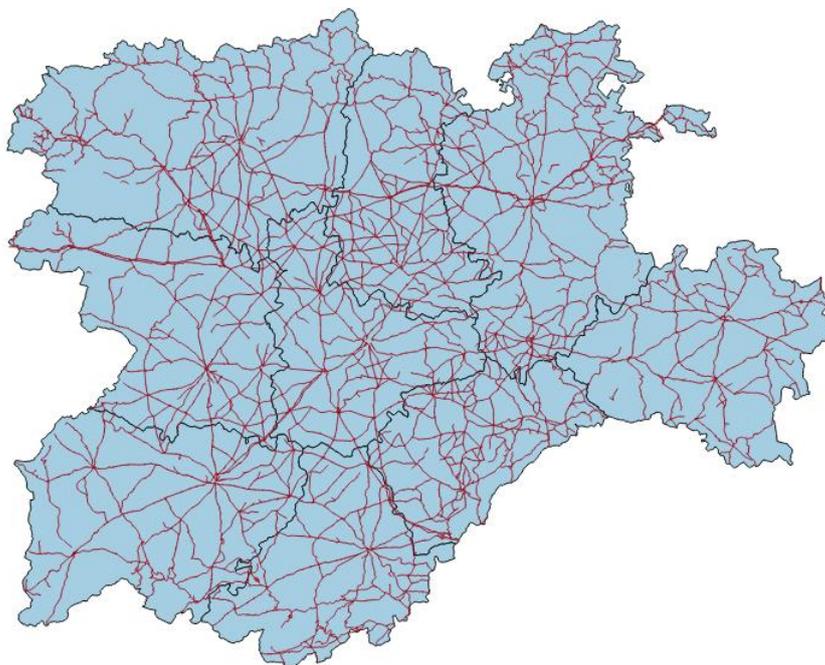
Una vez organizado el territorio, para mostrar el conjunto de carreteras se tienen dos opciones, la primera de ellas sería tener en cuenta solamente las carreteras más importantes por las que se transporta mayor volumen de mercancías (contenidas en archivo vectorial facilitado por la Unidad de Protección Civil de Castilla y León), mientras que la segunda alternativa sería incluir en el estudio la totalidad de las mismas (contenidas en archivo vectorial facilitado por la Unidad de Protección Civil del Gobierno de España, en la sede de Castilla y León). Se muestran a continuación cada una de las opciones:

1) Mapa de Carreteras con mayor volumen de mercancías transportadas.



Mapa 69- Carreteras con mayor volumen de mercancías transportadas en CyL

2) Mapa de todas las carreteras existentes en la Comunidad de Castilla y León:



Mapa 70- Totalidad de carreteras existentes en CyL

En el presente proyecto se ha decidido crear las diferentes áreas de influencia a partir de la red completa de carreteras. Para crear cada uno de los buffers, el proceso es tan sencillo como cargar previamente los mapas necesarios, que serán el de provincias para una mejor visualización espacial del territorio y el de la red completa de las vías existentes en Castilla y León. Este procedimiento se puede realizar tanto en el software QGIS como en el gvSIG, siendo en ambos muy similar. Una vez cargadas ambas capas, se despliega el menú Herramientas - Geoprocesamiento - Caja de herramientas. Una vez dentro de SEXTANTE, se observa la opción de “Zonas de influencia [buffers]”, en la que detallamos las especificaciones para realizar la operación. La pantalla que se observa es la siguiente:

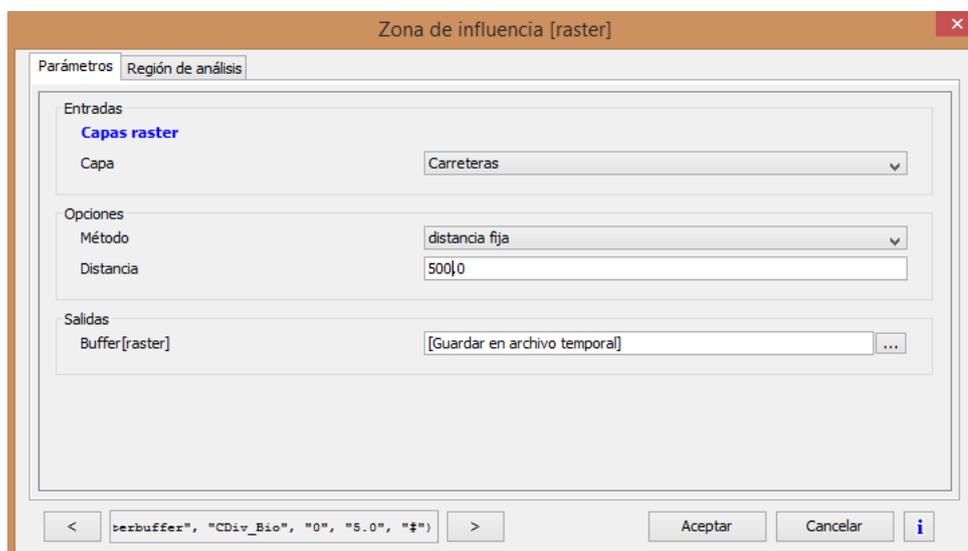
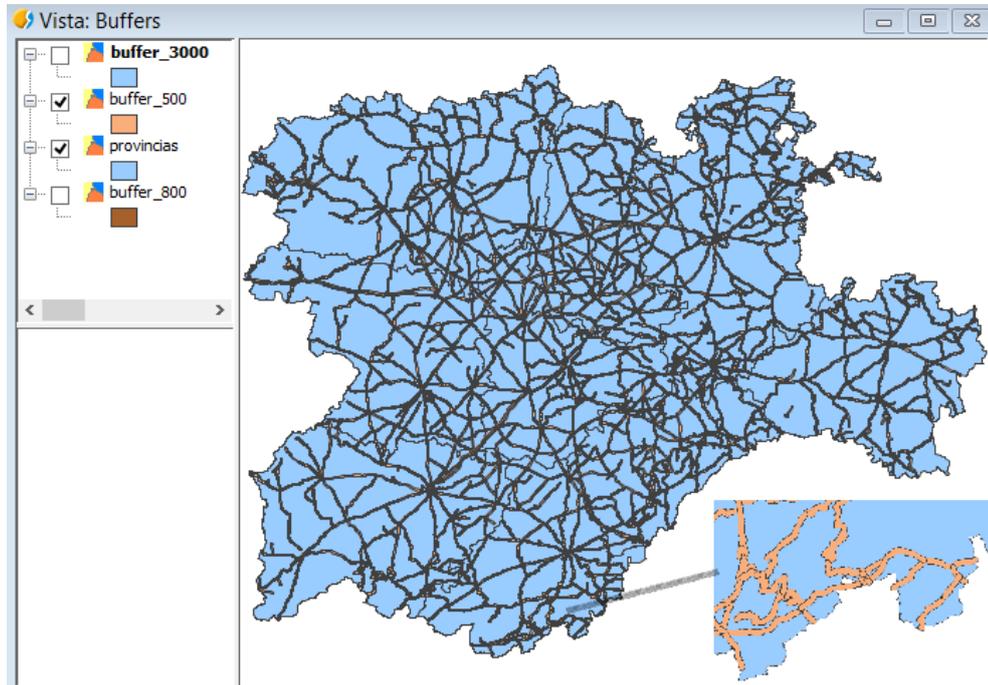


Ilustración 82- Zona de influencia para capa ráster gvSIG

Dentro de la pantalla desplegada hay que señalar la capa sobre la que se va a realizar el buffer, la manera o método empleado y la distancia sobre la capa del mismo, que en nuestro trabajo será de 500, 800 y 3000 metros.

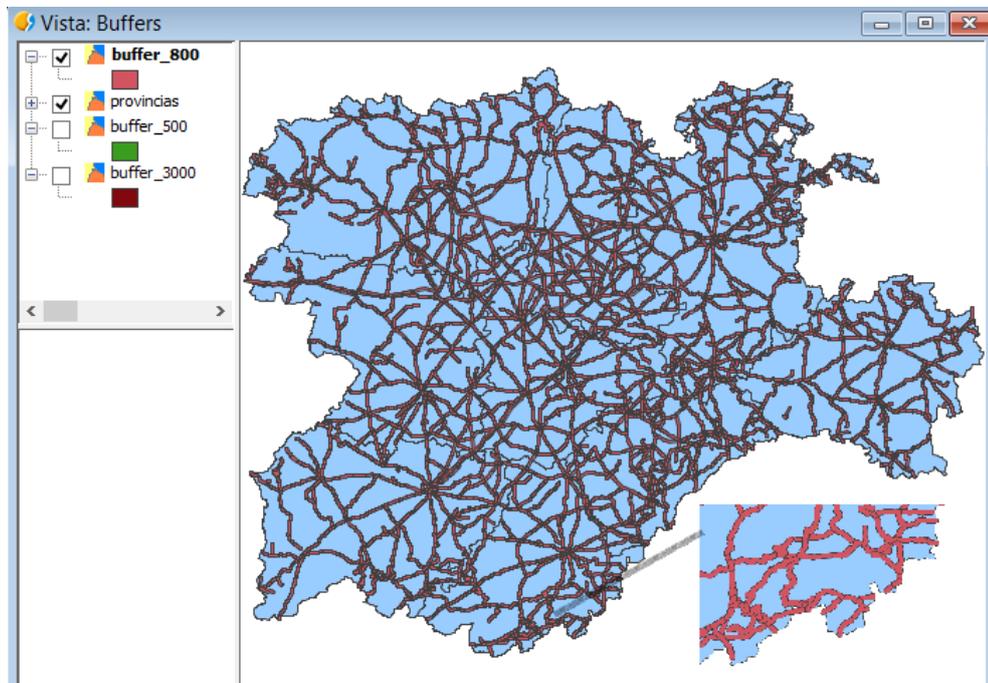
Los mapas resultantes para cada una de estas tres operaciones son los siguientes:

1) **Buffer 500 metros.**



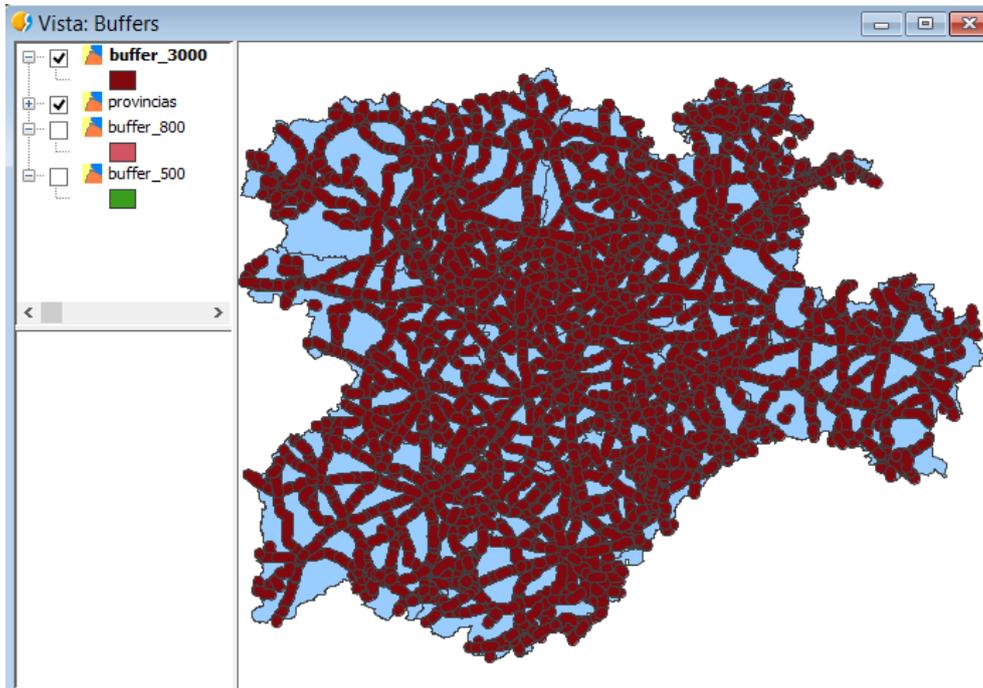
Mapa 71- Buffer 500 metros. Carreteras CyL

2) **Buffer 800 metros.**



Mapa 72- Buffer 800 metros. Carreteras CyL

3) Buffer 3000 metros.

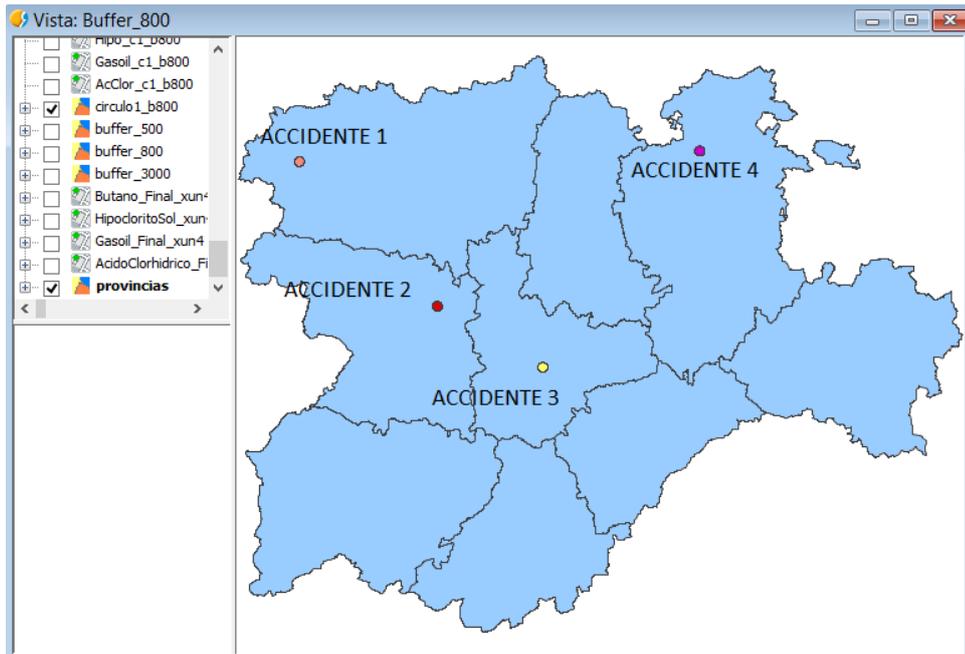


Mapa 73- Buffer 3000 metros. Carreteras CyL

Se observa como en las imágenes anteriores apenas se aprecia diferencia entre las zonas de influencia de 500 y 800 metros, mientras que para el buffer de 3000 el cambio es muy notable. Esto se debe a que son imágenes capturas del gvSIG, en el propio, programa, ampliando cada uno de los diferentes mapas, las diferencias se aprecian mucho mejor.

6.3. Estimación de Costes. Cálculos buffer-sustancia transportada

Una vez realizados estos buffers, se procede a la recreación de 4 accidentes puntuales, los cuales estarán situados en los mismos puntos para cada una de las tres zonas de influencia consideradas. El accidente 1 tuvo lugar en la provincia de León, en una carretera próxima a la ciudad de Ponferrada, el accidente 2 en la provincia de Zamora, el accidente 3 en las cercanías de Valladolid y por último, el accidente 4, en la provincia de Burgos. Los puntos elegidos se muestran en el siguiente mapa:



Mapa 74- Accidentes puntuales considerados

Para cada uno de ellos, se ha creado una nueva capa tipo “*shape*”, cuando se crea esta capa, hay que elegir su forma geométrica, en este caso se considera para todos los accidentes la forma circular, especificando el radio correcto en función de la zona de influencia con la que estemos trabajando.

En la siguiente imagen se muestra el área de impacto o influencia de un accidente puntual de entre los considerados en el estudio, estando presentes cada una de las áreas circulares para los 3 radios elegidos (500, 800 y 3000 metros):

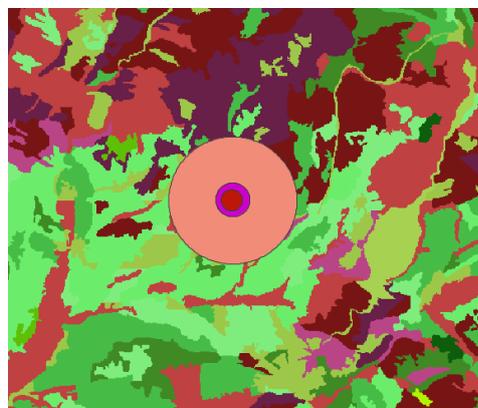


Ilustración 83- Accidentes considerados. 500, 800 y 3000 metros

El procedimiento para obtener el coste asociado a cada accidente en función del radio del círculo, su buffer vinculado y la sustancia considerada, se explica a continuación para uno de ellos, a modo de ejemplo. Una vez detallados los pasos a seguir, el resto de costes se obtienen del mismo modo, por lo que se mostrarán mediante una tabla y/o gráfica los resultados.

6.3.1. Ejemplo del procedimiento para obtener el coste económico asociado a un accidente

Para obtener el coste económico en euros de cualquiera de los accidentes puntuales, en primer lugar será necesario tener cargado en el gvSIG una serie de capas. A continuación vamos a mostrar las necesarias para este ejemplo, que será el accidente 1, con un área de influencia de 500 metros de radio y transportando gasoil. Es decir:

- Mapa ráster con coste unitario ambiental por píxel para la sustancia gasoil.
- Buffer de 500 metros realizado sobre las carreteras de la comunidad de Castilla y León.
- Capa “*shape*” correspondiente al accidente en el punto 1, con un área circular de radio de 500 metros.

Una vez cargadas estas capas en el programa, para estimar el coste asociado al área circular del accidente, procedemos con los siguientes pasos: Herramientas – Geoprocesamiento – Caja de herramientas – SEXTANTE – Herramientas básicas para capas ráster – Cortar capa ráster con capa de polígonos.

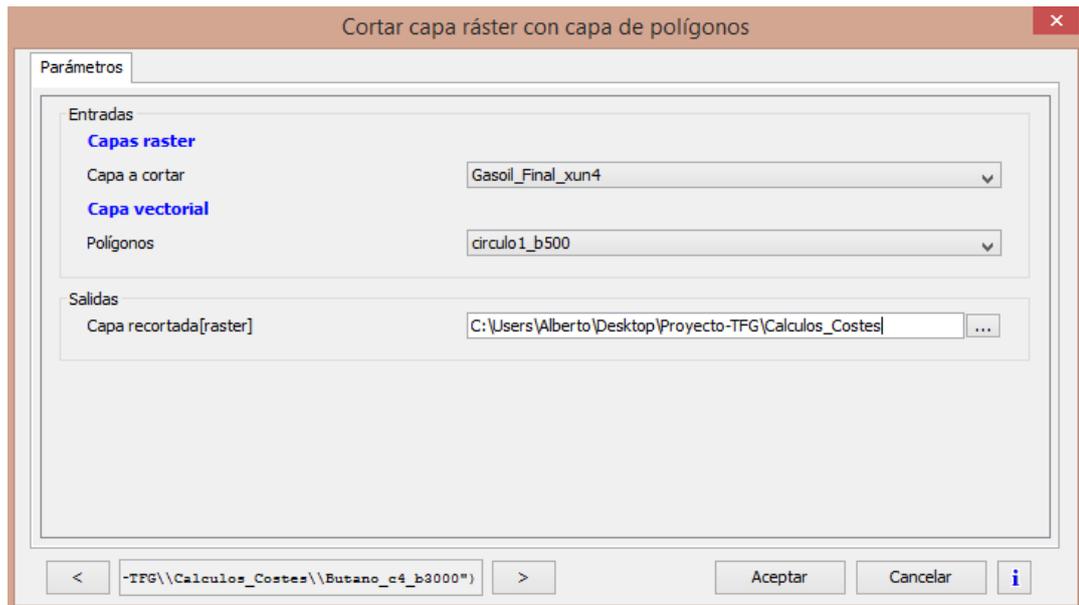


Ilustración 84- Cortar capa ráster con capa de polígonos

Mediante estas operaciones lo que conseguimos es el área resultante de cortar del mapa global de costes monetarios, el círculo correspondiente al área de influencia del accidente considerado. Esta área se muestra a continuación (los tonos van desde el blanco hasta el negro para el círculo recortado):



Ilustración 85- Píxeles resultantes para cuantificar el coste económico

Como esta área circular se corresponde con la zona de impacto del accidente, al haberla recortado del mapa de costes, contiene todos los píxeles asociados a los valores económicos en materia ambiental que se verían afectados en el mismo. De este modo, escogiendo la nueva capa ráster circular recortada y mediante la opción del gvSIG de Estadísticas básicas, obtendríamos el valor de la suma de todos los píxeles contenidos en la misma, además de otros datos e información adicional.

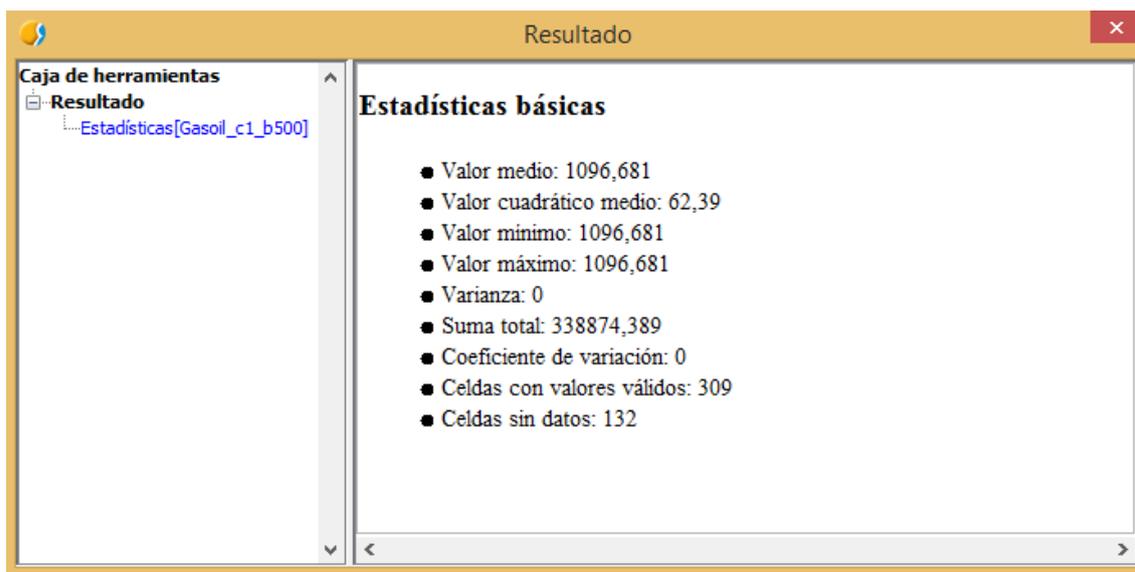


Ilustración 86- Estadísticas básicas Gasoil, accidente n°1, buffer 500 metros

Se observa como la cifra total del coste asociado al accidente transportando gasoil, en el punto 1 y con un área de influencia de 500 metros, asciende a un total de 338.874,389 €. Esta cifra se tiene que dividir entre cuatro, debido a que los costes asignados a cada píxel están expresados en € / hectárea año, y cada uno de los píxeles de los mapas manejados son de 50x50 metros, es decir de un cuarto de hectárea. Teniendo este matiz en cuenta nos quedaría finalmente un coste de 84.718,597 €.

Este procedimiento expuesto como ejemplo habría que repetirlo para el resto de accidentes, sustancias y zonas de influencia, siendo todos los pasos análogos con la salvedad de utilizar las capas adecuadas en cada caso. Por este motivo en el apartado siguiente se muestran los resultados obtenidos para el resto de los casos.

6.3.2. Presentación de tablas de resultados. Costes ambientales

Costes de accidentes puntuales para modelo con factor conversor de 1/4 para un cuarto de hectárea por píxel.

Buffer 800 metros

Sustancia	Círculo 1	Círculo 2	Círculo 3	Círculo 4
Ácido Clorhídrico	237.911,77 €	48.266,79 €	59.339,87 €	66.755,55 €
Gasoil/Gasolina	219.370,04 €	79.210,96 €	401.018,27 €	353.814,67 €
Hipoclorito solución	243.596,45 €	49.483,53 €	62.755,30 €	69.039,14 €
Butano/Propano	98.102,02 €	21.723,13 €	42.142,03 €	42.204,90 €

Buffer 500 metros

Sustancia	Círculo 1	Círculo 2	Círculo 3	Círculo 4
Ácido Clorhídrico	92.498,68 €	17.492,81 €	22.998,61 €	24.519,58 €
Gasoil/Gasolina	84.718,60 €	28.712,81 €	156.897,81 €	128.598,92 €
Hipoclorito solución	94.707,23 €	17.933,79 €	24.282,43 €	25.351,37 €
Butano/Propano	38.113,86 €	7.873,16 €	16.364,05 €	15.451,97 €

Buffer 3000 metros

Sustancia	Círculo 1	Círculo 2	Círculo 3	Círculo 4
Ácido Clorhídrico	2.136.450,69 €	1.041.561,24 €	955.024,62 €	1.119.572,64 €
Gasoil/Gasolina	3.530.379,07 €	1.794.184,03 €	5.168.705,41 €	5.282.488,70 €
Hipoclorito solución	2.211.511,80 €	1.072.412,14 €	996.417,08 €	1.162.136,80 €
Butano/Propano	975.950,00 €	476.822,72 €	608.272,90 €	676.819,57 €

Tabla 82- Presentación de Resultados. Costes asociados a accidentes y sustancias consideradas

6.3.3. Presentación de gráficas de resultados. Costes ambientales

Se añade también una gráfica para tener una mejor visión comparativa de los costes ambientales que se producen para cada sustancia y para cada uno de los buffers:

- Gráfica Costes – Buffer 800 metros.

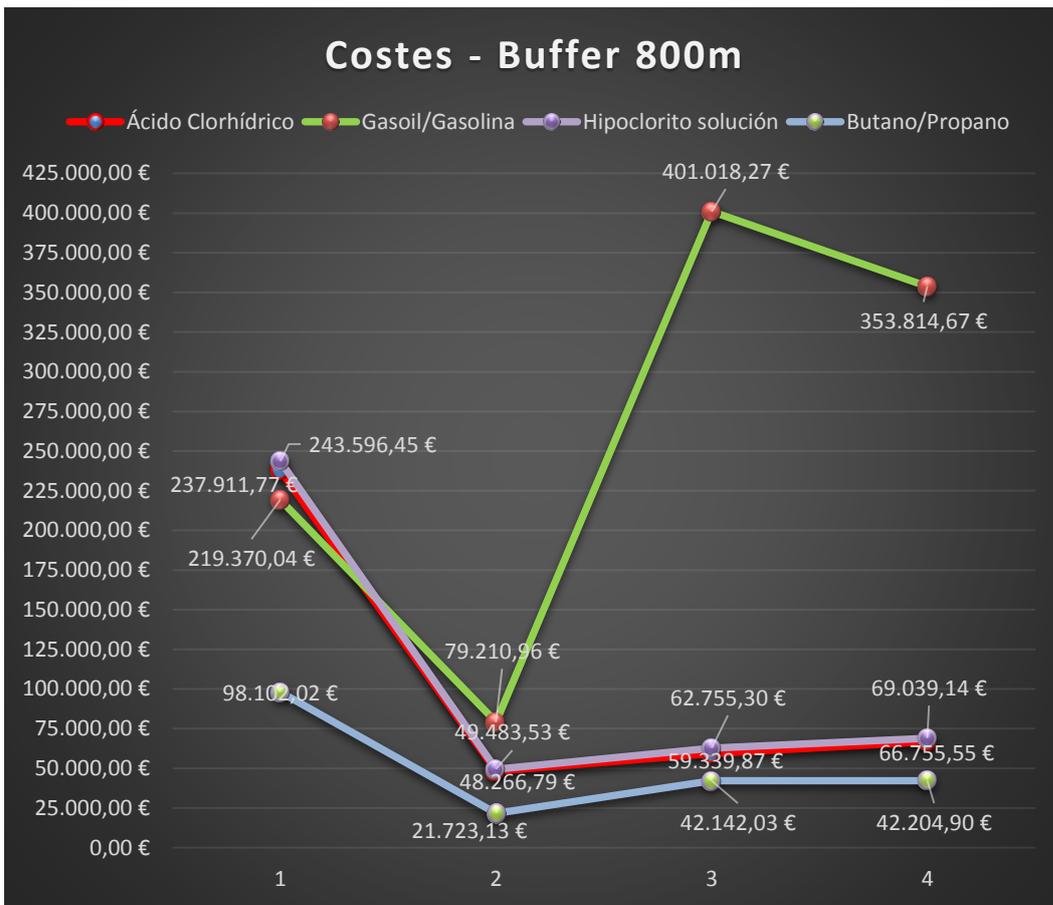


Ilustración 87- Gráfica costes, Buffer 800 metros

- Gráfica Costes - Buffer 500 metros.

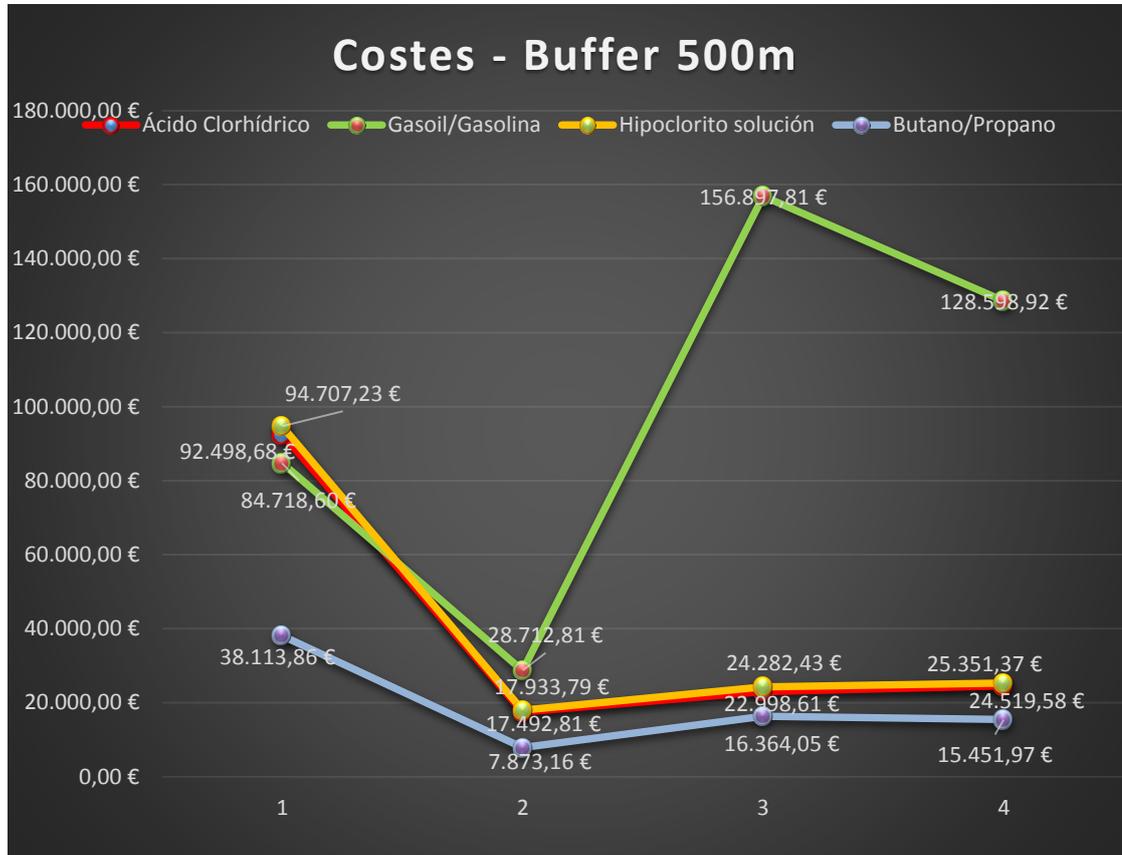


Ilustración 88- Gráfica costes, Buffer 500 metros

- Gráfica Costes – Buffer 3000 metros.

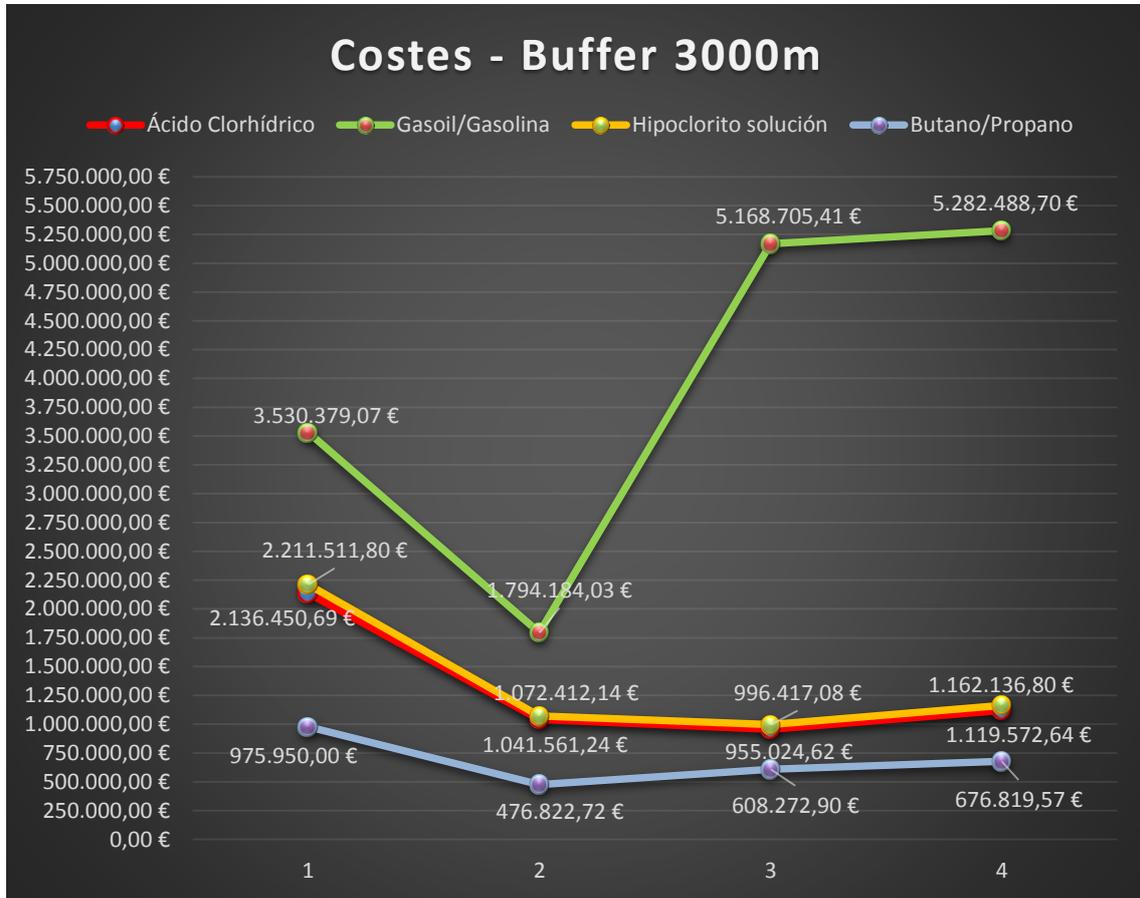


Ilustración 89- Gráfica costes, Buffer 3000 metros

Capítulo 7: Conclusiones

7.1 Introducción

En este capítulo, una vez desarrollado la totalidad del proyecto, se exponen en primer lugar las conclusiones que se han ido sacando a lo largo del mismo como por ejemplo los aspectos a mejorar, los problemas más relevantes que se han encontrado para poder avanzar y por supuesto también las conclusiones acerca de los resultados obtenidos.

En segundo lugar, se citan y exponen brevemente las líneas de trabajo más interesantes para proyectos que se realicen posteriormente, es decir los posibles desarrollos futuros que existen para continuar por esta senda de trabajo.

7.2. Conclusiones

Como conclusión general, se ha creado un modelo básico de estimación del coste económico ambiental asociado a un posible accidente con un vehículo en el que se transportan mercancías peligrosas por carretera.

La experiencia acumulada durante el desarrollo del trabajo, así como los resultados obtenidos en el mismo permiten llegar a las conclusiones generales que se exponen a continuación.

- **Adaptar la información de las tablas VANE (origen de los datos) para la obtención de los mapas de coste monetario ambiental (por no tener los propios del proyecto VANE) fue uno de los obstáculos más difíciles de resolver.** El gran inconveniente inicial para poder desarrollar el modelo fue el contar con los mapas VANE, para cada una de las variables ambientales consideradas en dicho estudio, en formato .jpg, y no en vectorial o ráster. El formato .jpg no es un formato válido para trabajar en los SIG, además de no contar con ningún tipo de información georreferenciada, en sus píxeles, en las tablas de atributos asociadas. El haber contado con los formatos vectorial o ráster (existen herramientas para pasar de uno a otro) nos hubiese permitido trabajar con los mapas desarrollados en el proyecto VANE con total exactitud y fiabilidad. Al no contar con esta información, la manera de solventar este gran contratiempo inicial, fue, como se explicó en el desarrollo del proyecto, el utilizar los datos de las tablas aportadas por el VANE (que ellos mismos utilizaron junto con otra información de la que no se disponía de manera pública abierta), junto con los mapas de “Usos del Suelo” facilitados por Protección civil, para fusionar toda esta información y

obtener unos mapas similares a los presentes en el modelo oficial del VANE. El problema de esta solución es que para algunas variables se ajustaba perfectamente obteniéndose un mapa muy similar al deseado, pero en algunas de ellas, el mapa resultante era muy diferente, debido a lo explicado anteriormente de otros datos no facilitados ni plasmados en los documentos públicos VANE, por lo que se perdía cierta precisión de este modo.

Pese a estos inconvenientes, nos pareció una solución para continuar con el desarrollo del proyecto, debido a que si en algún momento se tuviese acceso a los mapas originales del modelo de “Valoración de los activos naturales de España”, todos los procedimientos y desarrollos posteriores seguirían siendo válidos, con la única salvedad de cambiar unos mapas por otros, para que la información monetaria alojada en cada uno de los píxeles se actualiza en todos los cálculos posteriores en los que estos datos estuvieran implicados.

• Los programas informáticos de sistemas de información geográfica (SIG) constituyen una potente herramienta, versátil, con multitud de opciones y funcionalidades para resolver distintos tipos de problemas. Cada uno de los programas tiene sus ventajas y sus limitaciones.

Así pues, tanto el gvSIG como el QGIS, ambos programas libres y gratuitos, son una fantástica opción para resolver la mayoría de los problemas que pueden aparecer al desarrollar proyectos de este tipo. Apuntar que la experiencia con el gvSIG, con el que se ha desarrollado prácticamente la totalidad del trabajo, ha sido satisfactoria, pese a que en algunos momentos y para determinadas operaciones era demasiado lento, llegando incluso a colapsarse y reiniciarse en ciertas ocasiones, quizás por tener toda su estructura basada en el lenguaje JAVA.

También importante resaltar que para algunas operaciones necesarias con capas de tipo ráster, no disponía de herramientas para poder solventar dicho problema. Decir a su favor que este último inconveniente puede que se resuelva con cierta rapidez, puesto que al tratarse de un software libre como en el caso del QGIS, existen multitud de programadores y desarrolladores que se encargan de mejorar, ampliar y pulir estos programas, para que cada vez sean más completos y potentes. Como alternativa de pago se encuentra el ArcGIS, un software más potente, rápido y con mayor opciones y funcionalidades que fue descartado por dos razones, su alto precio y que era más interesante realizar el trabajo en un entorno libre y gratuito para que los futuros desarrolladores que continúen

ampliando el proyecto tuvieran una total facilidad para poder maniobrar con todos los ficheros, datos y cálculos existentes.

- **Limitaciones del modelo creado para calcular los costes ambientales, debido a que los datos iniciales solo contemplan los “Usos del Suelo”.** Otro factor a tener en cuenta es el hecho de que para realizar dicho modelo se ha partido principalmente, en lo que a términos conceptuales se refiere, del modelo desarrollado por R.Martínez-Alegría (Martínez-Alegría, et al., 2003), en el cual existen cuatro términos diferentes que definen a la vulnerabilidad ambiental, los cuales son: usos del suelo, hidrogeológica, hidrográfica y espacios naturales protegidos. En el proyecto VANE, las cifras económicas que se aportan para cada una de las variables ambientales en sus tablas y mapas asociados hace referencia únicamente a los usos del suelo. Por este motivo, puesto que estos datos son los únicos con los que se contaba para desarrollar el modelo en el territorio de Castilla y León, en el presente estudio solo se ha tenido en cuenta el valor económico de los usos del suelo para obtener el coste ambiental final.

- **Dificultad de crear cualquier tipo de modelo, especialmente si es de carácter puramente cuantitativo.** En el modelo del que partimos, al obtener los resultados, estos se cuantifican para dar un valor del riesgo, que es un ente abstracto, que no tiene unas unidades de medida específicas en la realidad, por lo que se trata de un modelo semicuantitativo debido a que el resultado se expresa en términos numéricos. Estos términos posteriormente se asociaran mediante una escala, y según se encuentre el resultado entre unos rangos u otros de esta escala se clasificará al riesgo dentro de un determinado valor. Este concepto, pese a darse el resultado como una unidad numérica, conceptualmente es como si se tratase de un modelo cualitativo. En cambio, en el presente proyecto, al tener marcado como objetivo dar una cifra del coste económico en euros (por hectárea y por año) el modelo desarrollado es puramente de carácter cuantitativo. Este hecho resulta clave debido a la complejidad de tener que obtener mediante los cálculos oportunos un resultado en unas unidades numéricas reales y tan representativas como son las monetarias, ya que todos estamos más que acostumbrados a manejarlas cada día. Esto hace que a la hora de desarrollar el modelo, todo deba de estar más cuidado y pulido puesto que son unas unidades reales que no se pueden falsear y por lo tanto cada factor multiplicativo y cada término deberá de tener su razón de ser y su explicación coherente para finalmente dar una cifra económica que tenga sentido y se aproxime a la realidad.

Desarrollar cualquier tipo de modelo, es un proceso delicado y complejo, en el que entran en juego multitud de factores, variables y parámetros que hay que tener en cuenta para poder modelar el proceso de forma satisfactoria. Como los factores que pueden afectar o modificar a los valores económicos que estamos buscando son prácticamente infinitos, hay que parametrizar aquellos de mayor relevancia, ver cómo interaccionan entre ellos y luego ir puliendo y mejorando el modelo hasta comprobar que los resultados obtenidos son fiables.

- **Las resultados obtenidos al ejecutar el modelo práctico para estimar los costes ambientales en los diferentes escenarios planteados arrojan cifras coherentes con el orden de magnitud previsible.** Hay que tener en cuenta que en la mayoría de los casos, cuando se produce un accidente, no suele ser habitual que los daños sean catastróficos o que ardan gran cantidad de hectáreas de territorio, sino que normalmente los daños suelen estar contenidos en unos límites moderados. Teniendo en cuenta las cifras obtenidas en los diversos cálculos efectuados se observa como no son unos costes demasiado elevados si los comparamos por ejemplo, con el valor del coste asociado en España a una víctima mortal de un accidente de tráfico, que asciende, teniendo en cuenta la gravedad de la pérdida, a un total de 1,4 millones de euros.

Vemos por ejemplo para el accidente de 500 metros de radio, como el valor mínimo obtenido se sitúa en torno a los 8.000 €, para un accidente con butano o propano, mientras que la cifra máxima está aproximadamente en 157.000 €, para un accidente en el que se transportaba gasoil o gasolina. Para el radio de 800 metros las cifras aumentan hasta 22.000 € para el valor mínimo y 40.000 € para el máximo. Finalmente para el radio de 3000 metros se sitúan en 477.000 – 5.169.000 €. Darse cuenta que los valores mínimos y máximos para los tres radios se dan para las mismas sustancias, esto se debe a que los accidentes están situados sobre los mismos puntos.

7.3. Futuros desarrollos

Como futuros desarrollos se plantean cinco líneas principales de trabajo, y una sexta adicional.

- 1) Aplicación de esta metodología a otro tipo de daños que incluyan costes tecnológicos y/o naturales, previa definición de los factores que lo determinan y de los que se dispongan bases de datos adecuadas, tales

como eventos meteorológicos y siniestralidad viaria o eventos de desbordamientos de cauces y daños por inundación.

2) Ampliación del concepto de vulnerabilidad ambiental, no haciendo uso solamente de la vulnerabilidad asociada a los “usos del suelo”, que hace referencia principalmente a los distintos tipos de vegetación existentes, tal y como se realiza en el modelo VANE. Sería interesante ampliar esta información, para obtener unas cifras del valor por hectárea en euros del territorio considerado más completas y exactas, teniendo en cuenta la hidrografía, hidrogeología y los espacios naturales protegidos. De este modo el estudio posterior podría ser todavía más relevante y enriquecedor, ya que lógicamente al estar incluyendo nuevos aspectos claves en materia ambiental, los resultados que se obtendrían serían más óptimos y fiables.

3) Creación de una aplicación informática que permita la introducción de datos como el tipo de sustancia y nos generase las vulnerabilidades al relacionarla con cada una de las variables del modelo VANE y el mapa de coste ambiental final por hectárea asociado. En este trabajo se han empleado los mapas, que pueden ser base a este futuro desarrollo. Se propone realizar un pequeño programa o script en Java (Jython en caso de realizarlo específicamente para gvSIG) que pudiera integrarse con facilidad tanto en gvSIG como QGIS para automatizar aún más el proceso. Por último sería muy interesante poder sincronizar todo el desarrollo anterior con alguna herramienta, georreferenciada con los mapas desarrollados, que permita elegir la carretera y su punto kilométrico exacto, para poder simular un accidente en concreto de forma rápida, exacta y cómoda.

4) Ampliación de la actual base de datos e inserción de otras variables, lo que conduciría a una mejora de las capacidades estimativas del modelo. Para ampliar la base de datos se puede recurrir a ampliar el área estudiada pudiendo ser varias autonomías o a nivel estatal.

5) Integración en el modelo teórico final desarrollado de otras variables para conseguir un modelo de costes integral. Se tendrán en cuenta diferentes tipos de costes materiales, como pueden ser los asociados con el daño en el vehículo transportador, la reparación y/o reconstrucción de las vías y los costes de limpieza, para ver a cuánto asciende la cifra económica en los diferentes accidentes considerados. Esto completará los costes de tipo ambiental. Junto con ellos se integrarán los costes generados por las víctimas, esto es, daños sufridos por el conductor, acompañantes y terceras personas involucradas, valorando incluso su posible fallecimiento. En último lugar se unirán los costes de los equipos de rescate, equipos médicos de

intervención, ambulancias, helicópteros sanitarios etc. De este modo se evaluarán los 3 tipos de daños fundamentales en un accidente en carretera, es decir, el impacto ambiental, el material y el social.

6) Una sexta línea adicional es el uso de esa estimación de costes para realizar un análisis y optimización de los medios disponibles en caso de intervención de Protección Civil, con el fin de que estén disponibles allí donde se estime más necesario.

Capítulo 8: Estudio económico

8.1. Introducción

Debido a que el proyecto realizado es de investigación, todos los costes están originados por el análisis teórico del mismo.

Para realizar el cálculo de costes, éstos se van a dividir en dos tipos:

- Costes Directos
- Costes Indirectos

8.2. Costes del proyecto

En el coste del proyecto se van a considerar tanto los costes de personal, como los costes del material utilizado en la realización del mismo.

8.2.1. Costes de personal

El único coste de personal existente es el originado por el ingeniero que lo ha llevado a cabo. Lo primero que hay que hacer es obtener las tasas por hora para poder efectuar las valoraciones presupuestarias de los salarios y de las amortizaciones del material.

Primero se calculan las horas efectivas del trabajo anual a partir de datos estadísticos.

8.2.1.1. Horas anuales estimadas

CONCEPTO	DÍAS
<i>Año medio</i>	365,25
DÍAS NO EFECTIVOS	
<i>Sábados y Domingos</i>	104,36
<i>Días festivos reconocidos</i>	14
<i>Vacaciones</i>	22
<i>Días por motivos personales</i>	5
<i>*Días efectivos reconocidos totales</i>	219,89
TOTAL HORAS EFECTIVAS AL AÑO (x 8 h/día)	1759,12 horas

Tabla 83- Horas anuales estimadas

8.2.1.2. Coste anual del ingeniero

Se consideran 14 pagas anuales, teniendo en cuenta que las pagas extraordinarias no cotizan a la Seguridad Social.

La cotización anual de la empresa por trabajador a la Seguridad Social es de un 30.8 %, de los cuales 23.6 % es para Contingencias Comunes, un 6.2 % para Desempleo, un 0.6 % para Formación Profesional y un 0.4 % para el Fondo de Garantía Salarial (FOGASA). No se han considerado las Contingencias Profesionales, pues depende del convenio existente con la empresa.

Según lo anterior, y suponiendo un sueldo anual bruto de 30000 €, se tiene la siguiente tabla:

CONCEPTO	CANTIDAD
Sueldo bruto anual	30.000 €
Sueldo bruto mensual (14 pagas)	2.142,86 €
Cotización a la S. S. (30 %)	642,86 €
Cotización anual a la S. S.	9.000 €
COSTE TOTAL ANUAL	39.000 €

Tabla 84- Coste anual del ingeniero

8.2.1.3. Coste horario del ingeniero

Se calcula dividiendo el coste anual calculado anteriormente entre el total de horas efectivas al año.

Coste horario..... 22,17 €

8.2.1.4. Horas efectivas de trabajo en el proyecto

La duración y el desglose en horas de cada etapa de realización del proyecto, queda reflejado en la siguiente tabla:

CONCEPTO	CANTIDAD EN HORAS
Recopilación de información	75
Estudio e investigación	300
Elaboración de documentación	200
TOTAL	575

Tabla 85- Horas efectivas de trabajo

8.2.1.5. Coste total del ingeniero sobre el proyecto

Se calcula multiplicando el coste horario del ingeniero por el número total de horas efectivas de trabajo.

Coste del ingeniero en el proyecto..... 12.747,75 €

8.2.2. Coste del material

Se van a desglosar en dos: los costes de amortización del equipo en el que se ha invertido y los costes del material auxiliar necesitado.

8.2.2.1. Coste total de la inversión

Antes de calcular los costes de amortización, es necesario conocer la inversión del equipo adquirido:

HARDWARE	
<i>Portátil Toshiba i-3 8Gb RAM 500 Gb HD</i>	560€
<i>Impresora láser Canon</i>	200 €
SOFTWARE	
<i>Microsoft Office 2013</i>	395 €
<i>SPSS</i>	1495 €
<i>SIG's</i>	1048 €
TOTAL	3698 €

Tabla 86- Coste total de la inversión

8.2.2.2. Coste de amortización del equipo

Son los costes asociados al empleo de los equipos y del software utilizados en el proyecto, consecuencia de la inversión inicial necesaria para adquirirlos.

Para el cálculo de la amortización de los equipos se ha considerado un periodo de amortización de 5 años (vida útil del equipo), que es el usual en este tipo de equipos, y que el material se encuentra trabajando al año las horas anteriormente estimadas (las horas efectivas de trabajo del ingeniero

son las mismas que las horas efectivas de trabajo de los equipos). Se va a suponer que el valor residual después de los 5 años es nulo.

La cuota anual va a ser:

$$cuota\ anual = \frac{100}{5} = 20\%$$

CONCEPTO	CANTIDAD
<i>Inversión</i>	3698 €
<i>Coste horario de amortización(x 0.2/1.759,12)</i>	0,42 €
COSTE TOTAL DE AMORTIZACIÓN	226,6 €

Tabla 87- Coste de amortización del equipo

8.2.2.3. Coste de material auxiliar

Los gastos diversos están asociados al empleo de material consumible, como es el papel de impresora, disquetes,... Su valor es el siguiente:

CONCEPTO	CANTIDAD
<i>DVD's, papel y otro material fungible</i>	40 €
<i>Costes de documentación y fotocopias</i>	210 €
TOTAL	250 €

Tabla 88- Coste del material auxiliar

8.2.2.4. Coste total del proyecto

Se van a calcular los costes directos, indirectos y totales del proyecto:

COSTES DIRECTOS	
<i>Costes de personal</i>	12.747,75 €
<i>Costes de amortización del equipo</i>	226,60 €
<i>Coste material auxiliar</i>	250 €
TOTAL COSTES DIRECTOS	13.224,35 €

Tabla 89- Costes directos

COSTES INDIRECTOS	
<i>Consumo de electricidad</i>	140 €
<i>Consumo servicios varios</i>	60 €
TOTAL COSTES INDIRECTOS	200 €

Tabla 90- Costes indirectos

COSTES TOTALES	
Costes directos	13.224,35€
Costes indirectos	200 €
TOTAL	13.424,35 €

Tabla 91- Costes totales

Índice de Tablas:

Tabla 1- Clasificación del ADR/RID	15
Tabla 2- División de materias y objetos explosivos de clase 1.....	17
Tabla 3- Grupos de compatibilidad de materias y objetos explosivos de clase 1 y Clase 2. Gases	18
Tabla 4- Grupos de los gases.....	20
Tabla 5- División de materias líquidas inflamables de clase 3	21
Tabla 6- División de materias sólidas inflamables de clase 4.1.....	23
Tabla 7- División de materias de clase 4.2	23
Tabla 8- División de materias de clase 4.3	24
Tabla 9- División de materias comburentes de clase 5.1.....	25
Tabla 10- División de materias tóxicas de clase 6.1.....	27
Tabla 11- Clasificación de las materias tóxicas según DL50 y CL50	28
Tabla 12- División de materias infecciosas de clase 6.2.....	28
Tabla 13- División de materias y objetos peligrosos de clase 9	31
Tabla 14- Características y denominación de los RTP	33
Tabla 15- Tipo de peligro intrínseco a la materia que se transporta.....	55

Tabla 16- Activos Considerados.....	83
Tabla 17- Servicios Considerados.....	87
Tabla 18- Valor de la producción maderera por usos del suelo	88
Tabla 19- Valor de la producción de leña por usos del suelo.....	90
Tabla 20- Valor de la producción de piñones por usos del suelo	91
Tabla 21- Valor de la producción de hongos por usos del suelo	92
Tabla 22- Valor de la producción de agraria por usos del suelo.....	93
Tabla 23- Valor de la producción ganadera forestal por usos del suelo.....	95
Tabla 24- Valor de la provisión de agua para uso agrícola por usos del suelo	96
Tabla 25- Valor de la provisión de agua para uso industrial por usos del suelo	98
Tabla 26- Valor de la provisión de agua para uso doméstico por usos del suelo.....	99
Tabla 27- Valor de la provisión de agua para uso energético por usos del suelo.....	101
Tabla 28- Valor del servicio recreativo interior por usos del suelo	103
Tabla 29- Valor de la producción de caza menor según usos del suelo	105
Tabla 30- Valor de la producción de caza mayor según usos del suelo	107

Tabla 31- Valor del servicio de control de la erosión por usos del suelo.....	108
Tabla 32- Valor del tratamiento de vertidos continentales por usos del suelo	110
Tabla 33- Valor del servicio de captura de carbono por el arbolado forestal según usos del suelo	112
Tabla 34- Valor del servicio de captura de carbono por el matorral según usos del suelo	114
Tabla 35- Valor del servicio de conservación biológica según usos del suelo	115
Tabla 36- Leyenda Corine Land Cover 44	123
Tabla 37- Leyenda Corine Land Cover traducida.....	124
Tabla 38- Registros mapa Usos_00 del suelo. Leyenda Corine	127
Tabla 39- Usos_00 – VANE. Producción de Madera.....	128
Tabla 40- Usos_00 – VANE. Producción de Leña	130
Tabla 41- Usos_00 – VANE. Producción de Piñones	132
Tabla 42- Usos_00 – VANE. Producción de Hongos.....	134
Tabla 43- Usos_00 – VANE. Producción Agraria.....	136
Tabla 44- Usos_00 – VANE. Producción Ganadera Forestal	138
Tabla 45- Usos_00 – VANE. Provisión de agua para uso agrícola	140

Tabla 46- Usos_00 – VANE. Provisión de agua para uso industrial	142
Tabla 47- Usos_00 – VANE. Provisión de agua para uso doméstico	144
Tabla 48- Usos_00 – VANE. Provisión de agua para uso energético	146
Tabla 49- Usos_00 – VANE. Servicio Recreativo Interior.....	148
Tabla 50- Usos_00 – VANE. Caza Menor	150
Tabla 51- Usos_00 – VANE. Caza Mayor.....	152
Tabla 52- Usos_00 – VANE. Control de la Erosión	154
Tabla 53- Usos_00 – VANE. Tratamiento de vertidos por el agua continental	156
Tabla 54- Usos_00 – VANE. Captura de carbono por el arbolado forestal ...	158
Tabla 55- Usos_00 – VANE. Captura de carbono por el matorral	160
Tabla 56- Usos_00 – VANE. Conservación de la Diversidad Biológica.....	162
Tabla 57- Tipos de mercancías peligrosas transportadas por Castilla y León	231
Tabla 58- Base de datos de accidentes	241
Tabla 59- Porcentaje sustancias en Castilla y León	247
Tabla 60- Valores de Peligrosidad de accidente	253
Tabla 61- Vulnerabilidades Intrínsecas para registros Leyenda Corine	254

Tabla 62- Procedimiento Vulnerabilidad Intrínseca	257
Tabla 63- Vulnerabilidad Intrínseca para registros VANE	258
Tabla 64- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 1-11	259
Tabla 65- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 12-22	260
Tabla 66- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 23-33	261
Tabla 67- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 34-44	262
Tabla 68- Vulnerabilidades Extrínsecas para registros Leyenda Corine 45-53	262
Tabla 69- Materiales. Clases ADR	264
Tabla 70- Vulnerabilidad extrínseca de cada variable VANE para 4 sustancias consideradas	265
Tabla 71- Vulnerabilidad ambiental de cada variable VANE para 4 sustancias consideradas	266
Tabla 72- Ponderación de la inflamabilidad	282
Tabla 73- Ponderación de la reactividad	283
Tabla 74- Ponderación de la toxicidad/corrosión.....	283
Tabla 75- Ponderación del grado de oxidación.....	284

Tabla 76- Matriz de índices de peligro	286
Tabla 77- Costes de Limpieza	286
Tabla 78- Costes de Reconstrucción	287
Tabla 79- BLEVE en cisterna Butano/Propano.....	294
Tabla 80- Fuga Continua de Cloro en Cisterna	294
Tabla 81- Fuga Completa, colapso total de Cloro en Cisterna.....	294
Tabla 82- Presentación de Resultados. Costes asociados a accidentes y sustancias consideradas	305
Tabla 83- Horas anuales estimadas.....	319
Tabla 84- Coste anual del ingeniero.....	320
Tabla 85- Horas efectivas de trabajo	320
Tabla 86- Coste total de la inversión	321
Tabla 87- Coste de amortización del equipo	322
Tabla 88- Coste del material auxiliar	322
Tabla 89- Costes directos	322
Tabla 90- Costes indirectos.....	322
Tabla 91- Costes totales.....	323

Índice de Figuras:

Figura 1- División 1.....	46
Figura 2- Divisiones 1.4, 1.5 y 1.6.....	46
Figura 3- Gases inflamables	47
Figura 4- Gases no inflamables, no tóxicos.....	47
Figura 5- Materia tóxica	47
Figura 6 - Materias líquidas inflamables	48
Figura 7- Materias sólidas inflamables	48
Figura 8- Materias que pueden experimentar inflamación espontánea	48
Figura 9- Materias que al contacto con agua desprenden gases inflamables	49
Figura 10- Materias comburentes.....	49
Figura 11 - Peróxidos orgánicos	50
Figura 12- Materias tóxicas	50
Figura 13- Materias infecciosas	50
Figura 14- Materias radiactivas.....	51
Figura 15- Materias fisionables de la clase 7	52

Figura 16- Materias corrosivas	52
Figura 17- Materias y objetos peligrosos	53
Figura 18- Panel naranja.....	53
Figura 19- Los vehículos según diferentes tipos	54

Índice de Ilustraciones:

Ilustración 1- Diagrama determinación Riesgo	74
Ilustración 2- Desglose de las capas que conforman la capa final de Usos del Suelo	121
Ilustración 3- Tabla de atributos Usos_00	125
Ilustración 4- Agrupar por un campo Usos_00	126
Ilustración 5- Resultado “Agrupar por un campo” Usos_00	127
Ilustración 6- Tabla de atributos. Producción de Madera	129
Ilustración 7- Tabla de atributos. Producción de Leña	131
Ilustración 8- Tabla de atributos. Producción de Piñones	133
Ilustración 9- Tabla de atributos. Producción de Hongos	135
Ilustración 10- Tabla de atributos. Producción agraria	137
Ilustración 11- Tabla de atributos. Producción Ganadera Forestal.....	139
Ilustración 12- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso agrícola	141
Ilustración 13- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso industrial...	143
Ilustración 14- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso doméstico .	145
Ilustración 15- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso doméstico .	147

Ilustración 16- Tabla de atributos. Servicio Recreativo Interior.....	149
Ilustración 17- Tabla de atributos. Caza Menor	151
Ilustración 18- Tabla de atributos. Caza Mayor.....	153
Ilustración 19- Tabla de atributos. Control de la Erosión	155
Ilustración 20- Tabla de atributos. Tratamiento de vertidos por el agua continental.....	157
Ilustración 21- Tabla de atributos. Captura de carbono por el arbolado forestal	159
Ilustración 22- Tabla de atributos. Captura de carbono por el matorral	161
Ilustración 23- Tabla de atributos. Conservación de la Diversidad Biológica	163
Ilustración 24- Ejemplo, “Agrupar por un campo”	164
Ilustración 25- Tabla de atributos. Producción de madera. Con agrupación por campo EUR €	165
Ilustración 26- Intervalos para Producción de Madera	166
Ilustración 27- Intervalos para Producción de Leña	169
Ilustración 28- Tabla de atributos. Producción de leña. Con agrupación por campo EUR €.....	169
Ilustración 29- Tabla de atributos. Producción de piñones. Con agrupación por campo EUR €	170

Ilustración 30- Intervalos para Producción de Piñones	172
Ilustración 31- Intervalos para Producción de Hongos	174
Ilustración 32- Tabla de atributos. Producción de hongos. Con agrupación por campo EUR €.....	174
Ilustración 33- Tabla de atributos. Producción agraria. Con agrupación por campo EUR €.....	175
Ilustración 34- Intervalos para Producción Agraria	177
Ilustración 35- Intervalos para Producción Ganadera Forestal.....	179
Ilustración 36- Tabla de atributos. Producción ganadera forestal. Con agrupación por campo EUR €.....	179
Ilustración 37- Intervalos para Provisión de agua para uso agrícola.....	181
Ilustración 38- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso agrícola. Con agrupación por campo EUR €.....	181
Ilustración 39- Intervalos para Provisión de agua para uso industrial	183
Ilustración 40- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso industrial. Con agrupación por campo EUR €.....	183
Ilustración 41- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso doméstico. Con agrupación por campo EUR €	185
Ilustración 42- Intervalos para provisión de agua para uso doméstico.....	186
Ilustración 43- Intervalos para Provisión de agua para uso energético	188

Ilustración 44- Tabla de atributos. Provisión de agua para uso energético. Con agrupación por campo EUR €.....	188
Ilustración 45- Intervalos para Servicio Recreativo Interior	190
Ilustración 46- Tabla de atributos. Servicio recreativo interior. Con agrupación por campo EUR €	190
Ilustración 47- Intervalos para Caza Menor.....	192
Ilustración 48- Tabla de atributos. Caza menor. Con agrupación por campo EUR €.....	192
Ilustración 49- Intervalos para Caza Mayor	194
Ilustración 50- Tabla de atributos. Caza mayor. Con agrupación por campo EUR €.....	194
Ilustración 51- Intervalos para Control de la Erosión.....	196
Ilustración 52- Tabla de atributos. Control de la erosión. Con agrupación por campo EUR €.....	196
Ilustración 53- Intervalos para Tratamiento de vertidos en aguas continentales.....	198
Ilustración 54- Tabla de atributos. Tratamiento de vertidos en aguas continentales. Con agrupación por campo EUR €	198
Ilustración 55- Tabla de atributos. Control de carbono por el arbolado forestal. Con agrupación por campo EUR €.....	200
Ilustración 56- Intervalos para Control de carbono por el arbolado forestal	201

Ilustración 57- Intervalos para Control de carbono por el matorral.....	203
Ilustración 58- Tabla de atributos. Control de carbono por matorral. Con agrupación por campo EUR €.....	203
Ilustración 59- Tabla de atributos. Conservación de la diversidad biológica. Con agrupación por campo EUR €	205
Ilustración 60- Intervalos para Conservación de la diversidad biológica	206
Ilustración 61- Captura Archivos Vectoriales 1.....	207
Ilustración 62- Captura Archivos Vectoriales 2.....	208
Ilustración 63- Captura Archivos Vectoriales 3.....	208
Ilustración 64- Captura Archivos Vectoriales 4.....	209
Ilustración 65- Rasterizar capa vectorial gvSIG 1. Parámetros.....	210
Ilustración 66- Rasterizar capa vectorial gvSIG 2. Utilizar extensión de otra capa	211
Ilustración 67- Parte accidente modelo papel 1	233
Ilustración 68- Parte accidente modelo papel 2	234
Ilustración 69- Parte accidente modelo en formato digital.....	235
Ilustración 70- Localización municipio del accidente.	242
Ilustración 71- Localización exacta del accidente y cotas altimétricas	242
Ilustración 72- Visualización del Lugar del accidente, recta	243

Ilustración 73- Gráfico circular, porcentajes sustancias en Castilla y León.	
Total.....	248
Ilustración 74- Gráfico circular, sustancias más transportadas en Castilla y León.....	249
Ilustración 75- Línea de Comandos gvSIG. BeanShell	269
Ilustración 76- Calculadora de Mapas gvSIG.....	269
Ilustración 77- Modelizador gvSIG	271
Ilustración 78- Parámetros Modelizador gvSIG 1	272
Ilustración 79- Parámetros Modelizador gvSIG 2	272
Ilustración 80- Tipos de inputs.....	291
Ilustración 81- Buffer asociado a cada tipo de input.....	292
Ilustración 82- Zona de influencia para capa ráster gvSIG	298
Ilustración 83- Accidentes considerados. 500, 800 y 3000 metros.....	301
Ilustración 84- Cortar capa ráster con capa de polígonos	303
Ilustración 85- Píxeles resultantes para cuantificar el coste económico	303
Ilustración 86- Estadísticas básicas Gasoil, accidente nº1, buffer 500 metros	304
Ilustración 87- Gráfica costes, Buffer 800 metros.....	306
Ilustración 88- Gráfica costes, Buffer 500 metros.....	307

Ilustración 89- Gráfica costas, Buffer 3000 metros..... 308

Índice de Mapas:

Mapa 1- Mapa de valor de la producción de madera (€ / ha año)	89
Mapa 2- Mapa de valor de la producción de leña (€ / ha año)	90
Mapa 3- Mapa de valor de la producción de piñones (€ / ha año)	91
Mapa 4- Mapa de valor de la producción de hongos (€ / ha año)	92
Mapa 5- Mapa de valor de la producción agraria (€ / ha año).....	94
Mapa 6- Mapa de valor de la producción ganadera forestal (€ / ha año)	95
Mapa 7- Mapa de valor de provisión de agua para uso agrícola (€ / ha año)	97
Mapa 8- Mapa de valor de provisión de agua para uso industrial (€ / ha año)	98
Mapa 9- Mapa de valor de provisión de agua para uso doméstico (€ / ha año)	100
Mapa 10- Mapa de valor de provisión de agua para uso energético (€ / ha año)	102
Mapa 11- Mapa de valor del servicio recreativo en el interior (€ / ha año).	104
Mapa 12- Mapa de valor de la caza menor (€ / ha año)	106
Mapa 13- Mapa de valor de la caza mayor (€ / ha año).....	107
Mapa 14- Mapa de valor de control de la erosión (€ / ha año).....	109

Mapa 15- Mapa de valor del tratamiento de vertidos en aguas continentales (€ / ha año).....	111
Mapa 16- Mapa de valor de la captura de carbono por el arbolado forestal (€ / ha año)	113
Mapa 17- Mapa de valor de la captura de carbono por el matorral (€ / ha año).....	114
Mapa 18- Mapa de valor de la conservación de la diversidad biológica (€ / ha año).....	116
Mapa 19- Usos_00	125
Mapa 20- Producción de madera. Vectorial 1.....	165
Mapa 21- Producción de madera. Vectorial 2.....	167
Mapa 22- Producción de leña. Vectorial	168
Mapa 23- Producción de piñones. Vectorial 1.....	170
Mapa 24- Producción de piñones. Vectorial 2.....	171
Mapa 25- Producción de hongos. Vectorial	173
Mapa 26- Producción agraria. Vectorial 1	175
Mapa 27- Producción agraria. Vectorial 2	176
Mapa 28- Producción ganadera forestal. Vectorial	178
Mapa 29- Provisión de agua para uso agrícola. Vectorial	180

Mapa 30- Provisión de agua para uso industrial. Vectorial	182
Mapa 31- Provisión de agua para uso doméstico. Vectorial 1.....	184
Mapa 32- Provisión de agua para uso doméstico. Vectorial 2.....	185
Mapa 33- Provisión de agua para uso energético. Vectorial	187
Mapa 34- Servicio Recreativo Interior. Vectorial	189
Mapa 35- Caza Menor. Vectorial	191
Mapa 36- Caza Mayor. Vectorial.....	193
Mapa 37- Control de la Erosión. Vectorial	195
Mapa 38- Tratamiento de vertidos en aguas continentales. Vectorial.....	197
Mapa 39- Captura de carbono por el arbolado forestal. Vectorial 1	199
Mapa 40- Captura de carbono por el arbolado forestal. Vectorial 2	200
Mapa 41- Captura de carbono por el matorral. Vectorial	202
Mapa 42- Conservación de la diversidad biológica. Vectorial 1.....	204
Mapa 43- Conservación de la diversidad biológica. Vectorial 2.....	205
Mapa 44- Producción de madera. Ráster	212
Mapa 45- Producción de leña. Ráster	213
Mapa 46- Producción de piñones. Ráster	214

Mapa 47- Producción de hongos. Ráster.....	215
Mapa 48- Producción agraria. Ráster	216
Mapa 49- Producción ganadera forestal. Ráster	217
Mapa 50- Provisión de agua para uso agrícola. Ráster.....	218
Mapa 51- Provisión de agua para uso Industrial. Ráster	219
Mapa 52- Provisión de agua por uso doméstico. Ráster	220
Mapa 53- Provisión de agua para uso energético. Ráster	221
Mapa 54- Caza Menor. Ráster	222
Mapa 55- Caza Mayor. Ráster.....	223
Mapa 56- Control de Erosión. Ráster	224
Mapa 57- Tratamiento de vertidos en aguas continentales. Ráster	225
Mapa 58- Captura de carbono por el arbolado forestal. Ráster	226
Mapa 59- Captura de carbono por el matorral. Ráster	227
Mapa 60- Conservación de la diversidad biológica. Ráster	228
Mapa 61- Butano/Propano. Ráster inicial.....	273
Mapa 62- Butano/Propano. Ráster final	275
Mapa 63- Gasoil/Gasolina. Ráster final.....	276

Mapa 64- Hipoclorito solución. Ráster final	277
Mapa 65- Ácido clorhídrico. Ráster final	278
Mapa 66- Carreteras/Buffer de Tenerife, Islas Canarias	293
Mapa 67- MDT de Castilla y León.....	296
Mapa 68- Modelo "rasterizado" de las provincias.	296
Mapa 69- Carreteras con mayor volumen de mercancías transportadas en CyL.....	297
Mapa 70- Totalidad de carreteras existentes en CyL	297
Mapa 71- Buffer 500 metros. Carreteras CyL.....	299
Mapa 72- Buffer 800 metros. Carreteras CyL.....	299
Mapa 73- Buffer 3000 metros. Carreteras CyL	300
Mapa 74- Accidentes puntuales considerados	301

Índice de Ecuaciones:

Ecuación 1- Formulación del Riesgo para el modelo de Ayala	57
Ecuación 2- Formulación del Riesgo para el modelo de Martínez-Alegría.....	67
Ecuación 3- Formulación para el término de Gravedad.....	68
Ecuación 4- Formulación para el término de Peligro Intrínseco	70
Ecuación 5- Formulación para el término Vulnerabilidad Poblacional.....	72
Ecuación 6- Formulación para el término Vulnerabilidad Ambiental	72
Ecuación 7- Formulación para el término Vulnerabilidad.....	73
Ecuación 8- Formulación desglosada para el término Gravedad	73
Ecuación 9- Formulación desglosada para el término Riesgo	73
Ecuación 10- Ecuación Modelo Práctico	251
Ecuación 11- Ecuación Modelo Práctico renombrado.....	252
Ecuación 12- Fórmula Área parcial	257
Ecuación 13- Fórmula Vulnerabilidad intrínseca parcial ponderada.....	257
Ecuación 14- Ecuación Modelo Teórico Final planteado	280

Índice de Anexos:

“Emergency response guidebook 2012”	CD
ADR 2011.....	CD
Archivos de localización de accidentes.....	CD
Archivos gvsproj asociados con el proyecto.....	USB
Base de datos accidentes hasta 2012.....	CD
Cálculos de vulnerabilidades intrínsecas, extrínsecas y ambientales, ponderadas y totales para las sustancias consideradas.....	CD
Cálculos sobre Sustancias más transportadas.....	CD
Leyenda Corine Land Cover 2000.....	CD
Manual de usuario GVSIG 2.2.....	CD
Manual GVSIG 1.1.....	CD
Manual IDRISI selva.....	CD
Mapas de Coste para las sustancias consideradas.....	USB
Mapas de Red de Carreteras, Buffers, provincias etc.....	USB
Mapas vectoriales y ráster para cada una de las variables ambientales...	USB
Materiales clasificados por n° ONU.....	CD

Modelos desarrollados.....	CD
Resultados obtenidos para cada accidente y sustancias consideradas, tablas y gráficas.....	CD
Tabla vulnerabilidad embalses y lagos.....	CD
Tabla vulnerabilidad hidrogeológica.....	CD
Tabla vulnerabilidad hidrográfica.....	CD
Tabla vulnerabilidad parques naturales.....	CD
Tabla vulnerabilidad usos del suelo.....	CD

BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, J., Martínez, J., Méndez, I., & Pinto, J. (18 de Mayo de 2011). *laverdad*. *Calculan en 1,4 millones de euros el coste de una víctima mortal de tráfico*, págs. <http://www.laverdad.es/murcia/v/20110518/comarcas/calculan-millones-euros-coste-20110518.html>.
- Abkowitz, M., Lepofsky, M., & Cheng, P. (1992). Selecting criteria for designating hazardous materials highway routes. En *Transportation Research Record* (págs. 30-35). Washington D.C.: TRB.
- Aguayo, M. (7 de 5 de 2007). *Fundación Andaluza Beturia para la investigación en Salud*. Recuperado el 27 de 1 de 2013, de www.fabis.org/html/archivos/docuweb/Confu_Inter_2r.pdf
- Almaguer, C. (2008). *El riesgo de desastres, una reflexión filosófica*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Alonso, E., Hernandez, J., & Fenández, B. (1998). Nuevos conceptos, controversias y aplicaciones. En *Psicología del trabajo* (págs. 109-114). Madrid: Pirámide.
- Arranz, A. (2013). *Análisis de riesgos ambientales en el transporte de mercancías peligrosas con métodos multivariantes. Regresión logística*.
- Arrazn, A., Perez, M. A., & Martínez- Alegría, R. (2013). *Análisis de riesgos ambientales en el transporte de mercancías peligrosas con métodos multivariantes. Regresión Logística*.

- Ayala, F. (1990). Peligros ambientales en las evaluaciones de Impacto. *Boletín Geol. y Min.*, 6(101), 905 a 918.
- Beck, U. (2002). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad* (1ª ed.). Madrid: España editores.
- BOE. (1992). *Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (1998). *Real Decreto 230/1998, de 16 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de explosivos*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (1998). *Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (1998). *Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. (BOE nº 22, de 26 de enero de 1999; corrección de errores en BOE nº 38, de 13 de febrero de 1999)*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2000). *Orden de 24 de abril de 2000 por la que se regula el parte de accidente*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2003). *Real Decreto 1256/2003, de 3 de octubre, por el que se determinan las autoridades competentes de la Administración General del Estado en materia de transporte de mercancías peligrosas y se regula la comisión para la coordinación de dicho transporte*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2004). *Orden FOM/605/2004 de 27 de febrero 2004 sobre la capacitación profesional de los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable: BOE de 9 de marzo de 2004*. Madrid: BOE Ediciones.

- BOE. (2005). *Real Decreto 948 /2005, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2005). *Resolución de 21 de noviembre de 2005, de la Dirección General de Transportes por Carretera, sobre la inspección y control por riesgos inherentes al transporte de mercancías peligrosas por carretera*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2005). *Resolución de 21 de noviembre de 2005, de la Dirección General de Transportes por Carretera, sobre la inspección y control por riesgos inherentes al transporte de mercancías peligrosas por carretera*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2006). *Orden FOM/2924/2006, de 19 de septiembre, por la que se regula el contenido mínimo del informe anual para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2006). *Orden FOM/2924/2006, de 19 de septiembre, por la que se regula el contenido mínimo del informe anual para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2006). *Real Decreto 551/2006 de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español (BOE 12)*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2009). *Reglamento General de Conductores*. Madrid: BOE Ediciones.

- BOE. (2010). *Real Decreto 563/2010, de 7 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2013). *Orden FOM/2861/2012, de 13 de diciembre, por la que se regula el documento de control administrativo exigible para la realización de transporte público de mercancías por carretera*. Madrid: BOE Ediciones.
- BOE. (2013). *Resolución de 16 de enero de 2013, de la Dirección General de Tráfico, por la que se establecen medidas especiales de regulación del tráfico durante el año 2013*. Madrid: BOE Ediciones.
- Bosque J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Rialp.
- Brainard, J. L. (1996). Assessing hazardous waste transport risks using a GIS. *International Journal of Geographic Information Systems- IJGIS*, 10(7), 831-849.
- Cai, t., & Pepe, M. S. (2002). 'Semiparametric Receiver Operating Characteristic Analysis to Evaluate Biomarkers for Disease', *Journal of the American Statistical Association* 97 (460), 1099-1107.
- Calderón Patier, C., Martínez Torre-Enciso, I., & Fernández-Ardavín, A. (2005). *La valoración económica de los desastres: una aproximación metodológica a través de las tablas input-output*. Madrid.
- CANUTEC. (2012). *Emergency response guidebook* (2012 ed.). Ottawa: Transport Canada.
- CANUTEC. (2012). *Emergency response guidebook. 2012 ed. Ottawa: Transport.*

- CEE. (2013). *Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera*. Recuperado el 4 de abril de 2013, de <http://www.boe.es/boe/dias/2013/03/14/pdfs/BOE-A-2013-2784.pdf>
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *América Latina y el Caribe: El impacto de los desastres naturales en el desarrollo*. (1972-1999). México: CEPAL.
- Consejería de Medio Ambiente. (1997). *Libro verde del medio ambiente en Castilla y León: documento para debate público* (Consejería de Medio Ambiente i Ordenación del Territorio ed.). Valladolid: Junta de Castilla y León.
- Costanza, e. a. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*.
- EU. (1 de 1 de 2012). *Corine Land Cover*. Recuperado el 6 de 4 de 2013, de www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover
- European Comission. (2013). *Copernicus Land Monitoring Service*. Recuperado el 2013 de 4 de 6, de <http://land.copernicus.eu/>
- Felicísimo, Á. (1994). *Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Oviedo.
- Figueruelo Arnáiz, A. (2013). *Análisis del riesgo social en el transporte de mercancías peligrosas por carretera. Aversión al riesgo*. Valladolid.
- García León, J., García Martín, A., & Torres Picazo, M. (2013). *gvSIG: guía para el aprendizaje autónomo*. Cartagena.
- Giddens, A. (2000). *Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas*. Madrid: Taurus.

Gobierno de Canarias. Decreto 9/2014. *Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEMERCA)*. (2014). Canarias.

Gobierno de España. (2006). Real Decreto 551/2006 de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español. Madrid: BOE Editores.

Goodchild, M., Parks, B., & Steyaert, L. (1993). Risk and Hazard modelling. En *Environmental modelling with GIS* (pág. cap. IV). N.Y.: Oxford University Press.

Greiner, M., Pfeiffer, D., & Smith, R. D. (2000). *Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic test. Preventive Veterinary Medicine. 45: 23-41.*

Greiner, M., Pfeiffer, D., & Smith, R. D. (2002). *Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic test. Preventive Veterinary Medicine. 45: 23-41.*

Hewitt, K. (1997). *Regions of risk*. Harlow: Longman.

INE. (2012). *Instituto nacional de estadística*. Recuperado el 3 de 4 de 2013, de <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft20%2Fe260%2Fa2012%2F&file=pcaxis&N=&L=0>

Jonkman, S., Van Gelder, P., & Vrijling, J. (2002). *An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage*. Delft.

Junta Castilla y León. (2013). *SIGPAC Castilla y León*. Recuperado el 20 de 1 de 2013, de <http://www.sigpac.jcyl.es/visor/>

- Kreuter, e. a. (2001). *Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas*. Texas.
- Lovett, A., Parfitt, J., & Brainard, J. (1997). *Using GIS in risk analysis: a case study of hazardous waste transport Risk Analysis*. Norwich: School of Environmental Sciences, University of East Anglia.
- Loyd, C. J. (1998). 'Using Smoothed Receiver Operating Characteristic Curves to Summarize and Compare Diagnostic System', *Journal of the American Statistical Association* 93(444), 1356-1365.
- Lundgren, L. (1986). *Environmental geology*, . N. Jersey, USA: Prentice Hall.
- Manual de Usuario GVSIG 2.2.* (2015). Valencia:
<http://downloads.gvsig.org/download/gvsig-desktop/dists/2.2.0/docs/gvsig-2.2.0-doc-0.1.0-es.pdf>.
- Martín, J., & Taboada, J. (2007). *Análisis de seguridad laboral por caída en distintos planos de trabajo*". Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Universidad de Vigo.
- Martínez-Alegría, R., Ordoñez, C., & Taboada, J. (2003). *A conceptual model for analyzing the risks involved in the transportation of hazardous goods*.
- Martínez-Alegría, R., Taboada, J., & Ordoñez, C. (2005). *Riesgos Ambientales en el Tráfico de Mercancías Peligrosas por Carretera*. Vigo: Universidad de Vigo.
- Martínez-Morales, M. (1995). *An algorithm for the Induction of Probabilistic Networks from Data*. XII Reunion Nacional de Inteligencia Artificial, ITESM, Cuernavaca, MORELOS, Mexico, Limusa.

Ministerio Agricultura. (2013). *Agencia Estatal de Metereología*. Recuperado el 23 de 1 de 2013, de <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos>

Ministerio de Agricultura . (2013). *SIGPAC*. Recuperado el 2013 de 1 de 20, de <http://sigpac.mapa.es/feqa/visor/>

Monaci, D., Bonvicini, S., Antonioni, G., Cozzani, V., & Ugucioni, G. (2002). *Quantitative assessment of the risk associated to the transport of hazardous substances by pipeline*. San Donato Milanese.

Naciones Unidas. *Recomendaciones relativas al TRANSPORTE DE MERCANCIAS PELIGROSAS. Reglamentación Modelo. Volumen I*. (2011). Nueva York y Ginebra: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev17/Spanish/Rev17_Volume1.pdf.

Naciones Unidas. *Recomendaciones relativas al TRANSPORTE DE MERCANCIAS PELIGROSAS. Reglamentación Modelo. Volumen II*. (2011). Nueva York y Ginebra: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev17/Spanish/Rev17_volume2.pdf.

National Academy Of Sciences. *The impacts of natural disasters. A framework for loss estimation*. (1999). Washington D.C.: National Academy Press.

NEPA. (1969). *National Environmental Policy Act of 1969*.

Núñez, A. (2011). *Riesgo e incertidumbre en las sociedades tecnologicas complejas*. Recuperado el 25 de 3 de 2013, de www.ateneodelalaguna.es/pdf/ATENEO30/riesgo.pdf

Ordoñez, C., & Martínez-Alegría, R. (2002). *Sistemas de Información Geográfica*. Vigo: RA-MA Editorial.

- Parfitt, J. (1993). *The risk management of hazardous wastes, their transport and disposal*. East Anglia: University of East Anglia.
- Plan Especial de La Rioja sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril*. (2011). La Rioja: Comisión Regional de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de La Rioja.
- Ramoni, M., & Sebastiani, P. (1996). *Robust learning with missing data, Technical report, KMI-TR-28*.
- Renn, O. (2008). Concepts of risk. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 17, 55-66.
- Sabroso González, M., & Pastor Eixarch, A. (2004). *Guía sobre suelos contaminados*. Zaragoza: CEPYME ARAGÓN. Gobierno de Aragón.
- Secretaría General de Transportes. (2011). *Estudio comparativo de la siniestralidad en el transporte terrestre de mercancías peligrosas*. Recuperado el 21 de 2 de 2013, de www.fomento.gob.es/NR/rdonnllyres/02FE798-FF0C-4F4A-9263-66AA93127659/19499/Estudiosiniestralidad20022004.pdf
- Spirtes, P., Glymour, C., & Scheines, R. (1991). *An algorithm for fast recovery of sparse causal graphs*, *Social Science Computer Review*, 9, 62-72.
- Tragsatec. (2010). *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Valoración de los activos naturales de España*. Madrid.
- TRANSCAT. (2014). *Gobierno de Catalunya. Pla Especial d'emergències per accidents en el transport de mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril a Catalunya*. Barcelona.

- TRANSMUR. (2011). *Plan Especial de Protección Civil sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril de la Región de Murcia*. Murcia.
- Troy, & Wilson. (2006). *Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer*. University of Vermont, Burlington, United States.
- UN. (2011). *UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations*. Recuperado el 26 de febrero de 2013, de http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev17/17files_e.html
- UNECE. (2011). *Acuerdo Europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR)*. Ginebra.
- Unizar. (2013). *Guía informativa del Real Decreto 1254/1999*. Recuperado el 6 de 4 de 2013, de http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/Rd1254/RD_inf.htm
- USGS. (1977). *Servicio Geológico de Estados Unidos*. Recuperado el 10 de 4 de 2013, de <http://www.usgs.gov/>
- Vallejo Bombín, R. (2009). *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Valoración de los activos naturales de España*. Madrid.
- Wallace, C., Korb, K., & Dai, H. (1996). *Causal discovery via MML, Proceedings of the thirteenth international conference on machine learning (ICML'96)*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco CA USA, pp. 516-524.
- World Meteorological Organization. *Comprehensive risk assessment for natural hazards*. (1996). United Nations, New York: WMO/TD N°955.
- Yáñez, A., Perez, M. A., & Martínez- Alegría, R. (2011). *Determinación de factores causales de accidentes en el transporte de mercancías peligrosas*

para su aplicación al análisis de riesgos mediante redes bayesianas.
Valladolid.