

# ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Actividad 9:

Protección de las aguas subterráneas  
empleadas para consumo humano según  
los requerimientos de la Directiva Marco  
del Agua

Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca  
de las masas de agua subterránea  
intercomunitarias. Masas carbonatadas

Demarcación Hidrográfica del Tajo

## MEMORIA



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO



Instituto Geológico  
y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL  
DEL AGUA

**ACUERDO PARA LA ENCOMIENDA DE GESTIÓN POR EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA), AL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA, PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**INFORME FINAL DE LA ACTIVIDAD 9:  
PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA**

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA INTERCOMUNITARIAS.  
MASAS CARBONATADAS**

**DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO**

## **Equipo de trabajo**

Los trabajos de Actividad 9 de la Encomienda de Gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas: Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de las Directiva Marco. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias. Masas carbonatadas, se han desarrollado conjuntamente por técnicos del Instituto Geológico y Minero de España, y de la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, contando con la asistencia técnica del Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga.

### **Por el Instituto Geológico y Minero de España:**

Carlos Martínez Navarrete

Alberto Jiménez Madrid

### **Por la Dirección General del Agua:**

Manuel Varela Sánchez

Isaac Sánchez Navarro

### **Asistencia técnica: Universidad de Málaga**

Bartolomé Andreo Navarro

Ana Isabel Marín Guerrero

Isaac Pérez Ramos

Francisco José Cantarero Prado

Juan Antonio Barberá Fornell

Jesús Abraham Rosell Bernal

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	- 1 -
1.1	Objeto y alcance del estudio .....	- 1 -
1.2	Aspectos conceptuales .....	- 2 -
	El método COP .....	- 4 -
	Factor O: capas de protección del agua subterránea .....	- 4 -
	Factor C: condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero .....	- 7 -
	Factor P: características de la precipitación .....	- 10 -
	Índice de vulnerabilidad intrínseca del método COP .....	- 11 -
2	MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA CARBONATADAS .....	- 12 -
2.1	Masas de agua subterránea estudiadas .....	- 12 -
2.1.1	Demarcación Hidrográfica del Cantábrico .....	- 14 -
2.1.2	Demarcación Hidrográfica del Duero .....	- 15 -
2.1.3	Demarcación Hidrográfica del Tajo .....	- 15 -
2.1.4	Demarcación Hidrográfica del Guadiana .....	- 15 -
2.1.5	Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir .....	- 16 -
2.1.6	Demarcación Hidrográfica del Segura .....	- 17 -
2.1.7	Demarcación Hidrográfica del Júcar .....	- 18 -
2.1.8	Demarcación Hidrográfica del Ebro .....	- 20 -
2.2	Modificación de los límites de las masas de agua subterránea carbonatadas .....	- 31 -
3	FUENTES DE INFORMACIÓN, RECOPIACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS Y CAPAS DE INFORMACIÓN .....	- 36 -
3.1	Factor O: capas de protección del agua subterránea .....	- 36 -
3.1.1	Litología .....	- 36 -
3.1.2	Suelo .....	- 37 -
3.1.3	Grado de confinamiento .....	- 38 -
3.1.4	Espesor de la zona no saturada .....	- 38 -
3.2	Factor C: condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero .....	- 48 -
3.2.1	Densidad de vegetación .....	- 48 -
3.2.2	Pendiente .....	- 48 -
3.2.3	Formas kársticas en superficie .....	- 48 -
	Sumideros kársticos .....	- 48 -

Otras formas exokársticas .....	- 50 -
3.2.4    Arroyos vertientes a sumideros.....	- 50 -
3.3    Factor P: características de la precipitación.....	- 50 -
3.3.1    Cantidad de lluvia .....	- 50 -
3.3.2    Intensidad de la lluvia .....	- 51 -
4    ELABORACIÓN DE CAPAS TEMÁTICAS .....	- 53 -
4.1    Asignación de rangos y valores .....	- 53 -
4.1.1    Factor O: Capas de protección del agua subterránea .....	- 53 -
Variable $O_S$ : suelo .....	- 53 -
Variable $O_L$ : litología .....	- 53 -
4.1.2    Factor C: Condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan el acuífero .....	- 54 -
Escenario 1: Áreas vertientes a un sumidero .....	- 57 -
Escenario 2: Áreas no vertientes a un sumidero .....	- 59 -
4.1.3    Factor P: características de la precipitación .....	- 59 -
Variable $P_Q$ : cantidad de precipitación.....	- 60 -
Variable $P_I$ : intensidad de precipitación .....	- 60 -
4.2    Elaboración de mapas temáticos .....	- 61 -
Tratamiento de las capas vectoriales .....	- 61 -
Tratamiento de las capas <i>raster</i> .....	- 62 -
5    ZONIFICACIÓN. CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD .....	- 63 -
6    RESULTADOS OBTENIDOS. CONCLUSIONES .....	- 64 -
6.1    Demarcación Hidrográfica del Tajo .....	- 64 -
6.1.1    Factor O: Capas de protección del agua subterránea .....	- 64 -
6.1.2    Factor C: Condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero .....	- 65 -
6.1.3    Factor P: Características de la precipitación.....	- 65 -
6.1.4    Índice COP: Vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea .....	- 66 -
7    REFERENCIAS.....	- 72 -
ANEXO I: Parámetro $I_y$ de la variable $O_L$ . Factor O: Capas de la protección del agua subterránea .....	- 76 -
ANEXO II: Variable $O_S$ . Factor O: Capas de la protección del agua subterránea. Clasificación de los suelos (espesor y textura).....	- 96 -

**ANEXO III: Clasificación de la vegetación según su densidad para el parámetro sv. Factor C: Condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero ..... - 132 -**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Masas de agua subterránea carbonatadas de las Demarcaciones Hidrográficas Intercomunitarias.....	- 22 -
Figura 2 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico .....	- 23 -
Figura 3 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Duero .....	- 24 -
Figura 4 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo .....	- 25 -
Figura 5 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana.....	- 26 -
Figura 6 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir .....	- 27 -
Figura 7 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Segura.....	- 28 -
Figura 8 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar .....	- 29 -
Figura 9 Masas de agua subterránea carbonatada de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.....	- 30 -
Figura 10 Ejemplo de desajustes espaciales en zonas donde coinciden masas de agua subterráneas de diferentes Demarcaciones .....	- 31 -
Figura 11 Ejemplo de desajustes entre límites de la demarcación y límites de las masas de agua subterráneas costeras .....	- 32 -
Figura 12 Solapamiento de masas de agua entre la Demarcación Hidrográfica del Ebro y las Cuencas Internas de Cataluña .....	- 35 -
Figura 13 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico .....	- 40 -
Figura 14 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Duero.....	- 41 -
Figura 15 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Tajo. ....	- 42 -
Figura 16 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Guadiana.....	- 43 -
Figura 17 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir .....	- 44 -
Figura 18 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Segura.....	- 45 -

Figura 19 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Júcar.....	- 46 -
Figura 20 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Ebro.....	- 47 -
Figura 21 Ejemplo del procedimiento de búsqueda de sumideros kársticos mediante la red hidrográfica endorreica. Demarcación Hidrográfica del Ebro. ....	- 49 -
Figura 22 Distribución espacial de las estaciones pluviométricas utilizadas para estimar la intensidad de la precipitación.....	- 51 -
Figura 23 Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico .....	- 54 -
Figura 24 Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C.....	- 55 -
Figura 25 Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C.....	- 55 -
Figura 26 Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C.....	- 56 -
Figura 27 Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C. Demarcación Hidrográfica del Ebro.....	- 56 -
Figura 28 Distribución de los intervalos de la variable “pendiente”, según los criterios del método COP .....	- 57 -
Figura 29 Distribución de las clases de vegetación, según su según los criterios del método COP .....	- 58 -
Figura 30 Variable $P_Q$ : cantidad de lluvia. Factor P .....	- 60 -
Figura 31 Variable $P_I$ : intensidad de la lluvia. Factor P .....	- 61 -
Figura 32 Escala cromática para la representación de las capas temáticas ....	- 63 -
Figura 41 Porcentaje de superficie según la capacidad de protección de la zona no saturada .....	- 64 -
Figura 42 Porcentaje de superficie según la reducción de protección debida a las condiciones superficiales para la concentración de flujos .....	- 65 -
Figura 43 Porcentaje de superficie según la reducción de protección debida a las características de la precipitación .....	- 66 -
Figura 44 Porcentaje de superficie según las clases de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea. ....	- 67 -



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros y puntuación de la variable suelo $O_s$ (Método COP)	- 5 -
Tabla 2	Valores del parámetro $l_y$ (Método COP)	- 5 -
Tabla 3	Valores del parámetro $l_i$ (Método COP)	- 6 -
Tabla 4	Valores del parámetro $cn$ (Método COP)	- 6 -
Tabla 5	Capacidad de protección del agua subterránea en función del factor $O$ (Método COP)	- 6 -
Tabla 6	Valores del parámetro $d_h$ (Método COP)	- 7 -
Tabla 7	Valores del parámetro $d_s$ (Método COP)	- 8 -
Tabla 8	Valores del parámetro $sv$ , pendiente ( $s$ ) y densidad de vegetación ( $v$ ), en un escenario tipo 1 (Método COP)	- 8 -
Tabla 9	Valores del parámetro $sf$ (Método COP)	- 9 -
Tabla 10	Valores de los parámetros $sv$ , pendiente ( $s$ ) y vegetación ( $v$ ), en un escenario tipo 2 (Método COP)	- 9 -
Tabla 11	Clases del factor $C$ (Método COP)	- 9 -
Tabla 12	Valores de la variable $P_Q$ (Método COP)	- 10 -
Tabla 13	Valores de la variable $P_I$ (Método COP)	- 10 -
Tabla 14	Clases del factor $P$ (Método COP)	- 11 -
Tabla 15	Clases de vulnerabilidad del acuífero según el índice COP	- 11 -
Tabla 16	Denominación y código de las Demarcaciones Hidrográficas, según el Informe N° 1 “Normas básicas y formatos de nomenclatura para su aplicación a la información generada en la Encomienda de Gestión MMA-IGME”	- 12 -
Tabla 17	Capas (archivos) origen de las masas de agua subterránea	- 13 -
Tabla 18	Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico	- 14 -
Tabla 19	Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Duero	- 15 -
Tabla 20	Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo	- 15 -
Tabla 21	Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana	- 15 -
Tabla 22	Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir	- 17 -
Tabla 23	Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Segura	- 18 -

Tabla 24 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Estas masas de agua presentan una doble codificación: Código ART_5 (de acuerdo al Estudio inicial para la identificación y caracterización de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias, MIMAM, 2005) y Código (realizado a partir de una revisión en el 2007 rde la Oficina de Planificación Hidrológica. ....	- 20 -
Tabla 25 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.....	- 21 -
Tabla 26 Listado de masas de agua carbonatadas que presentan anomalías	- 34 -
Tabla 27 Listado de masas de agua carbonatadas que presentan problemas de superposición. Información de la capa msbt_IGME .....	- 34 -
Tabla 28 Cartografía edafológica utilizada en cada una de las Demarcaciones Hidrográficas estudiadas.....	- 37 -

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Distribución espacial de la capacidad de protección de la zona no saturada en las masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Factor O .....	- 68 -
Mapa 2. Distribución espacial de la reducción de la protección debida a las condiciones superficiales para la concentración de flujos que recargan a las masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Factor C.....	- 69 -
Mapa 3. Distribución espacial de la reducción de la protección debida a las características de la precipitación sobre las masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Factor P .....	- 70 -
Mapa 4. Vulnerabilidad a la contaminación de las masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Índice COP.....	- 71 -

**Contraportada.** Mapa de vulnerabilidad a la contaminación de según el método COP de las masas de agua subterránea carbonatadas de las Cuencas Intercomunitarias de España

ANEXO I: Parámetro $l_y$ de la variable $O_L$ . Factor O: Capas de la protección del agua subterránea .....	- 76 -
ANEXO II: Variable $O_S$ . Factor O: Capas de la protección del agua subterránea. Clasificación de los suelos (espesor y textura).....	- 96 -
ANEXO III: Clasificación de la vegetación según su densidad para el parámetro $sv$ . Factor C: Condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero .....	- 132 -

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objeto y alcance del estudio

La protección del agua subterránea constituye, hoy por hoy, uno de los pilares básicos de las políticas hidrológicas y ambientales de la Unión Europea y, por tanto, de España. En general, para salvaguardar la calidad del agua subterránea se aboga por la zonificación del territorio realizada a partir de la caracterización del medio físico.

La cartografía de vulnerabilidad se ha convertido en muchos países en la herramienta básica para la delimitación de zonas de salvaguarda o perímetros de protección tanto de las fuentes de consumo humano como del propio recurso, sobre todo en acuíferos carbonatados donde la heterogeneidad del medio dificulta la modelización.

La evaluación de vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación es un aspecto incluido indirectamente en la Directiva Marco del Agua - 2000/60/CEMA - (DMA). En el anexo II, sección 2.1 de esta Directiva se insta a los gobiernos a realizar una caracterización inicial de todas las masas de agua, en la cual se evalúen los usos y el grado de riesgo al que está expuesta el agua. Como parte de esta caracterización, los Estados Miembros deben “emplear los datos hidrogeológicos, geológicos, edafológicos, de uso del territorio, descargas y otros” con objeto de identificar las características de las capas superficiales del área de recarga (Martínez Navarrete, 2006). Para desarrollar las medidas específicas de prevención y control de la contaminación de las aguas subterráneas la Unión Europea aprobó una nueva normativa: la Directiva 2006/118/CE, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, conocida como Directiva Hija.

La DMA ha sido transpuesta al Derecho español mediante el artículo 129 de la Ley 62/2003, de medidas fiscales administrativas y del orden social, que procedió a modificar el Texto Refundido de la Ley de Aguas (Real Decreto Legislativo 1/2001), y mediante el Real Decreto 907/2007, por el que se aprueba el reglamento de la Planificación Hidrológica, introduciendo aquellos aspectos de la DMA relacionados con la planificación hidrológica que, por su excesivo detalle, no fueron incorporados en la transposición anterior.

El interés de la Administración española por la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos ha estado patente desde mediados de la década de los noventa. Así, en 1994, bajo el patrocinio de la Comisión Europea (CE), el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (MOPTMA), con la participación del Centro Nacional de Información Geográfica y del Instituto Tecnológico Geominero de España, llevó a cabo una cartografía de vulnerabilidad de la cuenca del Guadalquivir, a escala 1:500.000 (MOPTMA-CE, 1994). Este estudio permitió conocer la disponibilidad de información territorial para la evaluación de la vulnerabilidad y la operatividad práctica de la cartografía.

Con el propósito de contribuir a la implementación de la DMA, se ha llevado a cabo el presente proyecto relativo a la cartografía de vulnerabilidad a la contaminación de las masas de agua subterránea carbonatadas de las

Demarcaciones Hidrográficas Intercomunitarias de España. El estudio ha sido realizado por el Instituto Geológico y Minero de España en el marco de la Encomienda de Gestión con el Ministerio de Medio Ambiente. Para este trabajo el IGME ha contado con la colaboración del Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga, en el marco de un Convenio de colaboración suscrito a tal efecto. El presente documento recoge una descripción de la metodología aplicada y un resumen de los resultados obtenidos.

## 1.2 Aspectos conceptuales

El término “vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas” fue introducido a finales de los años sesenta del pasado siglo por el hidrogeólogo francés Jacques Margat (1968).

El concepto de vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación parte de admitir que el medio físico ofrece algún tipo de protección natural a las aguas subterráneas frente a las actividades humanas, sobre todo para aquellos impactos que proceden de la superficie (Zaporozec, 1994). El término “vulnerabilidad a la contaminación” tiene un significado totalmente opuesto al de “protección natural frente a la contaminación” (Zwahlen, 2004).

Son muchas las definiciones y metodologías de evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos que han aparecido en las últimas décadas. Ante la gran diversidad de definiciones de vulnerabilidad y la falta de consenso en las metodologías, la Unión Europea financió la Acción COST 620, entre 1997 y 2003. El objetivo fue desarrollar una metodología para la cartografía de vulnerabilidad y riesgo de contaminación en acuíferos carbonatados (kársticos), que tuviera un cierto consenso entre todos los países miembros de la Unión Europea. En una anterior Acción COST 65 (UE, 1995), se presentó la revisión de conceptos asociados a la vulnerabilidad, que durante la Acción COST 620 fueron discutidas para aunar criterios. Las definiciones de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea propuestas en la Acción COST 620 fueron (Zwahlen, 2004):

- la vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas a la contaminación tiene en cuenta las características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas de un área, pero es independiente de la naturaleza y del escenario de la contaminación,
- la vulnerabilidad específica tiene en cuenta las propiedades particulares de cada contaminante, además de los aspectos que se consideran en la vulnerabilidad intrínseca.

Los acuíferos carbonatados tienen un comportamiento hidrogeológico que los diferencia del resto de acuíferos. Este comportamiento se debe una serie de características propias: escasez de cursos superficiales permanentes, importantes fluctuaciones del nivel piezométrico, presencia de conductos kársticos subterráneos por los cuales el flujo de agua es muy rápido -frente al flujo lento que se produce a favor de fracturas y/o poros de menor tamaño-, recarga

concentrada a través de sumideros ársticos que suponen una entrada directa desde la superficie hasta la zona saturada. Esta última característica limita la degradación natural de contaminantes que se puede dar en el suelo y en la zona no saturada (Bakalowicz et al., 1995, Zwahlen, 2004). Todas las características anteriores confieren a los acuíferos carbonatados una vulnerabilidad a la contaminación superior a la de otros acuíferos y, por tanto, deben ser consideradas a la hora de evaluar y cartografiar dicha vulnerabilidad.

La cartografía de vulnerabilidad es una herramienta para la gestión de los riesgos y la planificación del territorio y debe ser una tarea ágil que permita ser abordada satisfactoriamente. Por ello, es más viable evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos desde el punto de vista genérico, lo cual permite obtener un mapa por área y, sólo en casos con peligros de contaminación muy concretos, se opta por evaluar la vulnerabilidad específica.

Los mapas de vulnerabilidad constituyen un resultado integrador y comprensible que permite comparar medios con diferentes características hidrogeológicas. El mapa de vulnerabilidad muestra áreas con distintos colores en función de los grados de vulnerabilidad, de forma que sea fácilmente interpretable y pueda ser utilizado como una herramienta práctica para la planificación de usos del suelo y zonas de protección. Existen tres “leyes sobre la vulnerabilidad del agua subterránea” expresadas como advertencias en las revisiones realizadas en los Estados Unidos (NRC, 1993). Esta “leyes” son básicas para la realización de cartografía de vulnerabilidad a la contaminación:

- todo acuífero tiene algún grado de vulnerabilidad a la contaminación,
- cualquier evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación contiene incertidumbres,
- en los acuíferos más complejos se corre el riesgo de que, al evaluar la vulnerabilidad, lo obvio sea velado y lo sutil no se distinga.

En la actualidad, hay una gran variedad de métodos que permiten evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación. Los métodos paramétricos son aplicados con bastante frecuencia en dicho tipo de estudios. Estos métodos se caracterizan por dividir en intervalos jerarquizados los atributos o variables que se utilizan para evaluar la vulnerabilidad. Cada intervalo tiene un valor cuantitativo o semicuantitativo que expresa el grado relativo de susceptibilidad a la contaminación. Estas variables se combinan mediante superposición cartográfica, lo que permite obtener un valor final correspondiente a una clase de vulnerabilidad a la contaminación.

La mayoría de los métodos de evaluación de la vulnerabilidad son aplicables a todas las tipologías de acuíferos, por ello se denominan métodos genéricos. Es el caso de los métodos GOD (Foster, 1987) y DRASTIC (Aller et al., 1987). Desde la Acción Europea COST 620 se consideró más apropiado, para la evaluación de vulnerabilidad a la contaminación en acuíferos carbonatados, desarrollar metodologías capaces de considerar aspectos propios del karst. Dentro de este tipo de métodos están los siguientes: EPIK (Doerfliger y Zwahlen, 1997), PI

(Goldscheider et al. 2000) y COP (Vías et al., 2006). La experiencia ha demostrado que el método COP es el que mejor se adapta a los acuíferos carbonatados.

### **El método COP**

El método COP fue desarrollado por el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (Vías et al. 2002, 2006) para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos carbonatados, a partir de los tres factores indicados por la Acción COST 620 para la cartografía de vulnerabilidad del agua subterránea en acuíferos kársticos:

- **factor C** (*flow Concentration*), relativo a las condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero,
- **factor O** (*Overlying layers*), que contempla las capas de protección del agua subterránea,
- **factor P** (*Precipitation*), relativo a las características de la precipitación.

El método se basa en dos premisas:

- el contaminante se mueve con el agua a través de la zona no saturada
- el contaminante se infiltra en el acuífero desde la superficie.

### **Factor O: capas de protección del agua subterránea**

La zona no saturada de los acuíferos constituye una protección para el agua subterránea que en ellos se almacena. Tanto el suelo como la litología de la zona no saturada son aspectos a tener en cuenta a la hora de estudiar la protección del agua subterránea.

El grado de desarrollo del suelo (variable  $O_s$ ), así como su contenido en microorganismos, lo convierten en un elemento para la potencial biodegradación de contaminantes, tanto por modificación bioquímica de éstos como por los procesos de sorción, intercambio catiónico, etc. Dos aspectos relevantes del suelo para determinar el grado de protección que ofrece al agua subterránea son la textura y el espesor (Tabla 1).

<b>Textura</b> <b>Espesor</b>	<b>Arcillosa</b>	<b>Limosa</b>	<b>Franca</b>	<b>Arenosa</b>
<b>&gt; 1 m</b>	5	4	3	2
<b>0,5 m – 1 m</b>	4	3	2	1
<b>≤ 0,5 m</b>	3	2	1	0

**Tabla 1** Parámetros y puntuación de la variable suelo  $O_s$  (Método COP)

Con respecto a la litología de la zona no saturada (variable  $O_L$ ), se tienen en cuenta las características hidrogeológicas, principalmente porosidad y conductividad hidráulica, junto con el grado de fracturación de las capas (Tabla 2) y el espesor de las mismas (Tabla 3).

<b>Rangos del parámetro <math>l_y</math></b>	<b>Valor de (<math>l_y</math>)</b>
Arcillas	1500
Limos	1200
Margas y rocas ígneas y metamórficas no fisuradas	1000
Margocalizas	500
Rocas ígneas y metamórficas fisuradas	400
Brechas y conglomerados no fisurados o cementados	100
Areniscas	60
Brechas y conglomerados no fisurados o escasamente cementados	40
Arenas y gravas	10
Basaltos permeables	5
Rocas carbonatadas fisuradas	3
Rocas karstificadas	1

**Tabla 2** Valores del parámetro  $l_y$  (Método COP)

$$L_i = \sum (l_y \cdot m)$$

donde  $m$  es el espesor.



Rango de valores de ly.m	Valor de protección (Li)
≤ 250	1
250 – 1000	2
1000 – 2500	3
2500 – 10000	4
> 10000	5

**Tabla 3** Valores del parámetro Li (Método COP)

Otro aspecto que se considera en el parámetro  $O_L$  es el grado de confinamiento (cn) de los distintos sectores del acuífero (Tabla 4).

Rangos del parámetro cn	Valor de cn
Confinado	2
Semi-confinado	1,5
No confinado	1

**Tabla 4** Valores del parámetro cn (Método COP)

$$O_L = Li \cdot cn$$

El valor del factor O se obtiene de la suma de las variables  $O_S$  y  $O_L$ . Este valor final se clasifica según la capacidad protección que ofrece al acuífero (Tabla 5).

$$\text{Factor O} = O_S + O_L$$

Valores del factor O	Capacidad de protección de la zona no saturada
1	Muy baja
2	Baja
(2 – 4]	Moderada
(4 – 8]	Alta
(8 – 15]	Muy Alta

**Tabla 5** Capacidad de protección del agua subterránea en función del factor O (Método COP)

## Factor C: condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero

El factor C permite estimar el modo en que se produce la recarga al acuífero y cómo ésta modifica la protección natural dada por el factor O. Así, en zonas donde se produce una recarga concentrada, la protección del acuífero queda más reducida que donde tiene lugar de forma difusa. Estas características se consideran en otros métodos de evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación, como PI (Goldscheider et al., 2000) y EPIK (Doerfliger, 1996).

Para evaluar el factor C se diferencian dos tipos de escenarios. El escenario 1 incluye las cuencas vertientes a un sumidero. En estas áreas la vulnerabilidad del recurso aumenta debido a que el posible contaminante pasaría directamente desde la superficie hasta la zona saturada, sin estar expuesto a los procesos de atenuación de la zona no saturada. En dicho escenario los parámetros que se utilizan para establecer el valor del factor C son:

- distancia al sumidero ( $d_h$ ), cuya puntuación se presenta en la Tabla 6,
- distancia a los arroyos vertientes al sumidero ( $d_s$ ), tiene en cuenta la distancia, medida perpendicularmente, desde un punto cualquiera de la cuenca al arroyo vertiente (Tabla 7),
- pendiente y densidad de vegetación ( $sv$ ), que afectan al régimen de escorrentía/infiltración. Así, a mayor pendiente y menor densidad de vegetación, mayor escorrentía y, por tanto, mayor cantidad de agua que llegaría al sumidero (Tabla 8).

Rangos del parámetro $d_h$ : distancia al sumidero	Valor de $d_h$
$\leq 500$	0
(500 – 1000]	0,1
(1000 – 1500]	0,2
(1500 – 2000]	0,3
(2000 – 2500]	0,4
(2500 – 3000]	0,5
(3000 – 3500]	0,6
(3500. – 4000]	0,7
(4000 – 4500]	0,8
(4500 – 5000]	0,9
$> 5000$ m	1

**Tabla 6** Valores del parámetro  $d_h$  (Método COP)

Rangos del parámetros $d_s$ : distancia a los arroyos vertientes al sumidero	Valor de $d_s$
$\leq 10$ m	0
(10 – 100]	0,5
$> 100$	1

**Tabla 7** Valores del parámetro  $d_s$  (Método COP)

Pendiente (s) Vegetación (v)	$\leq 8\%$	(8 – 31%]	(31 – 76%]	$> 76\%$
Alta densidad	1	0,95	0,85	0,75
Baja densidad	1	0,90	0,80	0,75

**Tabla 8** Valores del parámetro  $sv$ , pendiente (s) y densidad de vegetación (v), en un escenario tipo 1 (Método COP)

Finalmente, el valor del factor C para el escenario 1 se obtiene del producto de los tres parámetros anteriores:

$$\text{Factor C} = d_h \cdot d_s \cdot sv$$

Cuando la recarga se produce de forma difusa, escenario 2, el factor C se evalúa con los siguientes parámetros:

- formas superficiales (sf), que vienen determinadas por el modelado kárstico en superficie y las características de permeabilidad de la capa superficial (Tabla 9),
- pendiente y densidad de vegetación (sv) que afectan al régimen de escorrentía/infiltración. En este caso, se contempla de forma opuesta al del escenario 1, ya que, a mayor pendiente y menor densidad de vegetación, mayor escorrentía que fluye hacia fuera del acuífero y, por tanto, la vulnerabilidad disminuye (Tabla 10).

<b>Capa superficial</b> <b>Geoformas</b>	Ausente	Permeable	Impermeable
Karst desarrollado: presencia de dolinas, torcas, lapiaces, etc.	0,25	0,5	0,75
Karst en desarrollo o afloramiento superficial afectado por disolución	0,5	0,75	1
Rocas carbonatadas fisuradas	0,75	0,75	1
Ausencia de formas kársticas	1	1	1

**Tabla 9** Valores del parámetro sf (Método COP)

<b>Pendiente (s)</b> <b>Vegetación (v)</b>	$\leq 8\%$	(8 – 31%]	(31 – 76%]	> 76%
<b>Alta densidad</b>	0,75	0,80	0,90	1
<b>Baja densidad</b>	0,75	0,85	0,95	1

**Tabla 10** Valores de los parámetros sv, pendiente (s) y vegetación (v), en un escenario tipo 2 (Método COP)

Finalmente, el valor del factor C se obtiene del producto de los dos parámetros anteriores:

$$\text{Factor C} = sf \cdot sv$$

El factor C presenta valores que varían entre 0 y 1 y se agrupan en diferentes clases, según la reducción de protección. El valor 0 indica que se reduce toda la protección natural dada por el factor O, mientras que el valor 1 indica que las características de la infiltración (C) no afectan a la protección natural ejercidas por las variables contempladas por el factor O.

<b>Valores del factor C</b>	<b>Reducción de la protección</b>
[0 – 0,2]	Muy Alta
(0,2 – 0,4 ]	Alta
(0,4 – 0,6]	Moderada
(0,6 – 0,8]	Baja
(0,8 – 1]	Muy Baja

**Tabla 11** Clases del factor C (Método COP)

## Factor P: características de la precipitación

El agua de la precipitación es el agente que transporta el contaminante hacia el acuífero. A diferencia de los factores C y O que tienen en cuenta características intrínsecas, el factor P contempla aspectos extrínsecos al acuífero, la lluvia. Tanto la cantidad de agua de precipitación como la intensidad son factores influyentes en la protección del acuífero. La cantidad de contaminante que entra al acuífero y la posible dilución antes de alcanzar el nivel piezométrico varía en función de la cantidad de agua de lluvia que produce recarga. Precipitaciones inferiores a 800 – 1200 mm/año influyen de forma negativa en la vulnerabilidad, ya que la infiltración del contaminante se ve favorecida. Por el contrario, cuando las precipitaciones son superiores a 800 – 1200 mm/año, se producen procesos importantes de dilución del contaminante potencial y, por tanto, disminuye la vulnerabilidad. La variable  $P_Q$  (cantidad de lluvia) es la precipitación media de los años húmedos y se puntúa según los intervalos de la Tabla 12.

Intervalos de precipitación (mm/año)	Valor $P_Q$
> 1600	0,4
(1200 – 1600]	0,3
(800 – 1200]	0,2
(400 – 800]	0,3
≤ 400	0,4

**Tabla 12** Valores de la variable  $P_Q$  (Método COP)

La variable  $P_I$  (intensidad de la precipitación) representa la proporción escorrentía/infiltración. Precipitaciones muy intensas favorecen la escorrentía y disminuyen la infiltración. La intensidad ( $P_I$ ) se estima a partir de la precipitación media de los años húmedos y del número de días con lluvia (Tabla 13).

Intervalos de intensidad de precipitación (mm/día)	Valor $P_I$
≤ 10	0,6
(10 – 20]	0,4
> 20	0,2

**Tabla 13** Valores de la variable  $P_I$  (Método COP)

El valor del factor P es el resultado de la suma de los dos parámetros anteriores:

$$\text{Factor P} = P_Q + P_I$$

Este factor puede variar entre 0,4 (modificación máxima de la protección) y 1 (no modifica la protección asignada por el factor O). Los resultados se agrupan según la clasificación de la Tabla 14.

Valores del factor P	Reducción de la protección
[0,4 – 0,5]	Muy Alta
0,6	Alta
0,7	Moderada
0,8	Baja
[0,9 – 1]	Muy baja

**Tabla 14** Clases del factor P (Método COP)

### Índice de vulnerabilidad intrínseca del método COP

Del producto de los factores C, O y P resulta el índice de vulnerabilidad intrínseca del método COP. Este índice varía entre 0 y 15: valores próximos a 0 indican vulnerabilidad máxima (mínima protección), mientras que los valores cercanos a 15 corresponden a la mínima vulnerabilidad (máxima protección). El índice final de COP se agrupa en 5 clases que representan distintos grados de vulnerabilidad (Tabla 15).

Intervalos del índice COP	Clases de vulnerabilidad del acuífero
[0 – 0,5]	Muy alta
(0,5 – 1]	Alta
(1 – 2]	Moderada
(2 – 4]	Baja
(4 – 15]	Muy baja

**Tabla 15** Clases de vulnerabilidad del acuífero según el índice COP

## 2 MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA CARBONATADAS

### 2.1 Masas de agua subterránea estudiadas

Las masas de agua subterráneas que han sido objeto de estudio pertenecen a las siguientes demarcaciones hidrográficas intercomunitarias de España:

Código de la Demarcación Hidrográfica	Denominación
016	Cantábrico
020	Duero
030	Tajo
040	Guadiana
050	Guadalquivir
070	Segura
080	Júcar
091	Ebro

**Tabla 16** Denominación y código de las Demarcaciones Hidrográficas, según el Informe Nº 1 “Normas básicas y formatos de nomenclatura para su aplicación a la información generada en la Encomienda de Gestión MMA-IGME”

La información referente a la morfología, localización, nomenclatura de las masas de agua procede de diferentes capas de información geográfica que el IGME ha proporcionado al equipo de trabajo durante la ejecución del proyecto:

- la capa de información geográfica ma\_esp\_inf. Esta capa deriva del proyecto realizado en diciembre de 2005 por el Instituto Geológico y Minero de España. Se trata del mapa con las tipologías de las masas de agua subterráneas del territorio nacional. En esta capa se aporta información acerca de las características geológicas de las masas de agua subterráneas. Se distinguen 19 tipos correspondientes a 6 grandes grupos de litologías: materiales carbonatados, detríticos, metamórficos no carbonatados, graníticos, volcánicos (y volcanosedimentarios) y mixtos,
- la capa de información geográfica mstb\_IGME. Contiene las poligonales de las masas de agua a inicios del 2008. En ella se suprimen las masas de agua subterránea correspondientes a la Demarcación Hidrográfica del Duero y a la masa del Campo de Calatrava de la Demarcación Hidrográfica de Guadiana, porque existían unas versiones nuevas.

- las capas de información geográfica que contienen las últimas modificaciones de las cuencas hidrográficas del Segura, Júcar, Guadalquivir, Guadiana y Duero,
- la capa de información geográfica DEMARTER, en la que se definen los límites de las Cuencas Hidrográfica de toda España.

Después de seleccionar las últimas versiones de las masas de agua subterránea de cada Demarcación Hidrográfica, se ha realizado una selección de las masas carbonatadas (Tabla 17) que han sido objeto de este estudio.

Las capas fuentes de las masas de agua subterránea han sido:

- De las cuencas hidrográficas Segura, Júcar, Guadalquivir, Guadiana y Duero, se ha tomado la información de las capas que han aportado las propias demarcacioneshidrográficas.
- Para el resto de las cuencas hidrográficas, se ha utilizado la información que aparece en la capa de información geográfica mstb\_IGME,

Demarcación hidrográfica	Capa origen para obtener las masas de agua carbonatadas
Miño-Sil	"msbt_IGME.shp"
Cantábrico	"msbt_IGME.shp"
Duero	"masas_subt_duero_a.shp" y "masasduero_b.shp",
Tajo	"msbt_IGME.shp"
Guadiana	"MASb_Guadiana.shp" y "Propuesta Campo de Calatrava sept2007.shp"
Guadalquivir	"MAS_Basic_v5.shp"
Segura	"masassubterraneeas.shp"
Júcar	"PHJ09MasAguaSubt.shp"
Ebro	"msbt_IGME.shp"

**Tabla 17** Capas (archivos) origen de las masas de agua subterránea

Tanto la capa msbt\_IGME como las de las Demarcaciones no aportan información relativa al tipo de acuífero o a las características geológicas de la masa de agua. Por ello, para seleccionar las masas carbonatadas se ha utilizado la clasificación que se hace de todas las masas de agua en el archivo ma\_esp\_inf y, posteriormente, se ha realizado una revisión de la litología mayoritaria que constituye la masa de agua (afloramientos) de acuerdo al Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España a escala 1:200.000 (digitalizado), elaborado en el



año 2006 por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y los Ministerios de Medio Ambiente (MMA) y de Educación y Ciencia (MEC). Esta revisión ha ayudado a clasificar las masas de agua subterráneas como carbonatadas, mixtas o detríticas. Por tanto, para la calificación final se han tenido en cuenta los afloramientos de rocas en las masas de agua carbonatada subterráneas.

Los límites de cuencas hidrográficas utilizados han sido los definidos en la capa de información DEMARTER.

Finalmente, se han seleccionado las masas de agua subterránea carbonatadas que han sido objeto de este estudio, y se ha generado una capa de información geográfica por demarcación (la capa aparece recogida en la carpeta ámbito - demarcación del cd que adjunta este informe).

A continuación se presentan unas tablas con las masas de agua subterránea carbonatadas estudiadas en este proyecto.

### 2.1.1 Demarcación Hidrográfica del Cantábrico

Código	Nombre de la masa
013.012	Basaburua-Ulzama Occidental
013.009	Tolosa
013.014	Aralar
013.015	Basaburua-Ulzama Oriental
013.007	Salvada
012.011	Castro Urdiales
012.010	Alisa-Ramales
012.016	Puente Viesgo-Besaya
012.014	Picos de Europa-Panes
012.007	Llanes-Ribadesella
012.009	Santader-Camargo
012.008	Santillana-San Vicente de la Barquera
012.013	Región del Ponga
012.003	Candas
012.019	Peña Ubiña-Peña Rueda
013.003	Balmaseda-Elorrio
012.002	Somiedo-Trubia-Pravia

**Tabla 18** Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico

### 2.1.2 Demarcación Hidrográfica del Duero

Código	Nombre de la masa
020.004	Quintanilla-Peñahoradada
020.018	Arlanzón-Río Lobos
020.035	Cabrejas-Soria
020.036	Moncayo
020.046	Sepúlveda
020.050	Almazán sur
020.056	Prádena
020.057	Segovia

Tabla 19 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Duero

### 2.1.3 Demarcación Hidrográfica del Tajo

Código	Nombre de la masa
030.001	Cabecera del Bornova
030.002	Singüenza-Marranchón
030.003	Tajuña-Montes Universales
030.004	Torrelaguna
030.005	Jadraque
030.009	Molina de Aragón
030.014	Entrepeñas

Tabla 20 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo

### 2.1.4 Demarcación Hidrográfica del Guadiana

Código	Nombre de la masa
040.001	Sierra de Altomira
040.003	Lillo-Quintanar
040.006	Mancha Occidental II
040.007	Mancha Occidental I
040.010	Campo de Montiel
040.018	Zafra-Olivenza
040.019	Aroche Jabugo

Tabla 21 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana

### 2.1.5 Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

<b>Código</b>	<b>Nombre de la masa</b>
0501	Sierra de Cazorla
0502	Quesada-Castril
0503	Duda-la Sagra
0504	Huéscar-Puebla de Don Fadrique
0505	La Zarza
0506	Orce-María-Cullar
0507	Ahillo-Caracolera
0508	Sierra de las Estancias
0510	Jabalcón
0511	Sierra de Baza
0514	Bedmar-Jódar
0515	Torres-Jimena
0516	Jabalruz
0517	Jaén
0518	San Cristobal
0519	Mancha Real-Pegalajar
0520	Almadén
0521	Sierra Mágina
0522	Mentidero-Montesinos
0528	Montes Orientales. Sector Norte
0529	Sierra de Colomera
0530	Sierra Arana
0531	La Peza
0533	Sierra Elvira
0534	Madrid-Parapanda
0535	Cabra-Gaena
0536	Rute-Horconera
0537	Albayate-Chanzas
0539	Hacho de Loja
0540	Sierra Gorda-Zafarraya
0542	Tejeda-Almijara-Las Guajaras
0543	Sierra Estepa
0545	Sierra Morena
0565	Sierra de Padul

0566	Grajales-Pandera-Carchel
0570	Gracia-Ventisquero
0571	Campos de Montiel
0572	Sierra de Cañete

**Tabla 22** Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

### 2.1.6 Demarcación Hidrográfica del Segura

<b>Código</b>	<b>Nombre de la masa</b>
070.001	Corral Rubio
070.002	Sinclinal de la Higuera
070.003	Alcadozo
070.004	Boquerón
070.005	Tobarra-Tedera-Pinilla
070.006	Pino
070.007	Conejeros-Albatana
070.008	Ontur
070.009	Sierra de la Oliva
070.010	Pliegues Jurasicos del Mundo
070.011	Cuchillos-Cabras
070.012	Cingla
070.013	Moratilla
070.015	Segura-Madera-Tus
070.018	Machada
070.019	Taibilla
070.020	Anticlinal de Socovos
070.021	El Molar
070.022	Sinclinal de Calasparra
070.023	Jumilla-Yecla
070.024	Lacera
070.025	Ascoy-Sopalmo
070.027	Serral-Salinas
070.028	Baños de Fortuna
070.029	Quibas
070.030	Sierra del Argallet
070.031	Sierra de Crevillente
070.032	Caravaca

070.033	Bajo Quípar
070.034	Oro-Ricote
070.039	Bullas
070.040	Sierra Espuña
070.043	Valdeinfierno
070.047	Triásico Maláguide de Sierra Espuña
070.048	Santa-Yéchar
070.051	Cresta del Gallo
070.055	Triásico de Carrascoy
070.056	Sierra de las Estancias
070.058	Mazarrón
070.059	Enmedio-Cabezo de Jara
070.062	Sierra de Almagro
070.063	Sierra de Cartagena

**Tabla 23** Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Segura

### 2.1.7 Demarcación Hidrográfica del Júcar

Código	Código ART_5	Nombre de la masa
080.102	080.002	Javalambre Occidental
080.104	080004	Mosqueruela
080.105	080.005	Puertos de Beceite
080.108	080.008	Maestrazgo Occidental
080.109	080.008	Maestrazgo Oriental
080.113	080.012	Arquillo
080.114	080.013	Gea de Albarracín
080.115	080.014	Montes Universales
080.116	080.116	Triásico de Boniches
080.117	080.015	Jurásico de Uña
080.118	080.015	Cretácico de Cuenca Norte
080.119	080.015	Terciario de Alarcón
080.120	080.015	Cretácico de Cuenca Sur
080.121	080.015	Jurásico de Cardenete
080.122	080.016	Vallanca
080.123	080.017	Alpuente
080.124	080.018	Sierra del Toro
080.125	080.019	Júrica
080.126	080.020	Onda - Espadán

080.129	080.029	Mancha Oriental
080.130	080.023	Medio Palancia
080.132	080.025	Las Serranías
080.134	080.027	Mira
080.135	080.028	Hoces del Cabriel
080.136	080.030	Lezuza-El Jardín
080.137	080.031	Arco de Alcaraz
080.138	080.032	Alpera (Carcelén)
080.139	080.033	Cabrillas - Malacara
080.143	080.037	La Contienda
080.144	080.037	Sierra del Ave
080.145	080.038	Caroch Norte
080.147	080.040	Caroch Sur
080.149	080.042	Sierra de las Agujas
080.150	080.043	Bárig
080.153	080.046	Marchuquera-Falconera
080.154	080.047	Sierra de Ador
080.156	080.049	Sierra Grossa
080.158	080.051	Cuchillo-Moratilla
080.159	080.052	Rocín
080.160	080.053	Villena - Benejama
080.161	080.053	Volcadores - Albaida
080.162	080.054	Almirante Mustalla
080.165	080.057	Montgó
080.166	080.057	Peñón-Bernia
080.167	080.058	Alfaro
080.168	080.058	Mediodía
080.170	080.060	Salt San Cristobal
080.171	080.060	Sierra de Mariola
080.172	080.061	Sierra Lácera
080.173	080.062	Sierra del Castellar
080.176	080.065	Barrancones-Carrasqueta
080.177	080.066	Sierra Aitana
080.178	080.067	Serella-Aixorta-Algar
080.181	080.070	Sierra de Salinas
080.182	080.071	Argüeña-Maigó
080.183	080.072	Orcheta

080.185	080.074	Agost - Monnegre
080.186	080.075	Sierra del Cid
080.187	080.076	Sierra del Reclot
080.188	080.077	Sierra de Argallet
080.189	080.078	Sierra de Crevillente

**Tabla 24** Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Estas masas de agua presentan una doble codificación: Código ART\_5 (de acuerdo al Estudio inicial para la identificación y caracterización de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias, MIMAM, 2005) y Código (realizado a partir de una revisión en el 2007 rde la Oficina de Planificación Hidrológica).

### 2.1.8 Demarcación Hidrográfica del Ebro

Código	Nombre de la masa
091.001	Fontibre
091.002	Páramo de Sedano y Lora
091.003	Sinclinal de Villarcayo
091.004	Manzanedo-Oña
091.005	Montes Obarenes
091.006	Pancorbo-Conchas de Haro
091.007	Valderejo-Sobrón
091.010	Calizas de Losa
091.011	Calizas de Subijana
091.013	Cuartango-Salvatierra
091.014	Gorbea
091.016	Sierra de Aizkorri
091.017	Sierra de Urbasa
091.018	Sierra de Andía
091.019	Sierra de Aralar
091.020	Basaburua-Ulzama
091.024	Bureba
091.025	Alto Arga-Alto Irati
091.026	Larra
091.027	Ezcaurre-Peña Telera
091.028	Alto Gallego
091.031	Sierra de Leyre
091.032	Sierra de Tendeñera-Monte Perdido
091.037	Cotiella-Turbón
091.039	Cadi-Port del Comte
091.041	Litera Alta

091.042	Sierra Marginales Catalanas
091.065	Pradoluengo-Anguiano
091.068	Mansilla-Neila
091.069	Cameros
091.070	Añavieja-Valdegutur
091.071	Araviano-Vozmediano
091.073	Borobia-Aranda del Moncayo
091.086	Páramos del Alto Jalón
091.088	Monreal-Calamocha
091.090	Pozondón
091.091	Cubeta de Olite
091.094	Pitarque
091.094	Oriche-Anadón
091.096	Puerto de Beceite
091.099	Puertos de Torotosa
091.100	Boix-Cardó
091.103	Mesozoico de la Galera

**Tabla 25** Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Ebro



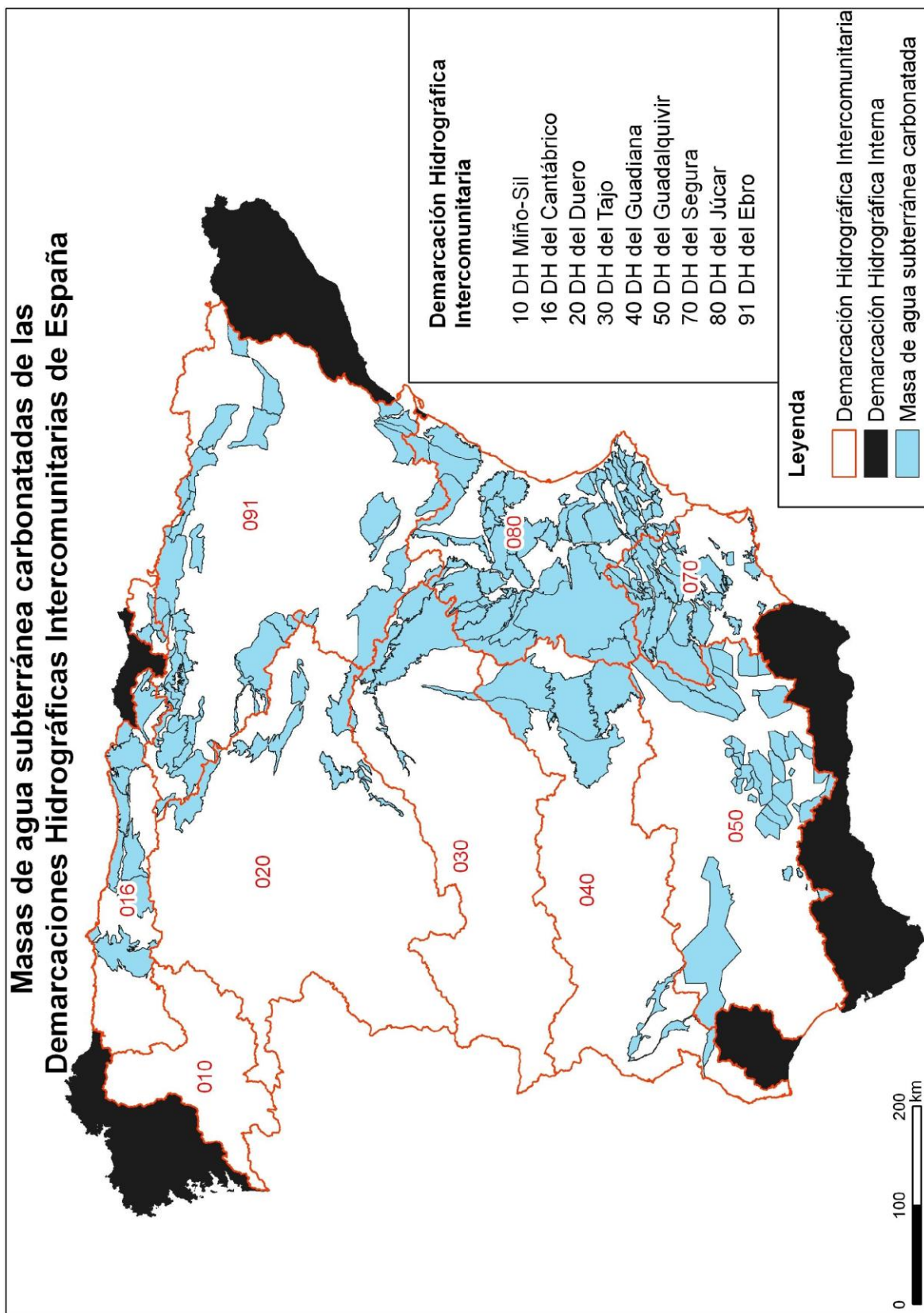


Figura 1. Masas de agua subterránea carbonatadas de las Demarcaciones Hidrográficas Intercomunitarias



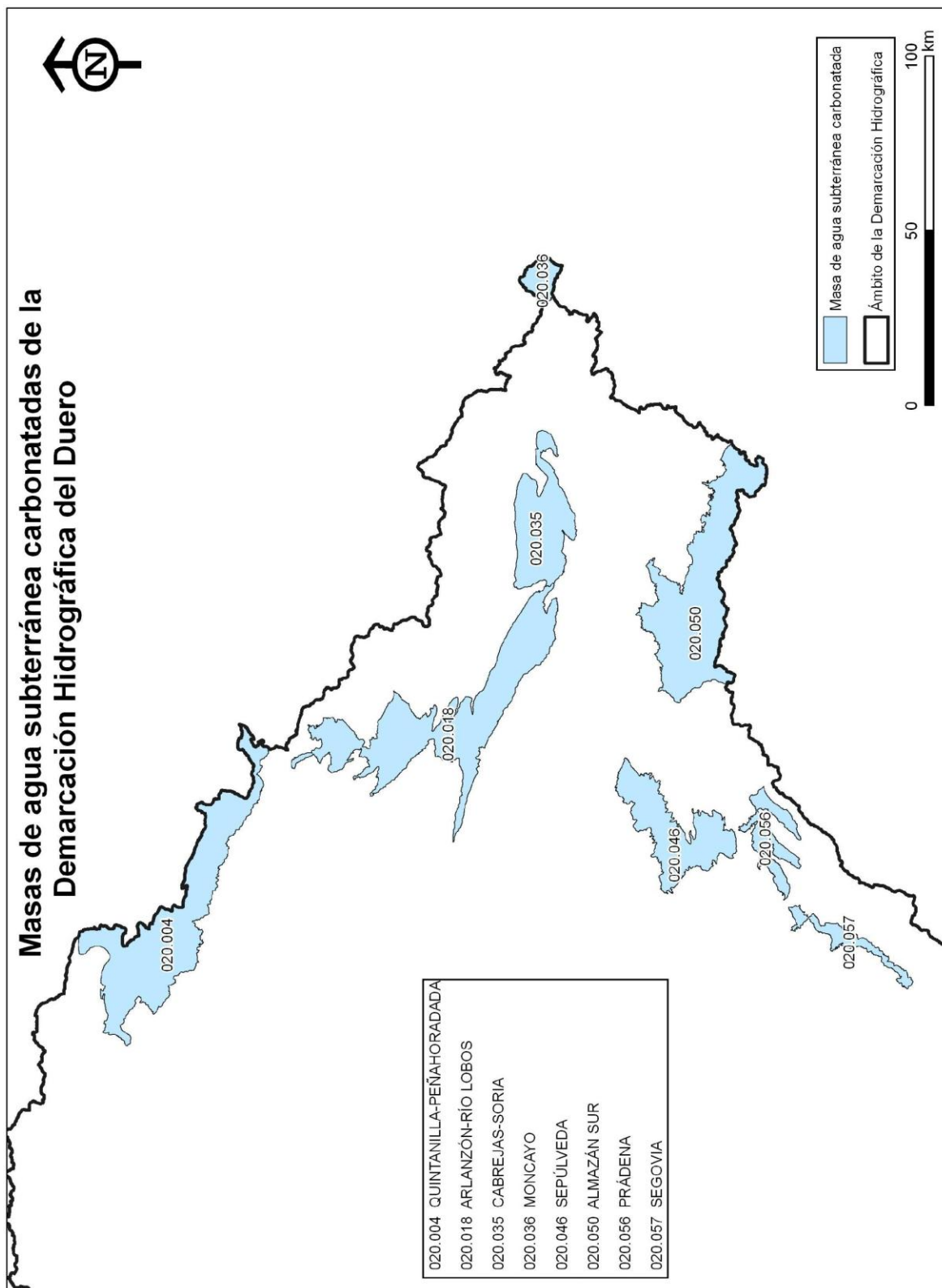


Figura 3 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Duero

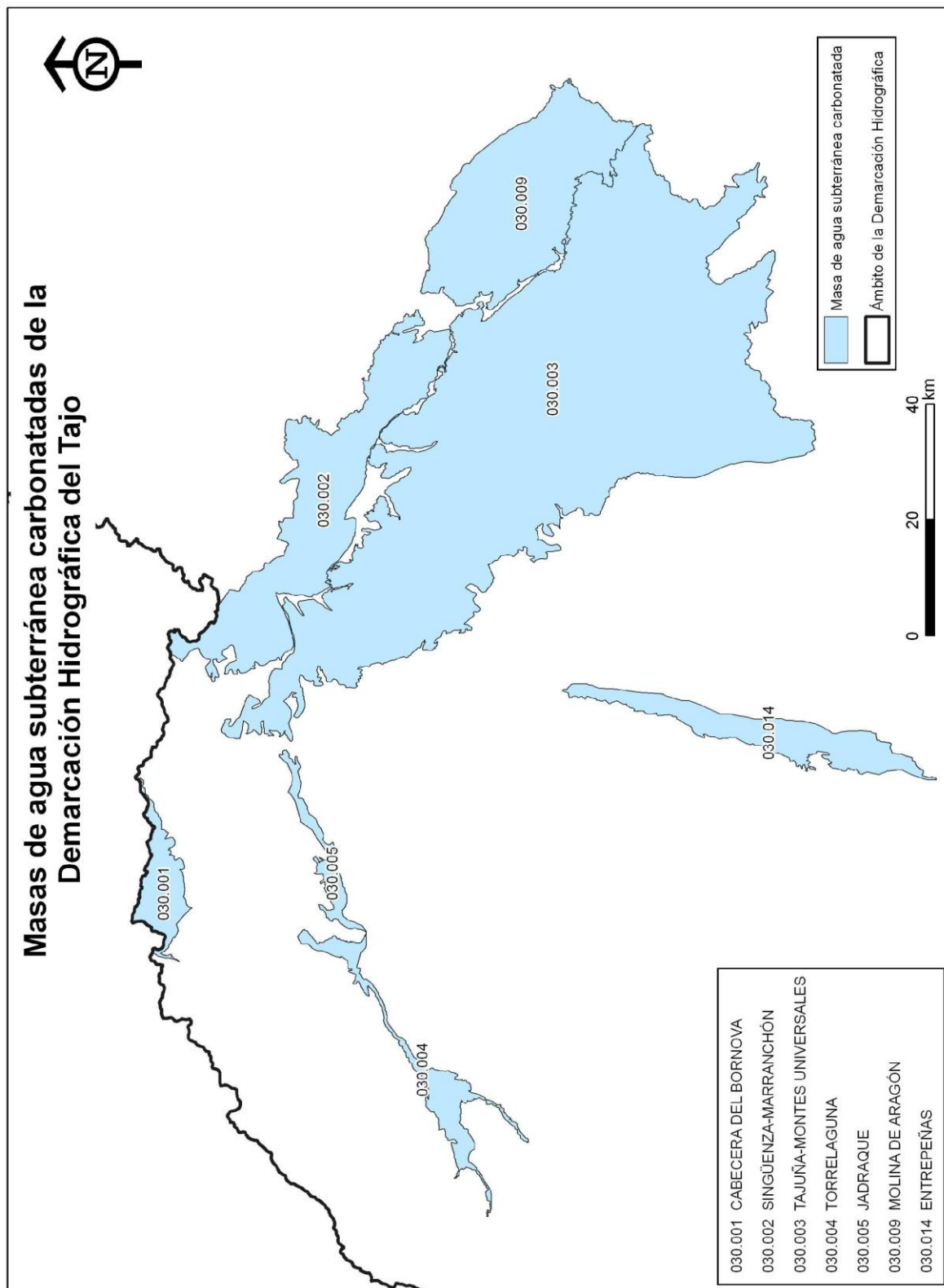


Figura 4 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo

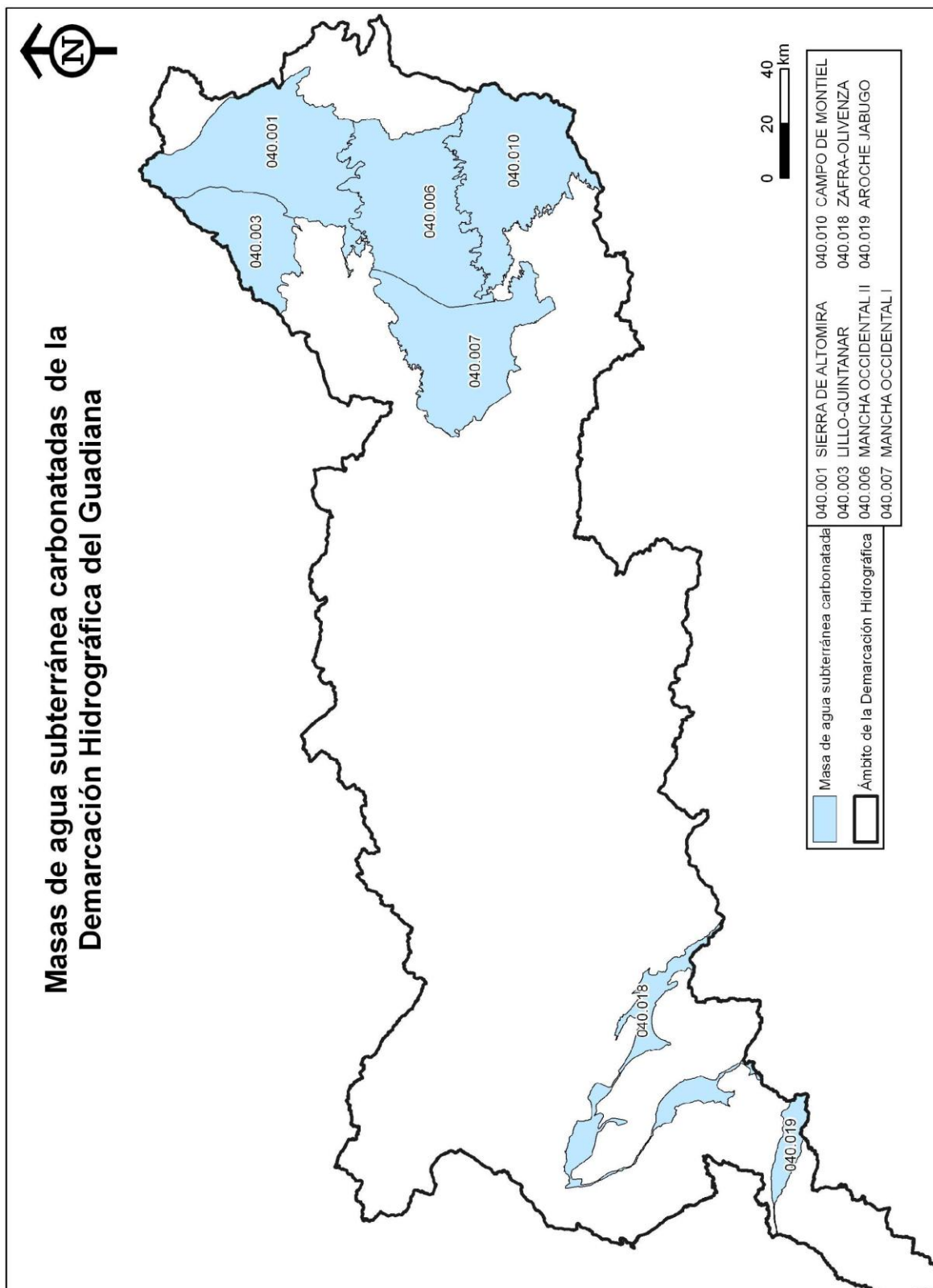


Figura 5 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana

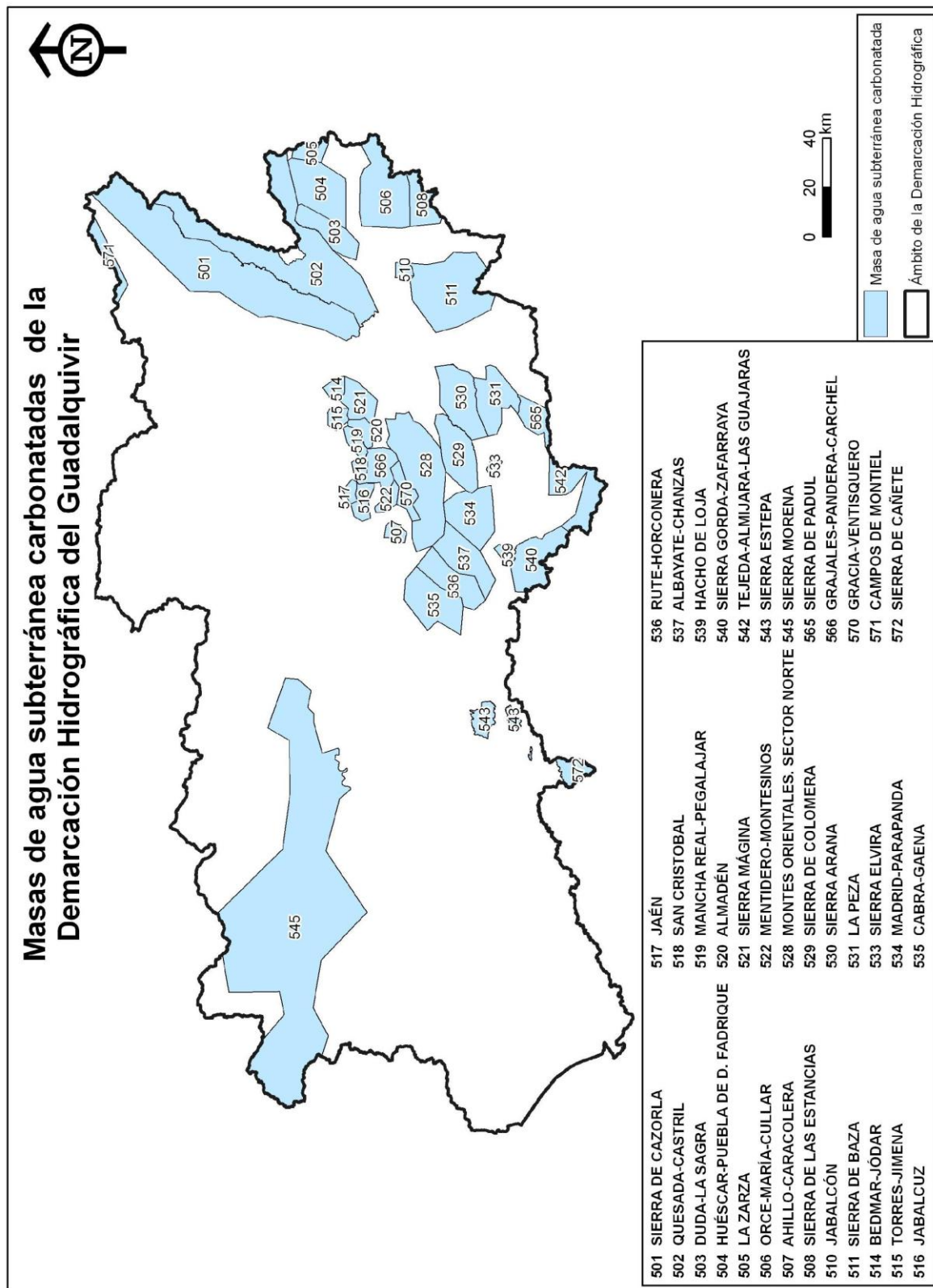
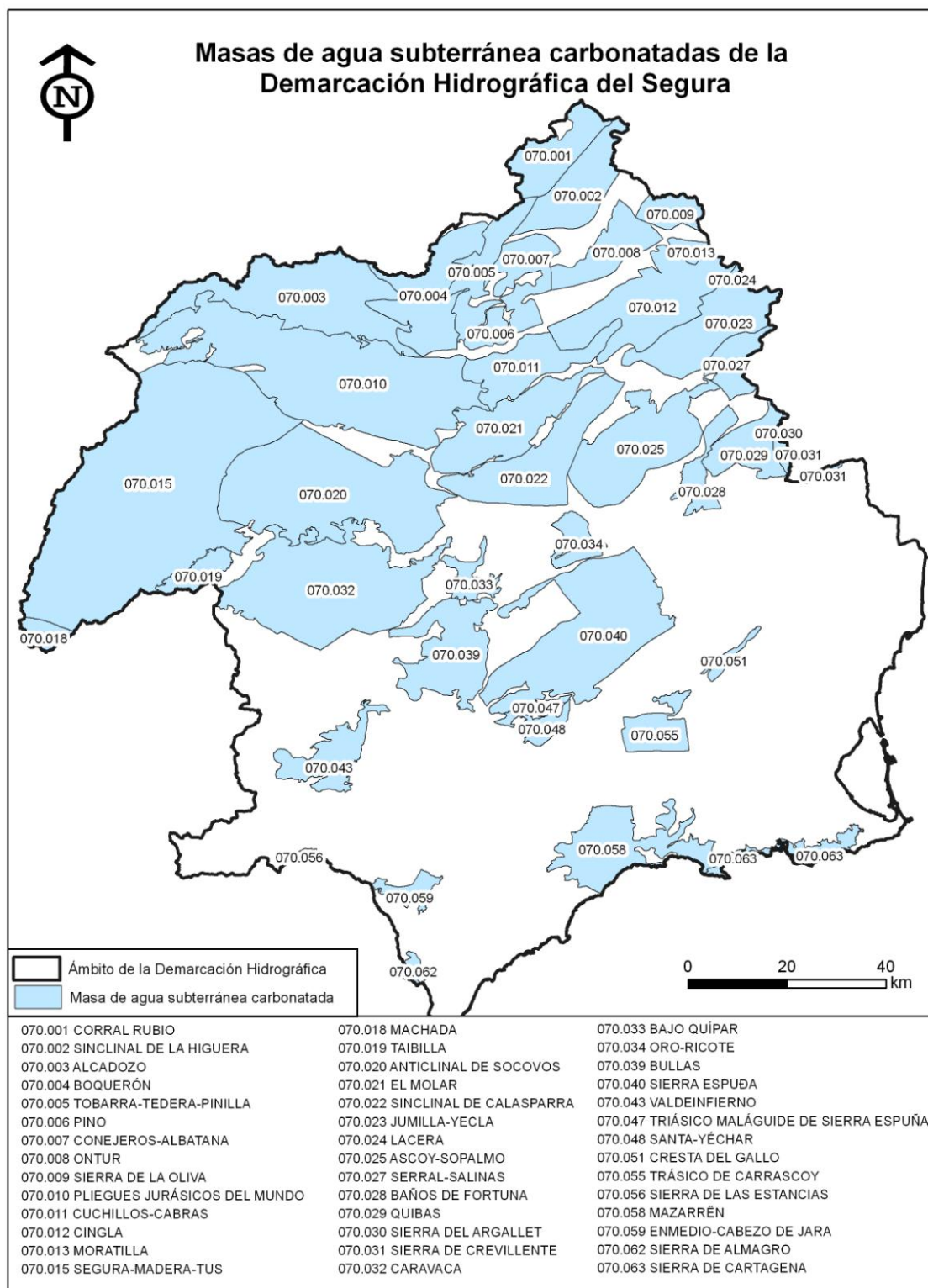
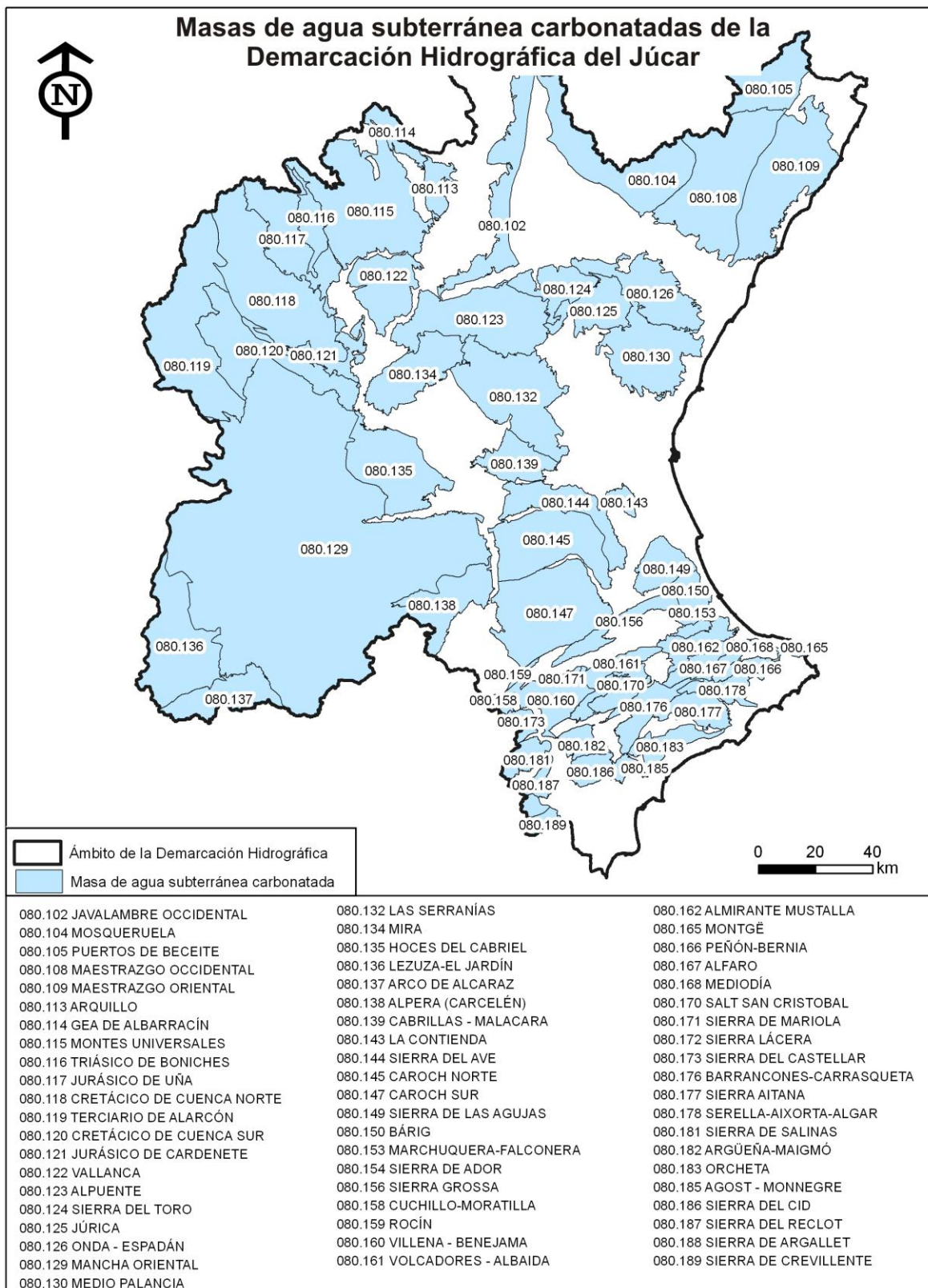


Figura 6 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir



**Figura 7 Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Segura**



**Figura 8** Masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar



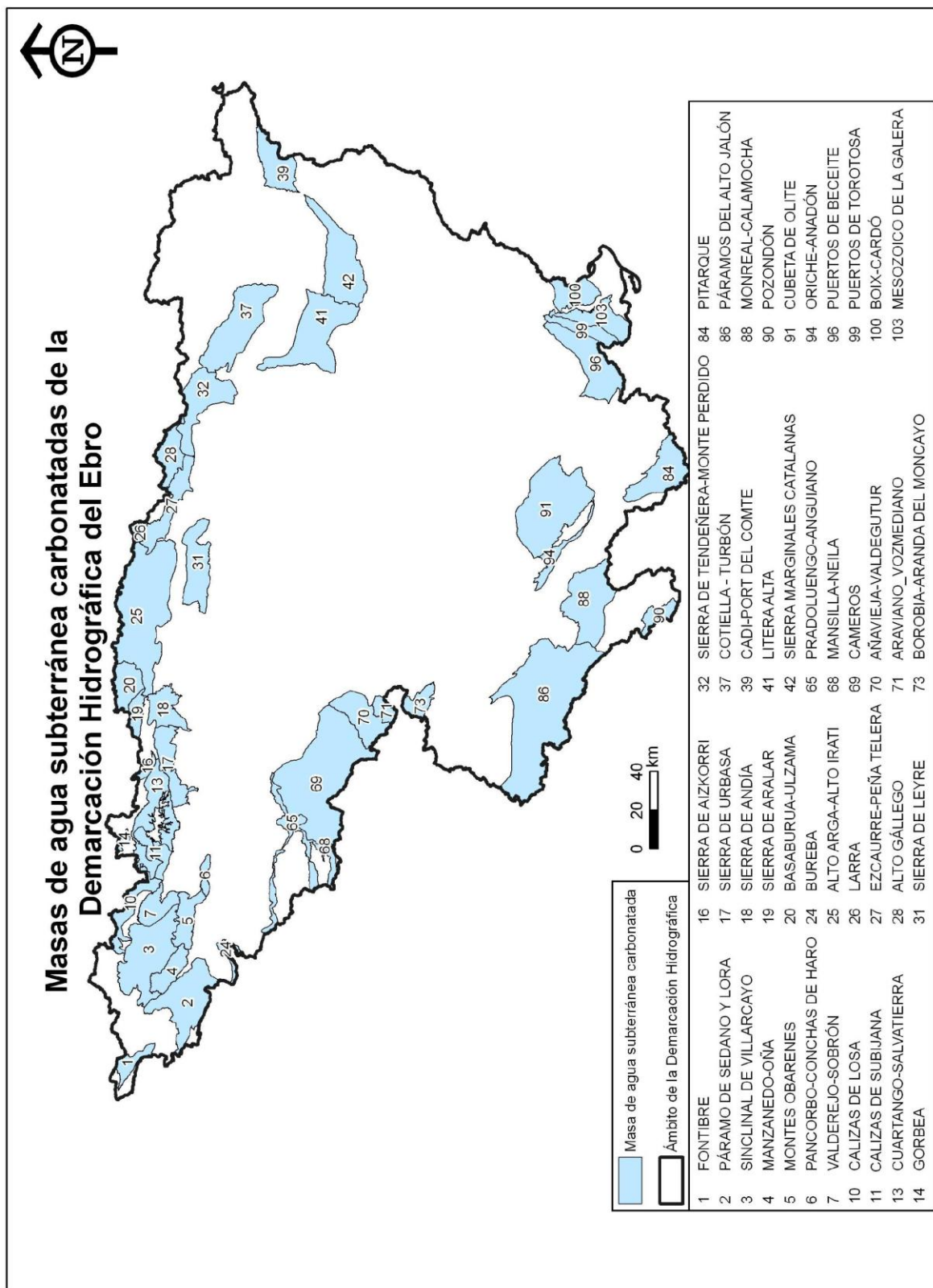


Figura 9 Masas de agua subterránea carbonatada de la Demarcación Hidrográfica del Ebro

## 2.2 Modificación de los límites de las masas de agua subterránea carbonatadas

Algunas de las masas de agua que aportaron las capas de información geográfica fuentes presentaban anomalías en su delimitación y morfología. Tras un informe exhaustivo remitido al equipo de dirección del proyecto, se estimó oportuno realizar unas modificaciones de los límites de las masas de agua subterráneas que presentaban anomalías.

En líneas generales, existían dos problemáticas o tipos de anomalías comunes a todas las cuencas:

- Anomalías en las áreas donde convergen dos o más cuencas hidrográficas, de modo que era bastante común que se superpusieran masas de diferentes demarcaciones hidrográficas ( Figura 10). Dentro de una misma demarcación no se apreciaban errores espaciales entre masas de agua subterránea,

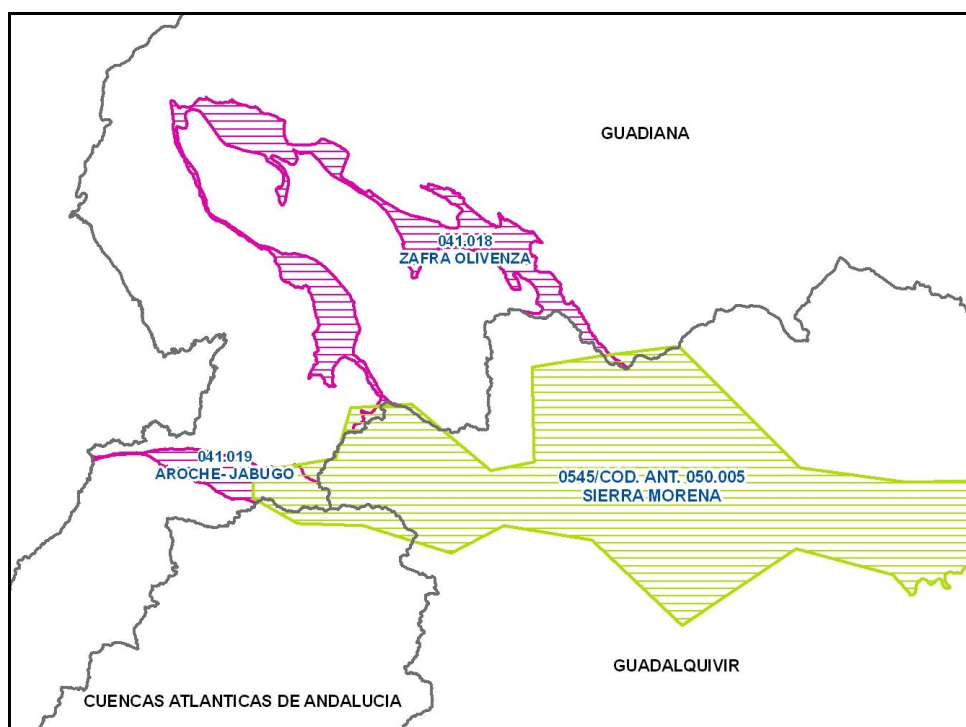
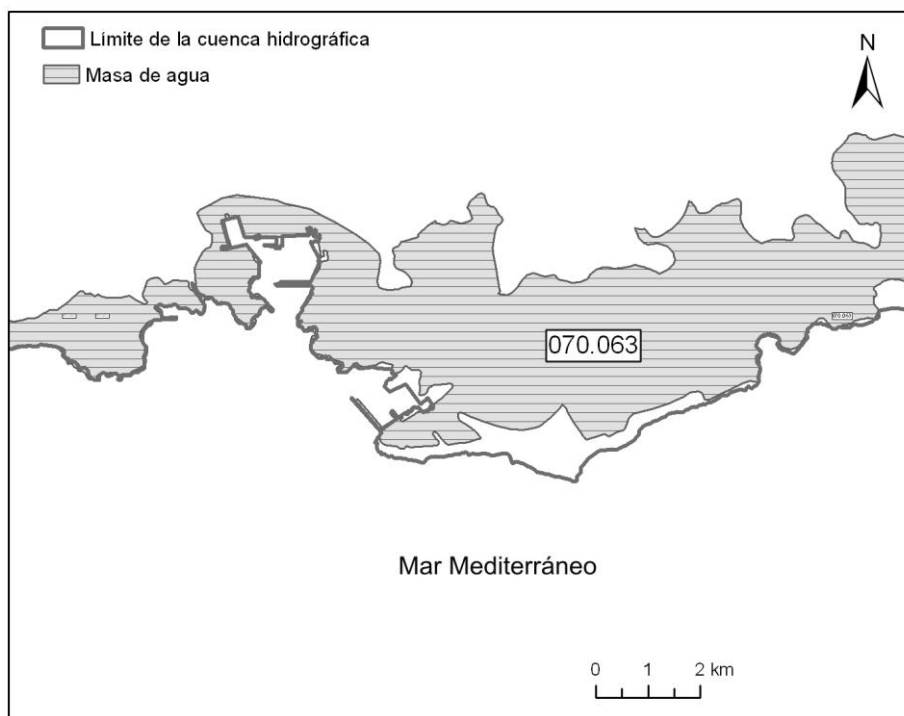


Figura 10 Ejemplo de desajustes espaciales en zonas donde coinciden masas de agua subterráneas de diferentes Demarcaciones

- Los límites de las masas de agua subterránea costeras y los límites que de la demarcación que aparecen en la capa DEMARTER no coinciden espacialmente (Figura 11). Se trata de pequeños desajustes (probablemente debido a la diferente fuente de información original utilizada).



**Figura 11** Ejemplo de desajustes entre límites de la demarcación y límites de las masas de agua subterráneas costeras

Las masas de agua subterránea que presentaban desajustes en los límites y que, por tanto, han sido modificadas son las que se recogen en la Tabla 26.

Código	Nombre	Demarcación Hidrográfica
013.003	Balmaseda-Elorrio	Cantábrico
501	Sierra de Cazorla	Guadalquivir
502	Quesada-Castril	Guadalquivir
505	La Zarza	Guadalquivir
506	Orce-María-Cullar	Guadalquivir
508	Sierra de las Estancias	Guadalquivir
511	Sierra de Baza	Guadalquivir
538	El Pedroso-Arcas	Guadalquivir
540	Sierra Gorda-Zafarraya	Guadalquivir
542	Tejeda-Almijara-Las Guájaras	Guadalquivir
545	Sierra Morena	Guadalquivir
565	Sierra de Padul	Guadalquivir
030.014	Entrepeñas	Tajo
030.003	Tajuña-Montes Universales	Tajo
030.004	Torrelaguna	Tajo
030.005	Jadraque	Tajo

030.002	Singüenza-Marranchón	Tajo
091.001	Fontibre	Ebro
091.002	Páramo de Sedano y Lora	Ebro
091.010	Calizas de Losa	Ebro
091.013	Cuartango - Salvatierra	Ebro
091.014	Gorbea	Ebro
091.016	Sierra de Aizkorri	Ebro
091.019	Sierra de Aralar	Ebro
091.020	Basaburua-Ulzama	Ebro
091.025	Alto Arga-Alto Irati	Ebro
091.026	Larra	Ebro
091.028	Alto Gállego	Ebro
091.032	Sierra de Tendeñera-Monte Perdido	Ebro
091.065	Pradoluengo-Anguiano	Ebro
091.068	Mansilla-Neila	Ebro
091.096	Puertod de Beceite	Ebro
091.099	Puertos de Torotosa	Ebro
091.100	Boix-Cardó	Ebro
091.103	Mesozoico de la Galera	Ebro
101.29	Cardó - Vandellós	Ebro
101.30	Plana Galera - Montsià	Ebro
101.31	Ports i Montsià	Ebro
50	Almazán Sur	Duero
51	Páramo de Escalote	Duero
080.008	Maestrazgo Occidental	Júcar
080.104	Mosqueruela	Júcar
080.105	Puertos de Beceite	Júcar
080.114	Gea de Albarracín	Júcar
080.115	Montes Universales	Júcar
080.117	Jurásico de Uña	Júcar
080.118	Cretácico de Cuenca Norte	Júcar
080.119	Terciario de Alarcón	Júcar
080.129	Mancha Oriental	Júcar
080.136	Lezuza-El Jardín	Júcar
080.137	Arco de Alcaraz	Júcar
080.138	Alpera (Carcelén)	Júcar
080.158	Cuchillo-Moratilla	Júcar

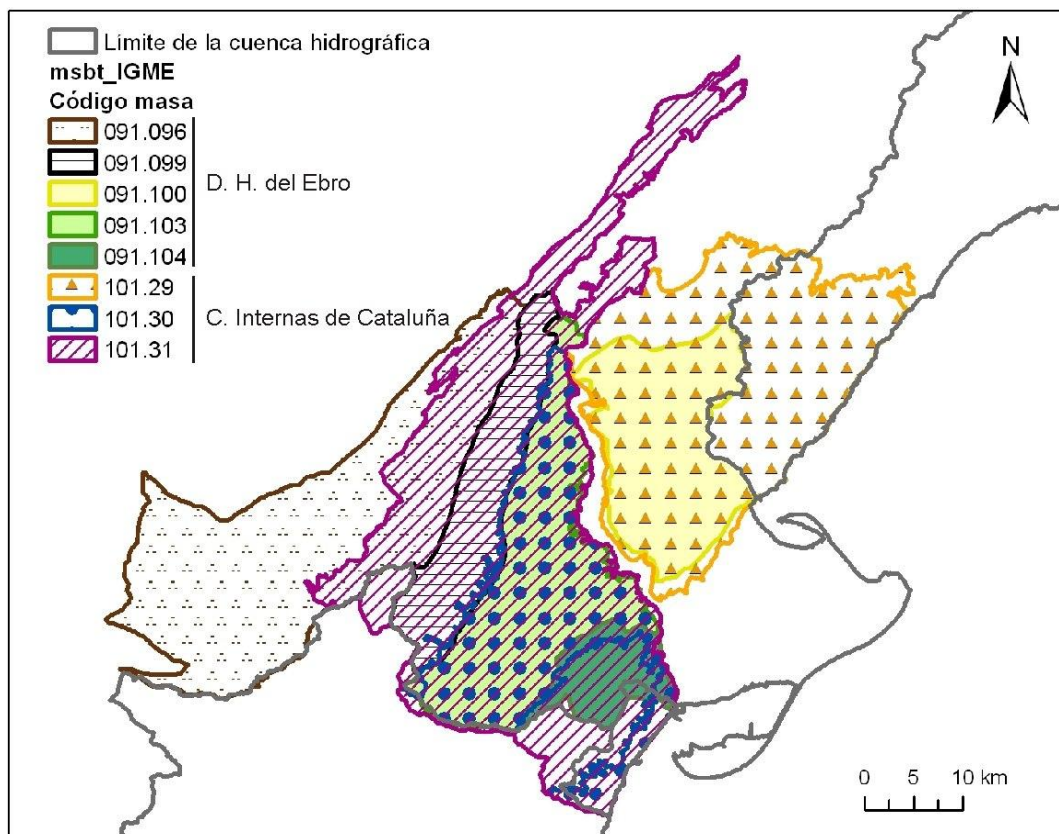
080.172	Sierra Lácera	Júcar
080.173	Sierra del Castellar	Júcar
080.181	Sierra de Salinas	Júcar
080.187	Sierra del Reclot	Júcar
080.188	Sierra de Argallet	Júcar
080.189	Sierra de Crevillente	Júcar
040.001	Sierra de Altomira	Guadiana
040.003	Lillo-Quintanar	Guadiana
040.006	Mancha occidental II	Guadiana
040.007	Mancha occidental I	Guadiana
040.010	Campo de Montiel	Guadiana
040.018	Zafra-Olivenza	Guadiana
040.019	Aroche Jabugo	Guadiana

**Tabla 26** Listado de masas de agua carbonatadas que presentan anomalías

El mayor problema detectado corresponde al solapamiento y asignación de masas de agua subterráneas entre la Demarcación Hidrográfica del Ebro y de las Cuencas Internas de Cataluña. En la capa de información mstb\_IGME existe un área donde las masas de agua subterráneas coinciden, e incluso la misma masa de agua aparece incluida como propia en las dos Demarcaciones Hidrográficas. A continuación se muestra una figura (Figura 12) y una tabla (Tabla 27 ) donde aparecen todas las masas de agua subterránea afectadas por problemas de superposición.

Código	Nombre	Código	Demarcación de Cuenca
101.29	Cardó - Vandellós	101	Cuencas Internas de Cataluña
101.30	Plana Galera - Montsià	101	Cuencas Internas de Cataluña
101.31	Ports i Montsià	101	Cuencas Internas de Cataluña
091.096	Puertos de Beceite	91	Ebro
091.099	Puertos de Tortosa	91	Ebro
091.100	Boix-Cardó	91	Ebro
091.103	Mesozoico de la Galera	91	Ebro
091.104	Sierra del Montsià	91	Ebro

**Tabla 27** Listado de masas de agua carbonatadas que presentan problemas de superposición. Información de la capa msbt\_IGME



**Figura 12** Solapamiento de masas de agua entre la Demarcación Hidrográfica del Ebro y las Cuencas Internas de Cataluña

La forma de proceder ha sido la siguiente: se reajustaron los límites de las masas a los límites de las cuencas, según los definidos por la capa DEMARTER, y en lo referente a la asignación de las masas a una demarcación se han seleccionado las masas que venían adjudicadas a la Demarcación del Ebro (aunque también aparezca como Cuencas Internas de Cataluña).

### **3 FUENTES DE INFORMACIÓN, RECOPIACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS Y CAPAS DE INFORMACIÓN**

Los mapas de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de las aguas subterráneas se basan en el análisis de las variables del medio físico. En el caso concreto de este proyecto, y siguiendo las directrices del método COP (apartado 1.2), las variables del medio físico que se han considerado son:

- Litología de la zona no saturada
- Suelo: espesor y textura
- Cobertura vegetal
- Pendiente
- Morfología kárstica superficial
- Precipitación: cantidad de lluvia y número de días con precipitación
- Espesor de la zona no saturada
- Grado de confinamiento

#### **3.1 Factor O: capas de protección del agua subterránea**

##### **3.1.1 Litología**

La capa de información geográfica que se ha utilizado para evaluar las variables relacionadas con la litología en este estudio ha sido el Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España a escala 1:200.000 (digitalizado), elaborado en el año 2006 por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y los Ministerios de Medio Ambiente (MMA) y de Educación y Ciencia (MEC).

Durante el análisis de dicha cartografía para su posterior puntuación, según los criterios del parámetro  $I_y$  (Tabla 2) se observó que este mapa litoestratigráfico presentaba algunos errores, en algunos casos derivados de la escala y, en otros, de la interpretación de la realidad. Estos errores se han intentado corregir, en la medida de lo posible, siempre y cuando se tratara de reinterpretación de la litología existente o el trabajo de edición de la capa no fuera excesivo. Para corroborar la litología del mapa litoestratigráfico se han utilizado los mapas geológicos de la serie MAGNA del IGME, cuya escala (1:50.000) permite obtener resultados de mayor detalle.

### 3.1.2 Suelo

El método COP tiene en cuenta dos aspectos relacionados con el suelo (espesor y textura) que afectan a su permeabilidad y, por tanto, a su capacidad de protección del agua subterránea frente a episodios de contaminación. Las fuentes de información cartográfica que se han utilizado para este parámetro son: Mapa de Suelos de España (Instituto Geográfico Nacional - IGN), Mapa de Suelos de Andalucía (Consejería de Agricultura y Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Mapa de Suelos de la Región de Murcia (Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente). La elección de una cartografía base u otra ha estado sujeta, en primer lugar, a que el mapa de suelos abarque la totalidad de la superficie de la masa de agua y, en caso de existir más de una cartografía, se ha seleccionado la de mayor detalle.

En concreto, para cada demarcación se han utilizado las cartografías que vienen expuestas en la Tabla 28 .

Demarcación	Mapa origen para la obtención de la capa de suelo	Escala
Cantábrico	Mapa de Suelos de España	1:1.000.000
Duero	Mapa de Suelos de España	1:1.000.000
Tajo	Mapa de Suelos de España	1:1.000.000
Guadiana	Mapa de Suelos de España	1:1.000.000
Guadalquivir	Mapa de Suelos de España y Mapa de Suelos de Andalucía	1:1.000.000 / 1:400.000
Segura	Mapa de Suelos de España y Mapa de Suelos de la Región de Murcia	1:1.000.000 / 1:100.000
Júcar	Mapa de Suelos de España	1:1.000.000
Ebro	Mapa de Suelos de España	1:1.000.000

**Tabla 28** Cartografía edafológica utilizada en cada una de las Demarcaciones Hidrográficas estudiadas.

Además, con el fin de valorar los suelos con mejor criterio se ha recurrido a fuentes bibliográficas (CNIG, 2006, FAO-UNESCO, 1990, Fitzpatrick, 1980, USDA-NRCS, 1999, Simón Torres, 2005, Consejería de Medio Ambiente, 2007, Álvarez Rogel, 2008 y Navarro et al., 1997) donde se describen las principales características de los suelos (textura, profundidad, comportamiento frente a la desecación, porcentaje de arcilla, etc). Con la información recabada se ha valorado el suelo de acuerdo a los dos puntos de vista que considera el método COP, textura y espesor (Anexo II).



### **3.1.3 Grado de confinamiento**

Para determinar si la masa de agua presenta algunos sectores confinados o semiconfinados se han tenido en cuenta las litologías que constituyen la masa de agua y sus alrededores, sus edades, las series estratigráficas, estructura geológica y la geometría. La fuente de información ha sido el Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España a escala 1:200.000 y la cartografía geología de la serie MAGNA del IGME (1:50.000).

### **3.1.4 Espesor de la zona no saturada**

Para estimar el espesor de la zona no saturada se ha determinado la cota piezométrica en los puntos de agua - pozos, sondeos y manantiales- aportados por el IGME y que pertenecen a tres bases de datos diferentes: la del propio IGME (base de datos AGUAS de la Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas), la del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y las de las Demarcaciones Hidrográficas (sólo algunas demarcaciones han facilitado su base de datos de niveles piezométrico: Duero, Guadalquivir, Guadiana, Júcar y Tajo). Se ha realizado una extensa tarea de revisión, análisis y tratamiento de todos los datos, recopilación bibliográfica y supervisión de los resultados para poder trazar, de la forma más correcta posible, la superficie piezométrica de los acuíferos.

El procedimiento que se ha seguido para conocer la cota piezométrica en cada punto de agua es el siguiente:

- agrupación de los datos de profundidad del nivel piezométrico en una misma base de datos,
- selección de todos los puntos de agua que se encuentran dentro de los límites de las masas de agua carbonatadas o en sus inmediaciones”
- generación de tablas en Excel con las series históricas de medidas de profundidad del nivel piezométrico en cada piezómetro,
- cálculo de la profundidad media del nivel piezométrico, la mínima y el número de medidas para cada piezómetro,
- representación gráfica, con Excel, de las series de medidas históricas y eliminación de datos en función a los siguientes criterios:
  - medidas correspondientes a niveles dinámicos,
  - datos que se alejan de la tendencia de la serie histórica (saltos bruscos puntuales),
  - datos antiguos que no concuerdan con medidas más actuales
- recálculo de los valores medio, mínimo y el número de la profundidad del nivel piezométrico.

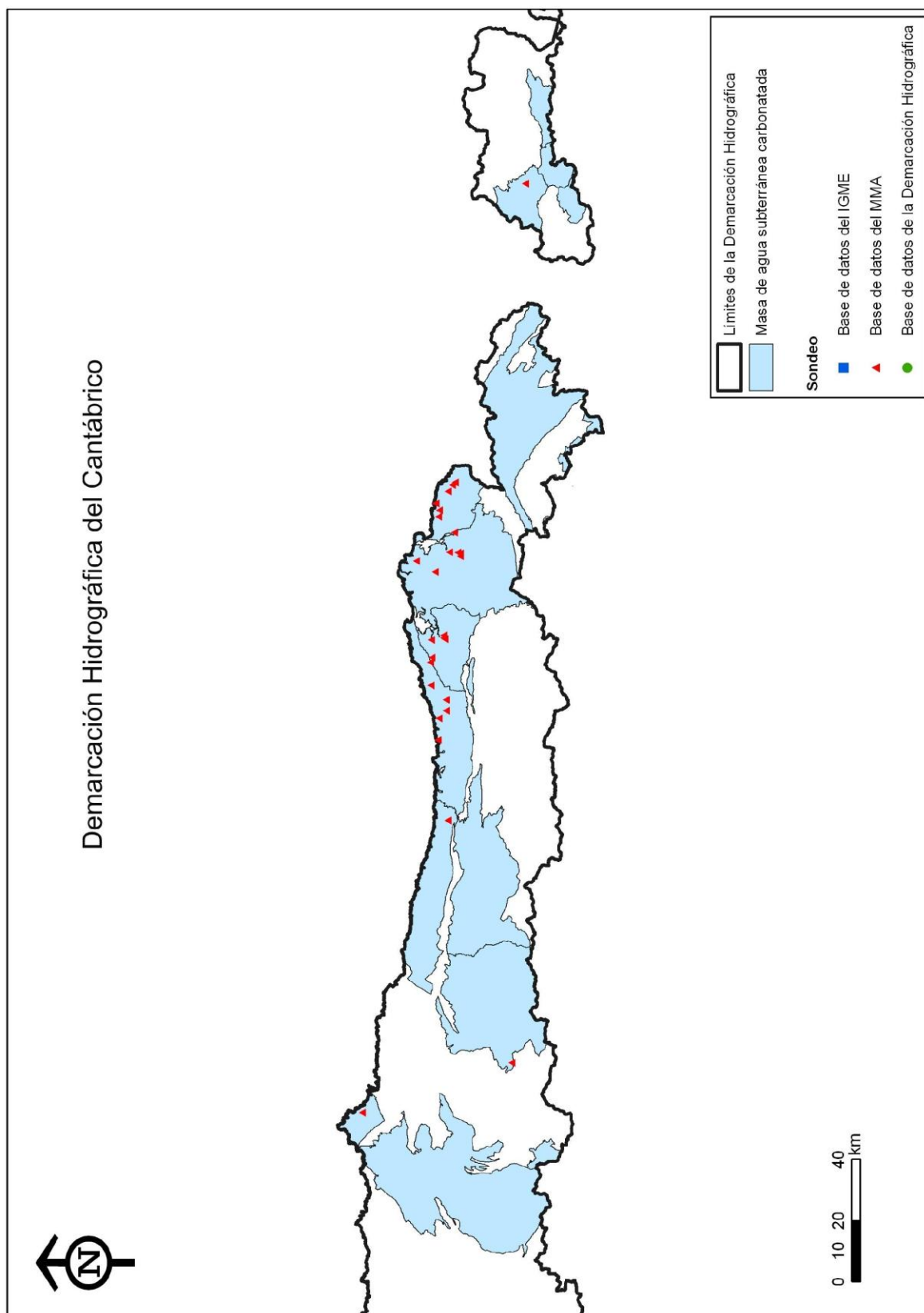
Posteriormente, se ha generado una capa de información donde consta: la posición geográfica y la cota de cada punto, además de los valores mínimos y medio de la profundidad del nivel piezométrico, y el número de medidas de ésta. En algunos casos la cota topográfica de los piezómetros que figuraba en la base de datos no coincidía con la del Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Se ha optado por asignar la cota topográfica de cada piezómetro a partir de este modelo. La cota piezométrica se ha obtenido restando de la cota topográfica del MDE la mínima profundidad piezométrica. Así se estima la cota piezométrica máxima a la que se ha encontrado el agua en cada punto considerado (la más vulnerable a la contaminación). La distribución de los sondeos con la que se ha trabajado, para la estimación de la superficie piezométrica, se muestra en los mapas figura 13 a 20.

En relación con los manantiales, se ha llevado a cabo una selección de acuado con los criterios hidrogeológicos (cota de surgencia, caudal). Así, aquellos manantiales que presentaban caudales insignificantes y/o cota piezométrica muy diferente de los puntos de elevado caudal no se han tenido en cuenta por entender que podrían corresponder a puntos poco representativos del drenaje de la masa de agua subterránea o a manantiales colgados con respecto al nivel piezométrico regional. No obstante, la discriminación no siempre ha sido fácil, porque, en bastantes masas de agua, los manantiales son los únicos puntos de apoyo para poder trazar isopiezas, ya no que existen o son escasos los sondeos o pozos (Figura 13 a 20),

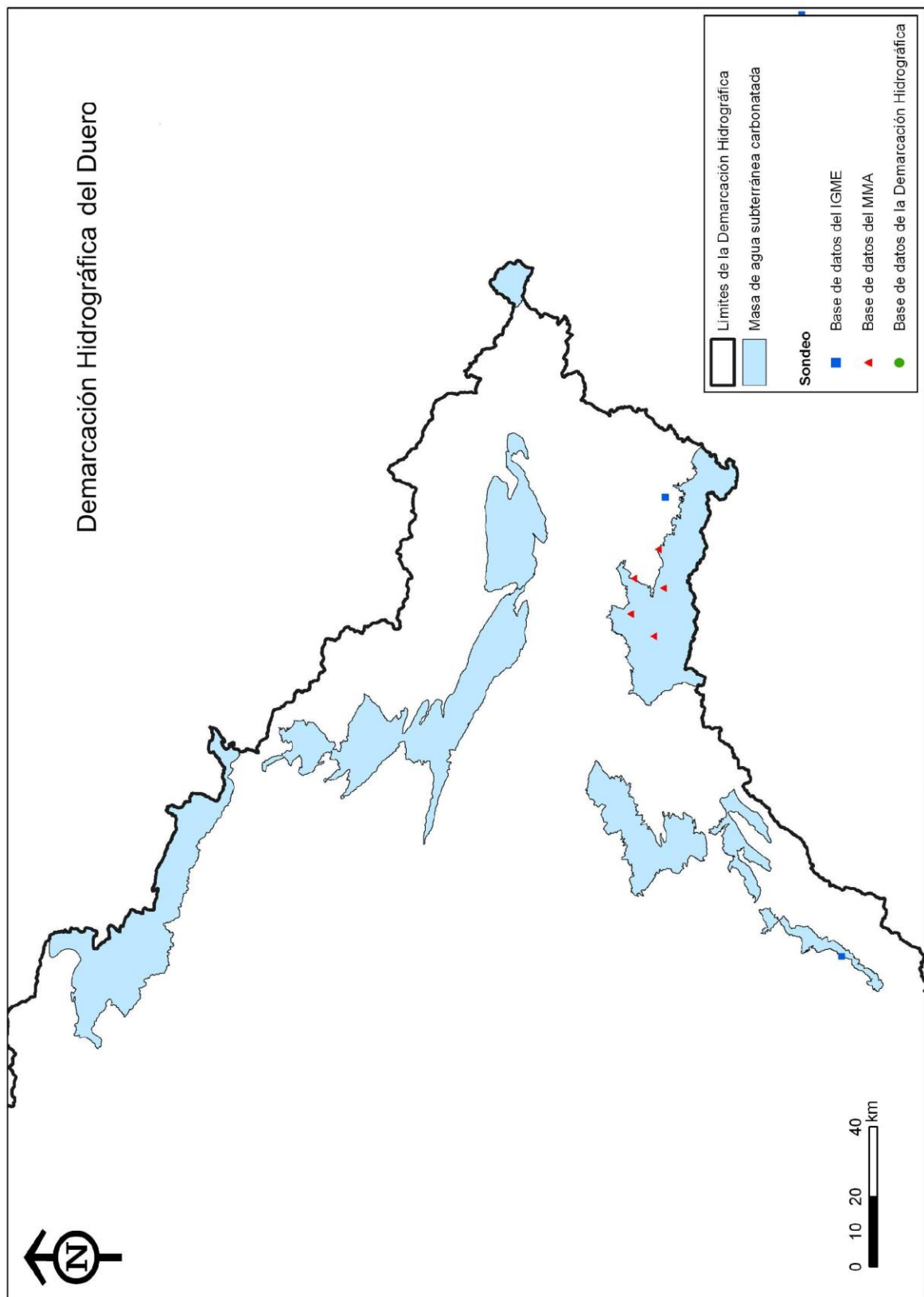
En relación con los mapas de isopiezas y el espesor de la zona no saturada, el grupo de trabajo ha intentado documentarse con las normas de explotación de algunas de las Demarcaciones Hidrográficas, con investigaciones hidrogeológicas previas (tesis doctorales, informes, etc.) e incluso con otros hidrogeólogos conocedores de determinadas masas de agua carbonatadas, algunos de ellos del propio IGME.

Con toda la información disponible, mediante métodos de interpolación, se han dibujado las isopiezas de cada una de las masas de agua subterránea carbonatadas. El método de interpolación utilizado ha sido el *topo to raster* ya que permite interpolar a partir de puntos, líneas y polígonos, y, por tanto, se pueden incorporar -al modelo de interpolación- isopiezas que previamente han sido dibujadas por métodos convencionales, además de las cotas piezométricas de los puntos de agua. Una ventaja de este método es que mantiene el valor real (cota piezométrica) en cada una de las entidades espaciales a partir de las cuales hace la interpolación. Las isopiezas estimadas mediante esta metodología han sido revisadas una a una para intentar verificar que son coherentes con el funcionamiento hidrogeológico supuesto para cada masa de agua subterránea (atlas hidrogeológicos, normas técnicas de explotación...).

Finalmente, el espesor de la zona no saturada se ha obtenido restando de la cota topográfica del Modelo Digital de Elevaciones de España (25 m x 25 m) la superficie piezométrica estimada por la metodología anteriormente descrita. Se ha trabajado con el espesor mínimo de la zona no saturada (cota piezométrica máxima), cuando el acuífero es más vulnerable y, por tanto, la situación es más desfavorable desde el punto de vista de la protección del agua subterránea.



**Figura 13** Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico



**Figura 14** Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Duero

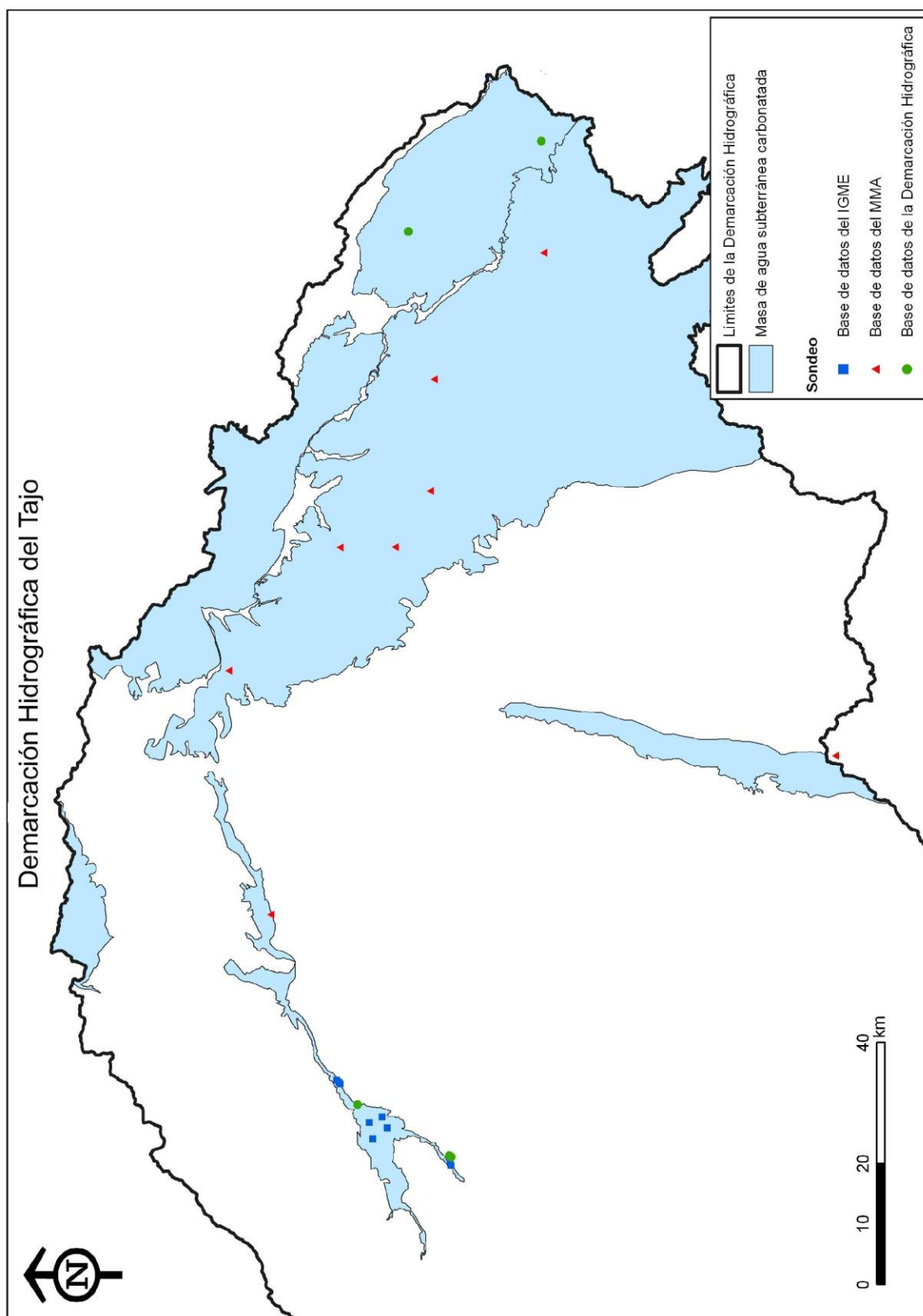
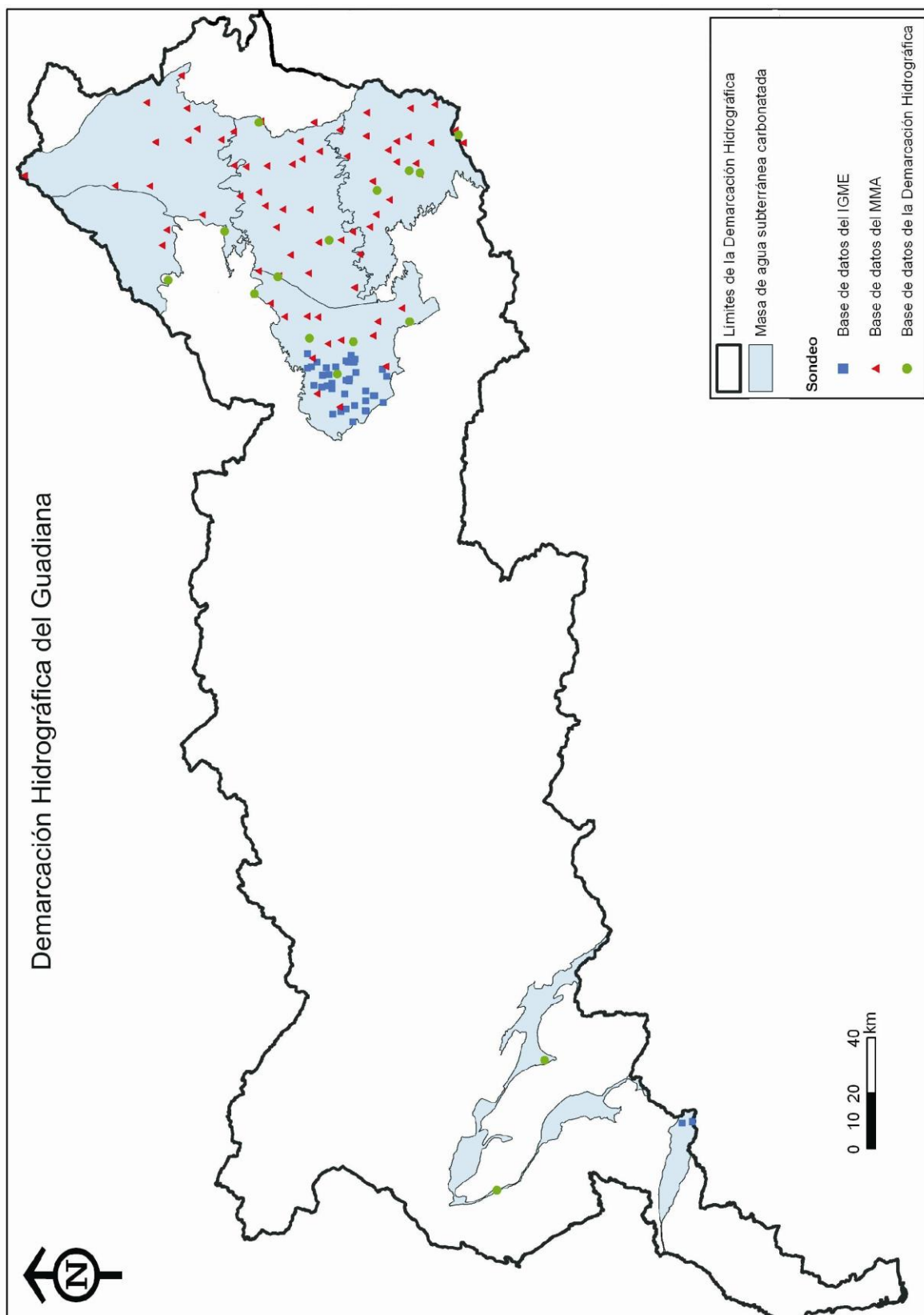


Figura 15 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Tajo.



**Figura 16** Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Guadiana

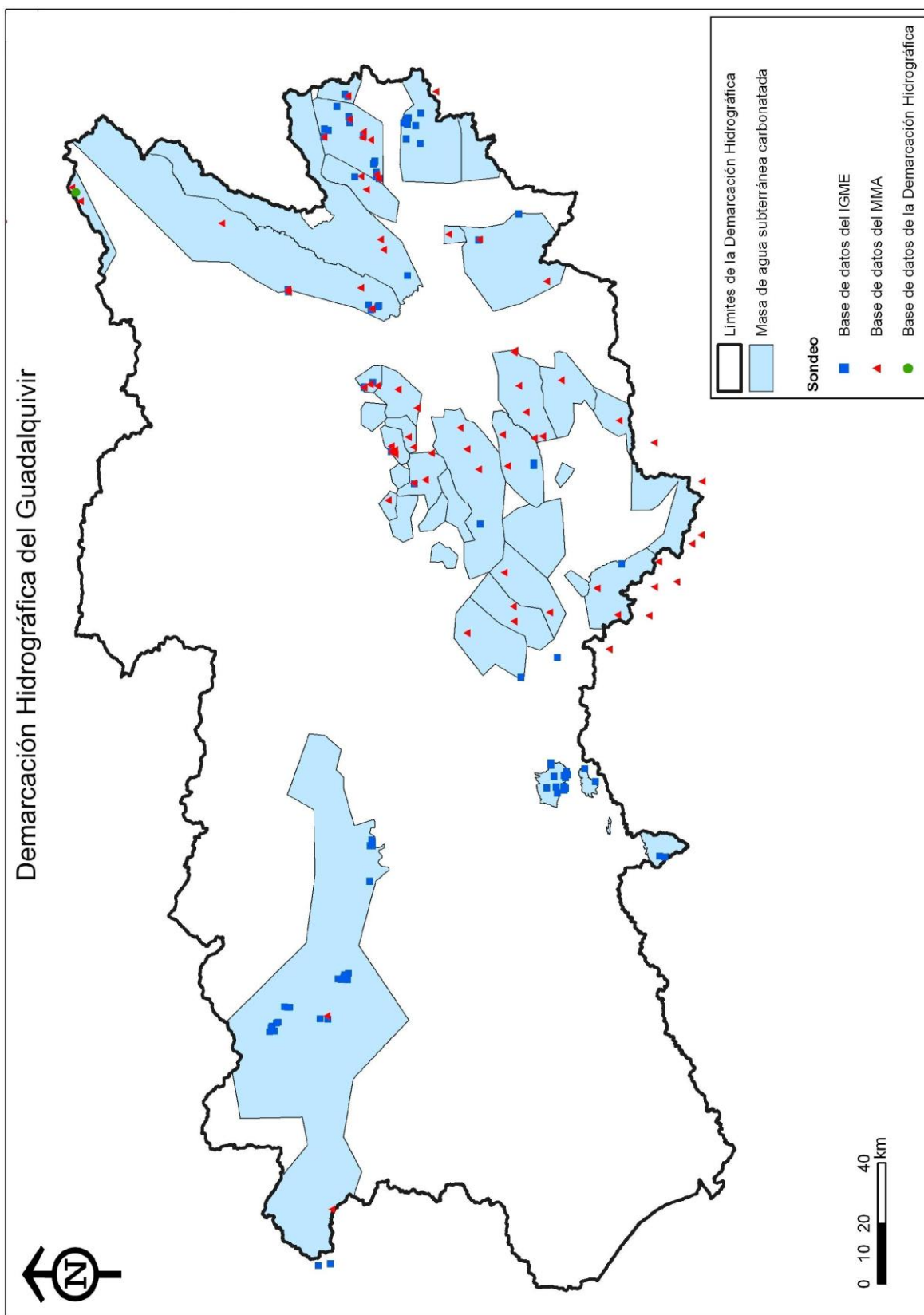
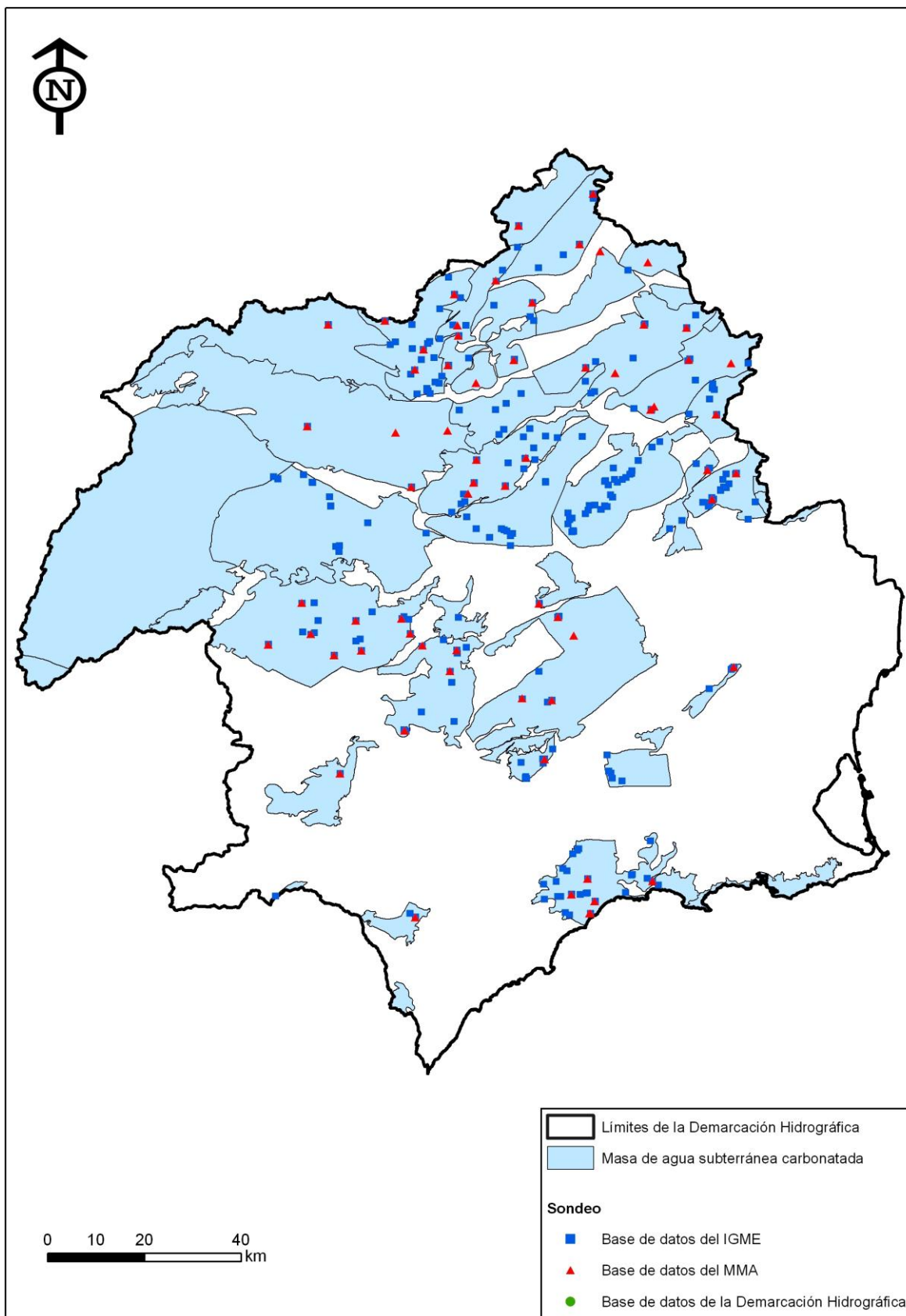
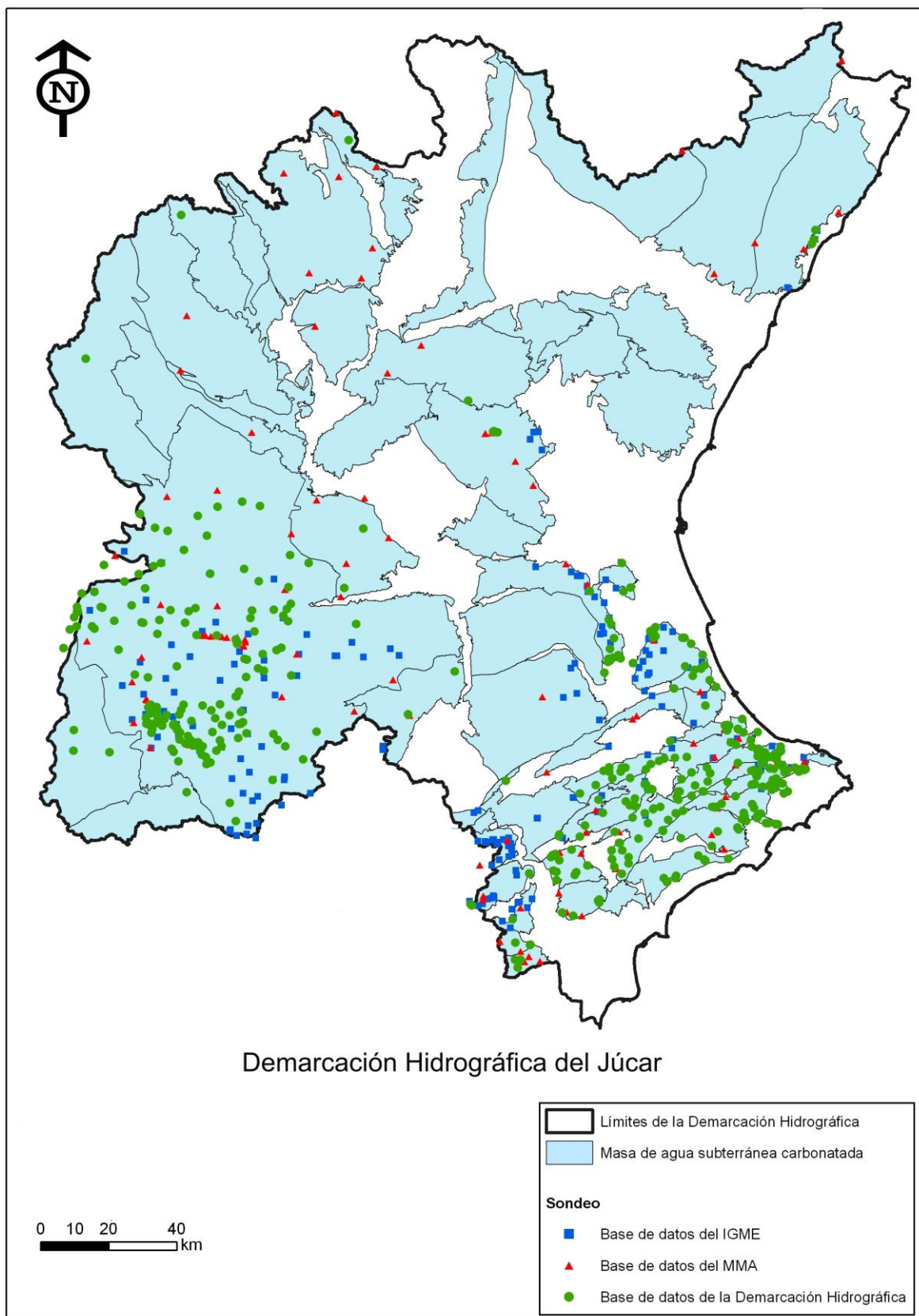


Figura 17 Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

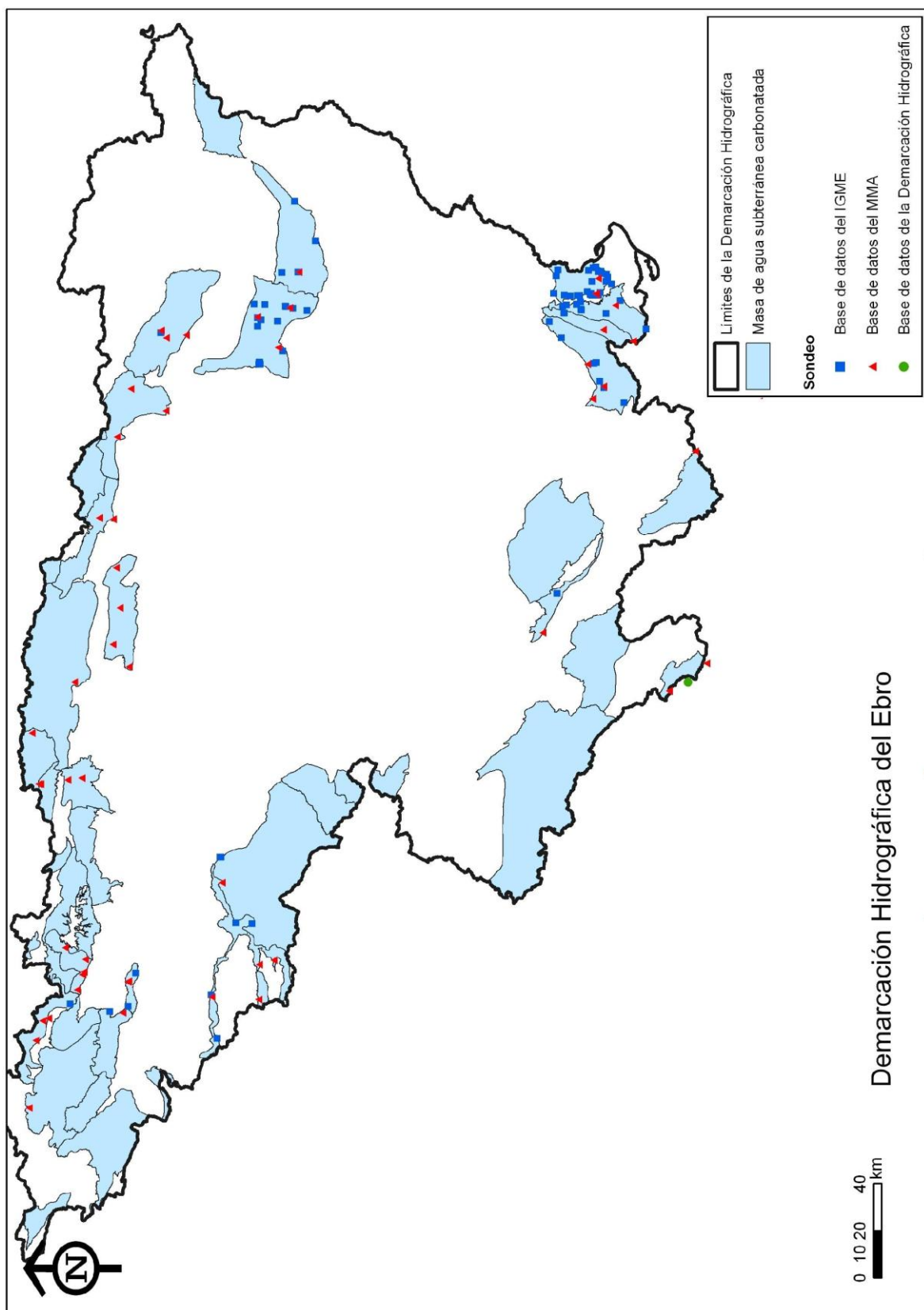


**Figura 18** Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Segura





**Figura 19** Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Júcar



**Figura 20** Sondeos a partir de los cuales se ha estimado el espesor de la zona no saturada. Demarcación Hidrográfica del Ebro

## **3.2 Factor C: condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero**

### **3.2.1 Densidad de vegetación**

La cartografía relacionada con la vegetación que se ha utilizado en este informe procede del proyecto del CORINE *Land Cover* –CLC- (Instituto Geográfico Nacional – Ministerio de Fomento).

Se ha trabajado con el mayor detalle que permite esta cartografía, el nivel 5, que distingue 85 clases de ocupación del suelo, las cuales fueron revisadas y actualizadas en Noviembre de 2001 de cara a la generación del CLC2000-España. En esta cartografía sólo se representan polígonos mayores de 25 ha, excepto los núcleos urbanos y láminas de agua que aparecen independientemente del tamaño.

### **3.2.2 Pendiente**

El mapa de pendientes utilizado en este proyecto deriva del Modelo Digital de Elevaciones (25 m x 25 m) del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Mediante las herramientas de análisis espacial *slope* de Arc-GIS se ha obtenido el mapa de pendientes, expresadas en porcentajes, con una resolución de 25 m x 25 m para toda el área de estudio.

### **3.2.3 Formas kársticas en superficie**

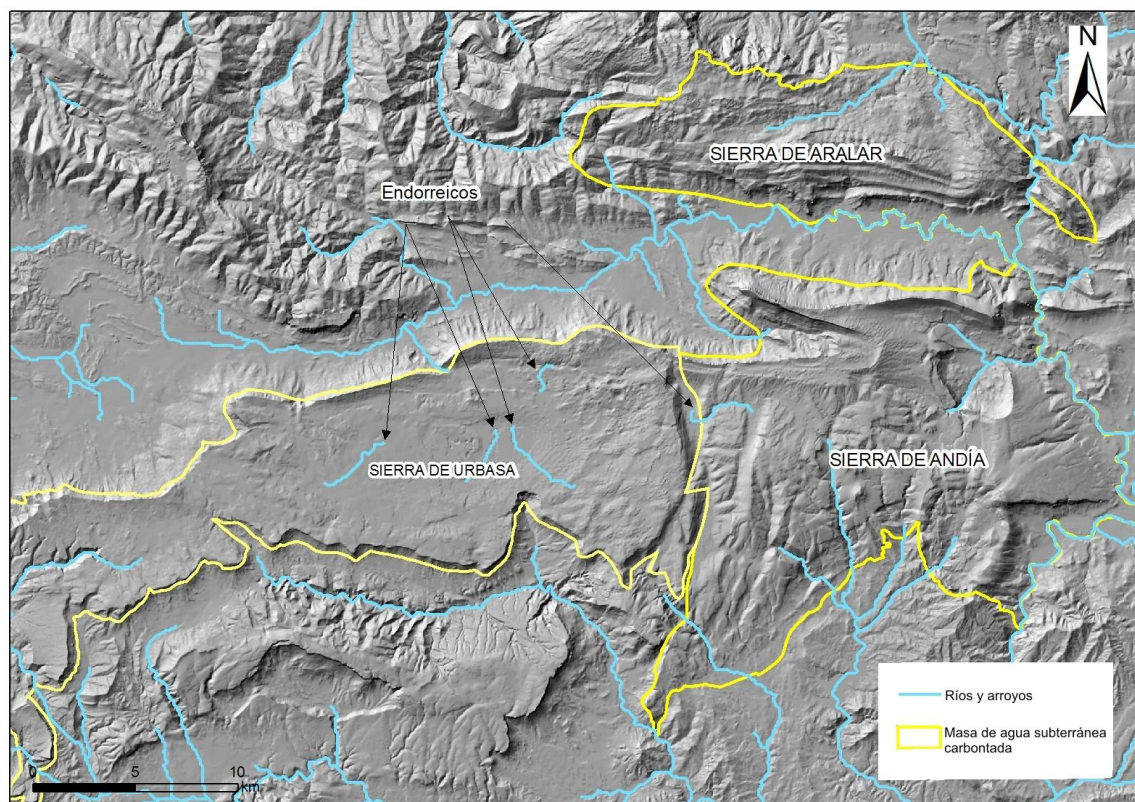
La geomorfología kárstica constituye un aspecto básico de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en acuíferos carbonatados. La cartografía y estudios que existen sobre las formas kársticas son muy escasas. Desde el grupo de trabajo se ha realizado una exhaustiva búsqueda bibliográfica, en algunos casos también trabajos de campo, para incorporar la información disponible en aquellas masas o sectores de masas donde la geomorfología ha sido cartografiada tras el proceso de digitalización.

### **Sumideros kársticos**

Para aplicar el método COP es necesario identificar los sumideros kársticos y conocer su localización, de la forma más precisa posible, con objeto de delimitar la cuenca vertiente a los mismos. La identificación y localización de los sumideros kársticos ha sido una tarea laboriosa para la cual se han seguido varias vías e incluso, en algunos casos, se ha realizado trabajo de campo. En concreto, la información procede de:

- el mapa geomorfológico 1:1.000.000 del IGME, debido a su escaso grado de detalle, ha sido útil para conocer en qué masas de agua había indicios de la existencia de sumideros kársticos,

- la base de datos publicada en Internet de la Sociedad Española de Espeleología y de otras asociaciones de espeleología regionales. Se ha analizado y completado la información para conocer las múltiples cavidades de esta base de datos que tienen sumideros kársticos activos,
- la red hidrográfica de España, extraída de los mapas topográficos 1:25.000. A partir de esta red se han rastreado todos los flujos agua superficiales que son endorreicos (Figura 21),



**Figura 21** Ejemplo del procedimiento de búsqueda de sumideros kársticos mediante la red hidrográfica endorreica. Demarcación Hidrográfica del Ebro.

- herramientas de análisis espacial de Arc-GIS para la aproximación al posible emplazamiento de los posibles sumideros,
- mapas geomorfológicos de mayor detalle para algunas masas de agua subterránea donde estaba disponible esta información: Sierra de Cazorra (Agencia Andaluza del Agua, 2007 a), Sierra de Mágina (Agencia Andaluza del Agua, 2007 b), Sierra de Cabra (Rubio et al., 1994), Sierra de Estepa (Martos, 2008), Calar del Río Mundo (Rodríguez y Ballesta, 1999) y Sierra de Pegalajar (González, 2007)
- reconocimiento en campo de posibles sumideros kársticos en las masas de agua subterránea de la Sierra de Cabra y Montes Orientales-sector Norte.

La delimitación de las cuencas vertientes a sumideros se ha realizado mediante análisis de los mapas topográficos y con la ayuda de las herramientas de análisis espacial de Arc-GIS.

Dada la carencia de información y datos previos y, a pesar de los grandes esfuerzos que se han realizado para poder identificar los sumideros kársticos y su cuenca vertiente, el equipo de trabajo es consciente que pueden haber quedado sumideros sin identificar y, por tanto, no han sido tenidos en cuenta en la evaluación de la cartografía de vulnerabilidad.

### **Otras formas exokársticas**

En este grupo de formas kársticas se incluyen las formas endorreicas (dolina, uvala) sin sumidero kárstico y los campos de lapiaz. La información de estas formas del modelado procede de los mapas geomorfológicos publicados de algunas de las masas de agua o al menos de un sector de ellas: Sierra de Mágina (Agencia Andaluza del Agua, 2007b), Sierra de Cabra (Rubio et al., 1994) y Sierra de Cazorla (Agencia Andaluza del Agua, 2007a), Sierra de Estepa (Martos, 2008), Sierra de Pegalajar, (González, 2007) y Calar del Río Mundo (Rodríguez y Ballesta, 1999). Esta información se encontraba en formato analógico y, por tanto, se ha digitalizado expresamente en el marco del proyecto. Además, se ha creado una capa de dolinas para todas las masas de agua subterránea carbonatadas a partir de las depresiones representadas en los mapas topográficos, a escala 1:25.000, de España.

#### **3.2.4 Arroyos vertientes a sumideros**

La información de los arroyos que vierten a sumideros procede de los mapas topográficos, a escala 1:25.000, de España. Esta información se ha contrastado con las bases de datos que se indican en el apartado 3.2.3.

La delimitación de la cuenca vertiente al arroyo, que en última instancia vierte al sumidero, se ha realizado mediante el análisis de los mapas topográficos y con la ayuda de las herramientas de análisis espacial de Arc-GIS.

### **3.3 Factor P: características de la precipitación**

#### **3.3.1 Cantidad de lluvia**

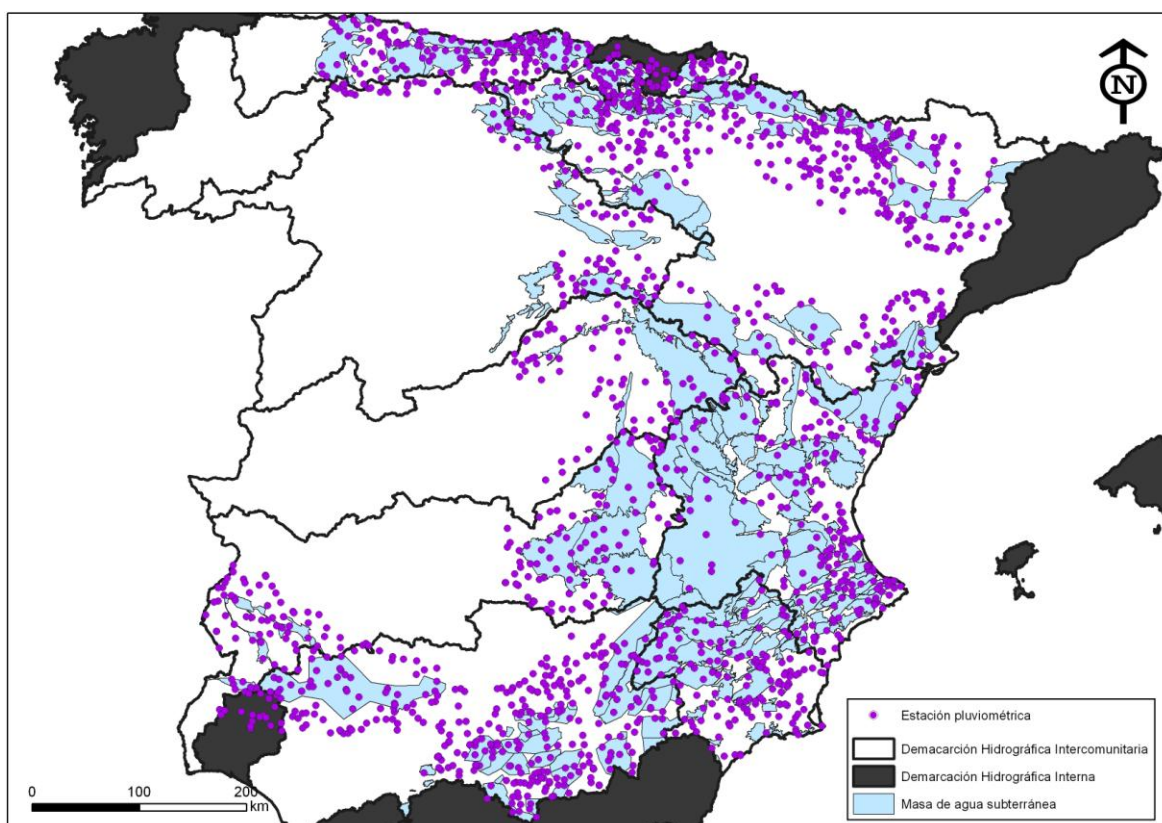
La información relativa a la cantidad de agua procede del modelo SIMPA (Simulación Precipitación-Aportación) del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Este modelo ofrece una estimación de la precipitación, mes a mes, durante todo el periodo de simulación, en cada una de las celdas en las que se discretizó el territorio (tamaño de píxel 1.000 m x 1.000 m). El procedimiento de interpolación seguido en el modelo SIMPA tuvo en cuenta los datos de las más de 5.000 estaciones meteorológicas operativas existentes en España (Estrela et al., 1999).

A partir de la precipitación mensual se ha estimado la precipitación anual de la serie histórica 1970-2005. Aunque el SIMPA ofrece registros anteriores a esta fecha, se desestimó utilizarlos para que el periodo fuese comparable al utilizado con la variable intensidad, cuyo periodo de registro comienza en 1970 para la mayoría de las estaciones pluviométricas.

### 3.3.2 Intensidad de la lluvia

Para estimar la intensidad de la lluvia, además de la precipitación dada por el modelo SIMPA, es necesario conocer el número de días de lluvia al año que acontecen sobre las masas de agua subterránea.

En primer lugar, se ha solicitado a la Agencia Estatal de Meteorología, la localización de las estaciones pluviométricas de España y el número de datos pluviométricos registrados. Posteriormente se ha realizado un filtrado de las estaciones pluviométricas, con objeto de seleccionar aquéllas que se encontraban sobre las masas de agua subterránea carbonatadas o a menos de 20 km de distancia y, además, tenían registrados más de 75 datos mensuales. Tras el filtrado, el número de estaciones con las que se ha podido trabajar es 1.711, cuya distribución se observa en la Figura 22.



**Figura 22** Distribución espacial de las estaciones pluviométricas utilizadas para estimar la intensidad de la precipitación

La Agencia Estatal de Meteorología proporcionó el número de días al mes en los que se había registrado precipitación en cada estación. A continuación, mediante formularios de *Acces*, se seleccionaron únicamente los años hidrológicos completos y se eliminaron los que presentaban meses sin registrar y, después, se calculó el número de días con lluvia en los años completos. Así, se estimó el número medio de días con lluvia al año en cada estación.

Para cubrir de forma continua toda el área de estudio, los datos puntuales de días de lluvia se interpolaron mediante el método *Kriging*, utilizado convencionalmente para la interpolación de datos de precipitación, con resultados satisfactorios (Izquierdo y Márquez, 2006).

Finalmente, para obtener la capa de información correspondiente a la variable intensidad de la lluvia, se ha dividido la precipitación media anual (estimada según el apartado 3.3.1) entre el número de días con lluvia.

## 4 ELABORACIÓN DE CAPAS TEMÁTICAS

### 4.1 Asignación de rangos y valores

#### 4.1.1 Factor O: Capas de protección del agua subterránea

Los valores del factor O son el resultado de la superposición y la suma de los valores de las capas  $O_S$  y  $O_L$ . Para obtener las capas de  $O_L$  y  $O_S$  se ha procedido como se expone en los siguientes subapartados.

##### **Variable $O_S$ : suelo**

La puntuación de los parámetros relativos al suelo, según los criterios del método COP, debe hacerse teniendo en cuenta la textura y el espesor. Tanto en el caso del mapa de suelos del Atlas Nacional del España (Instituto Geográfico Nacional), como en el de los mapas de suelos de las comunidades autónomas de Andalucía y Murcia, las unidades espaciales representadas en las cartografías son asociaciones de suelos (1 ó más tipos de suelos). Para puntuar esta variable, no se han tenido en cuenta los suelos clasificados como inclusión. Es decir, se han considerado los suelos que están presentes en las unidades espaciales, exceptuando las inclusiones. Posteriormente, se ha estimado el valor final de  $O_S$  a partir de la puntuación más desfavorable de los suelos que constituyen el polígono de la cartografía. En las cartografías donde predomina algún tipo de suelo se ha puntuado el polígono con el valor del suelo dominante.

La información relacionada con la profundidad y textura del suelo se ha obtenido a partir de la búsqueda bibliográfica de las características edafológicas de cada uno de los suelos. En los casos en los que han surgido dudas, debido a la falta de información, se ha optado por puntuar el parámetro  $O_S$  desde un punto de vista proteccionista del acuífero.

##### **Variable $O_L$ : litología**

La capacidad de atenuación de la zona no saturada frente a episodios contaminantes depende de las características hidrogeológicas de la litología, principalmente porosidad y conductividad hidráulica, junto con el grado de fracturación. El anexo I muestra los valores del parámetro  $l_y$  (Tabla 2) asignados a cada una de las litologías, teniendo en cuenta la información complementaria que aporta el mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España a escala 1:200.000. Posteriormente, este valor de  $l_y$  se ha multiplicado por la capa espesor de la zona no saturada, de acuerdo con el procedimiento expuesto en el apartado 3.1.4. Los valores resultantes de multiplicar el parámetro  $l_y$  por el espesor de la zona no saturada se ha clasificado según la Tabla 3, es el parámetro  $l_i$ .

Los valores de la variable  $O_L$  se han obtenido multiplicando los valores de  $l_i$  por el grado de confinamiento (parámetro  $cn$ ), tal como se expone en el apartado 3.1.3.

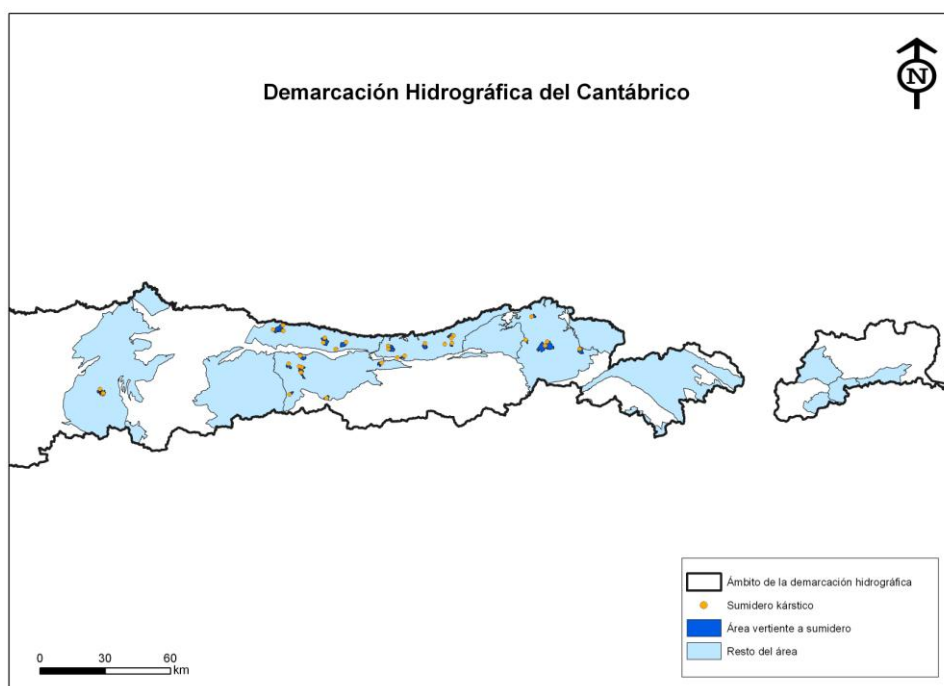


#### 4.1.2 Factor C: Condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan el acuífero

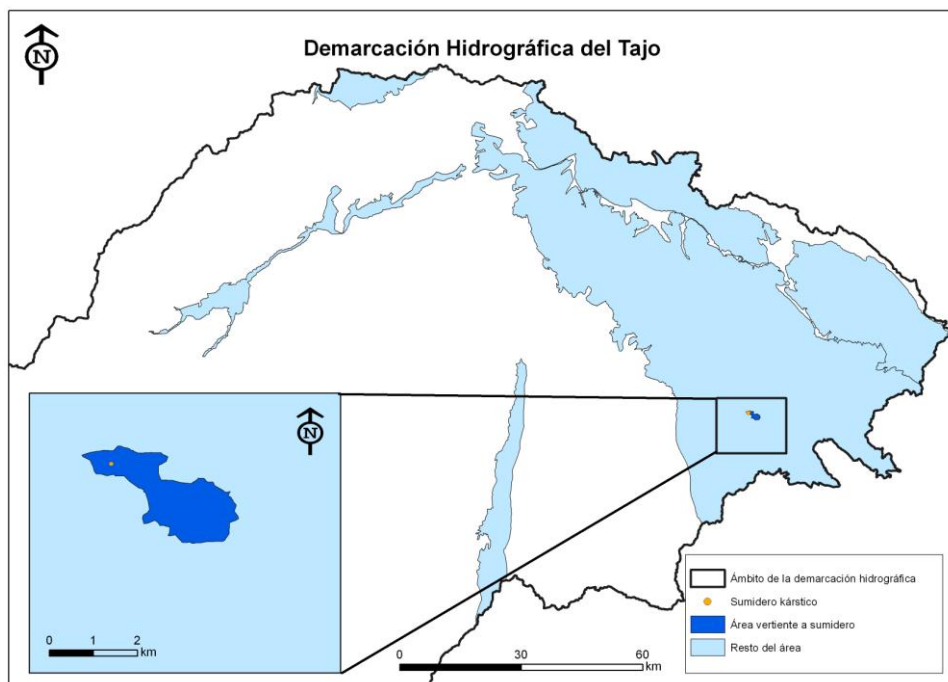
Para elaborar la capa del factor C es necesario, en primer lugar, separar las áreas vertientes a sumideros del resto del área de estudio. Las áreas vertientes a sumideros se han delimitado como se explica en el apartado 3.2.3.

De las ocho Demarcaciones Hidrográficas objeto de estudio, únicamente se han identificado cuencas vertientes a sumideros kársticos activos en cinco: Cantábrico, Ebro, Júcar, Segura y Tajo (Figura de 23 a 27).

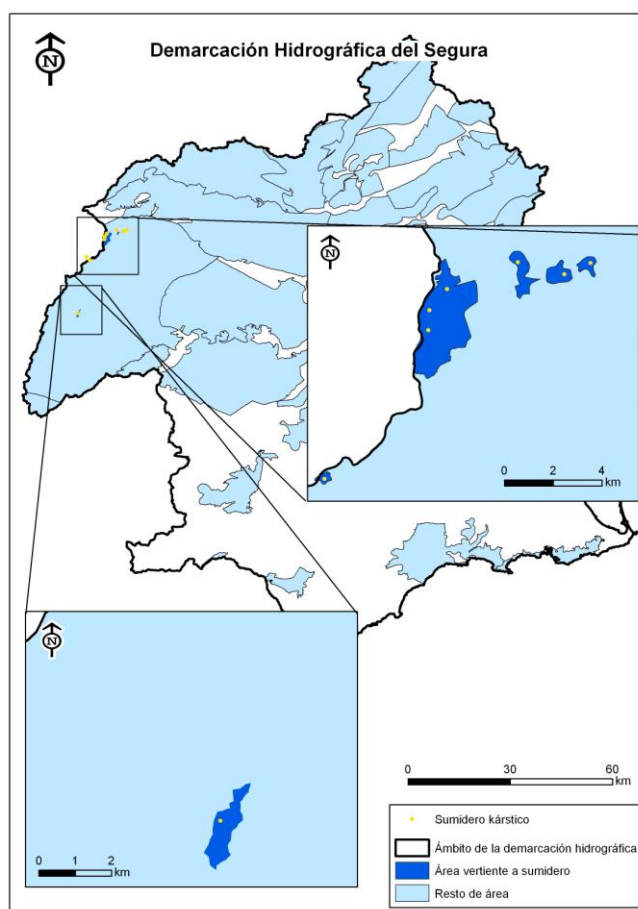
Tras la identificación de los dos escenarios (1-área vertiente a un sumidero kárstico y 2-resto del área de alimentación), se ha creado una capa para las áreas del escenario 1 y otra para las del escenario 2. Así, se evalúan, de forma separada, las variables del factor C que corresponden a cada escenario. Una vez obtenidas las capas del factor C, de las cuencas vertientes a sumideros y del resto del área, se ha generado una única capa final del factor C para cada demarcación hidrográfica.



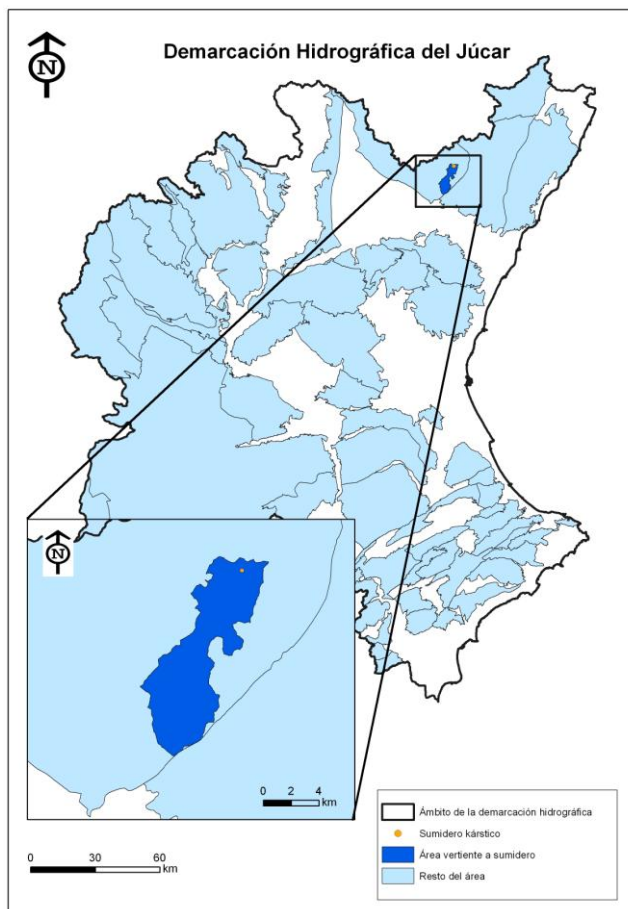
**Figura 23** Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico



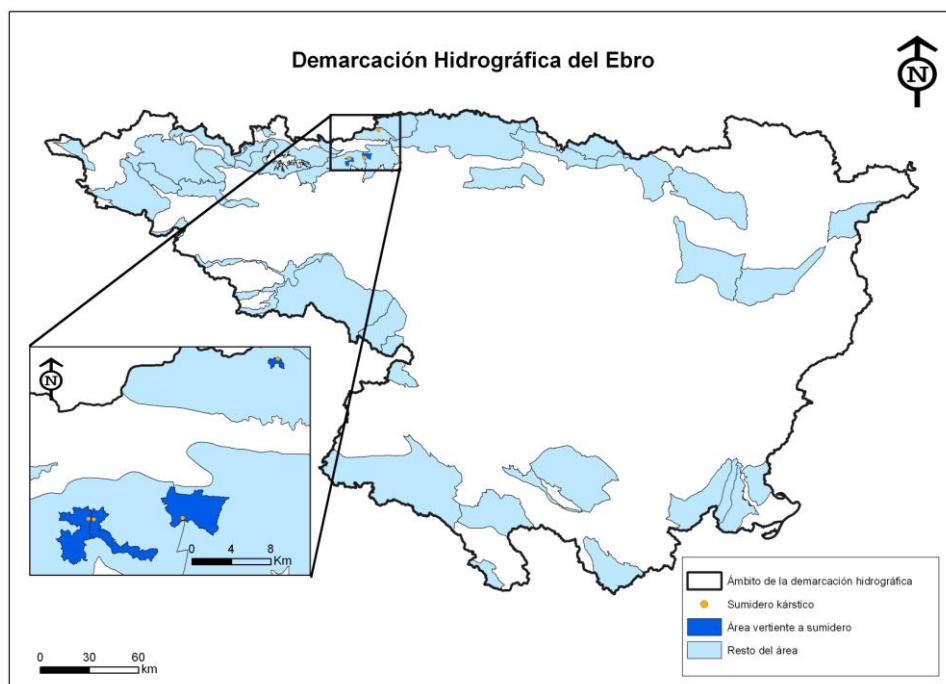
**Figura 24** Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C. Demarcación Hidrográfica del Tajo



**Figura 25** Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C. Demarcación Hidrográfica del Segura



**Figura 26** Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C. Demarcación Hidrográfica del Júcar

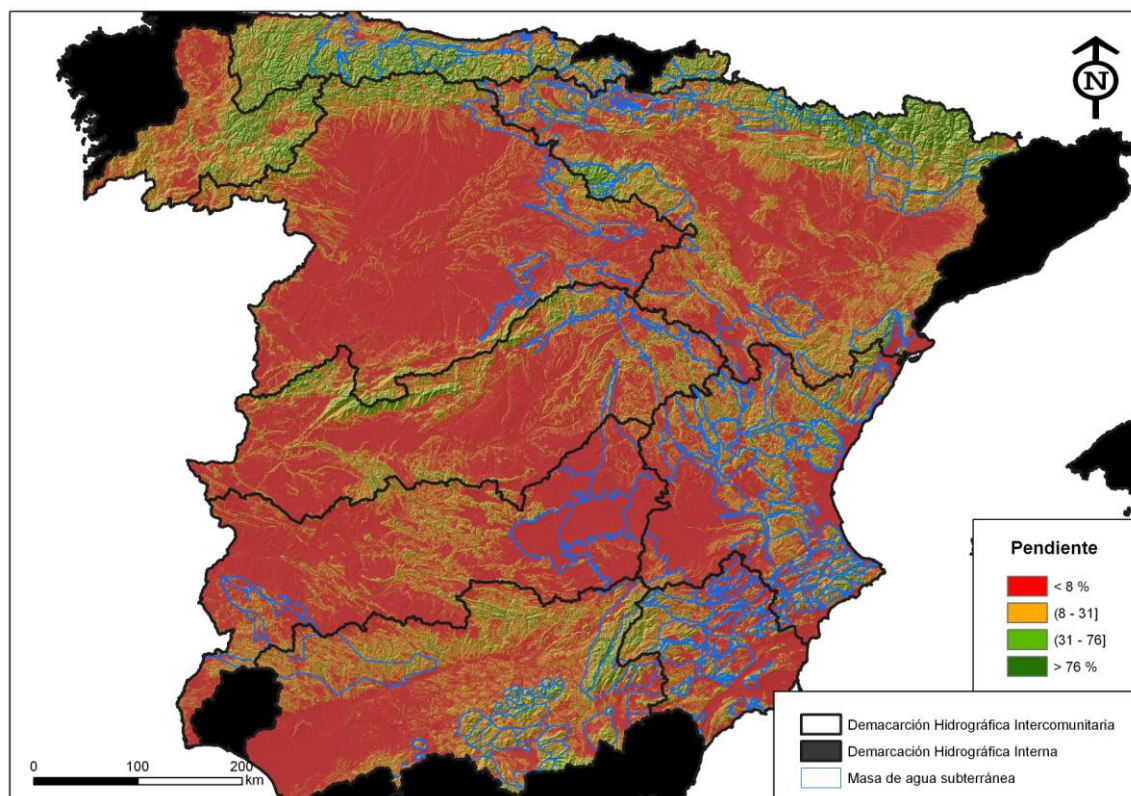


**Figura 27** Distribución de los escenarios de recarga de acuerdo con el factor C. Demarcación Hidrográfica del Ebro

## Escenario 1: Áreas vertientes a un sumidero

Para obtener los valores del factor C en las cuencas vertientes a un sumidero se ha procedido, en primer lugar, a estimar los valores de los parámetros considerados para su cálculo. A continuación se exponen los principales puntos del procedimiento:

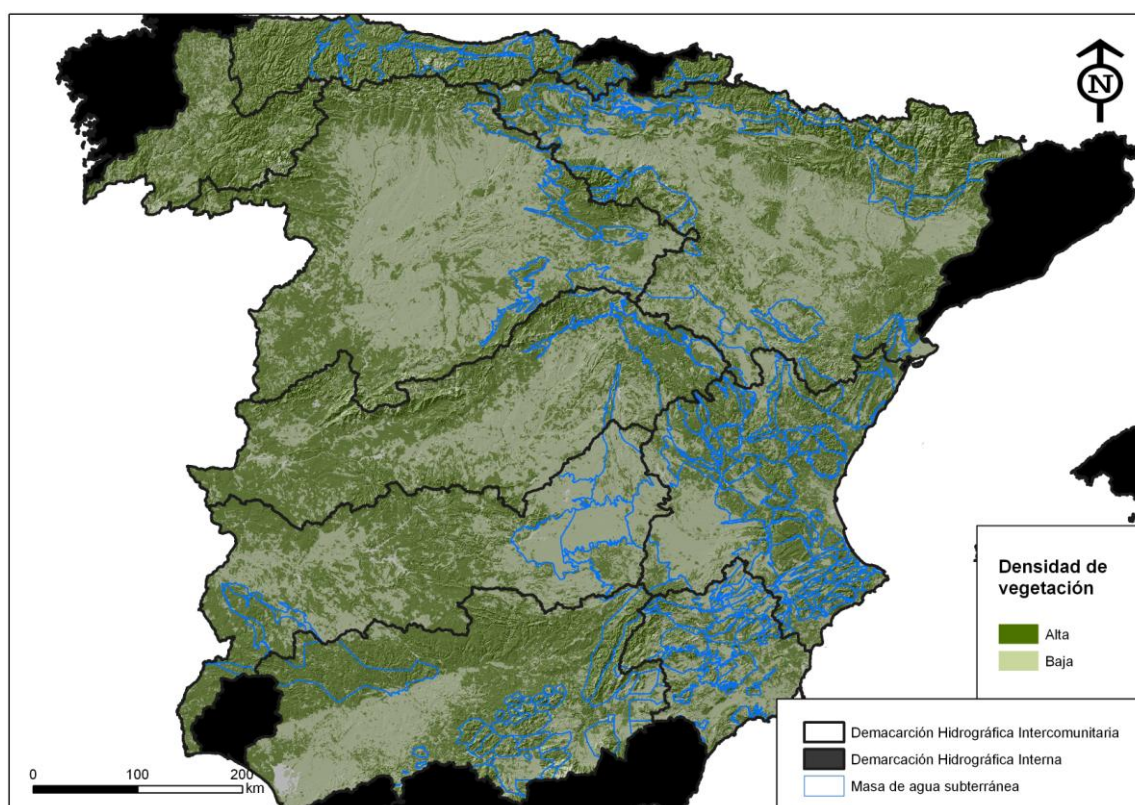
- valores del parámetro  $d_h$ , mediante las herramientas de *buffers multiple ring buffers* de Arc-GIS se establecen las áreas equidistantes a cada sumidero y se puntúan según la Tabla 6,
- valores del parámetro  $d_s$ , mediante las herramientas de *buffers y multiple ring buffers* de Arc-GIS se establecen las áreas equidistantes a cada arroyo vertiente a un sumidero y se puntúan según la Tabla 7,
- valores del parámetro  $sv$ , a partir de una clasificación previa de las variables “pendiente” (s) y de las características de la vegetación “densidad de vegetación” (v). A partir del mapa de pendientes elaborado según lo expuesto en el apartado 3.2.2, se ha clasificado esta variable de acuerdo con los intervalos de la Tabla 8. La Figura 28 muestra la distribución de la pendiente en los cuatro grupos propuestos (véase la leyenda del mapa). Se ha mantenido la resolución del MDE (25 m x 25 m).



**Figura 28** Distribución de los intervalos de la variable “pendiente”, según los criterios del método COP

La clasificación de la densidad de vegetación se ha realizado a partir de la memoria del proyecto CORINE Land Cover, en la que se expone el significado de la nomenclatura utilizada y la descripción del uso del suelo que representa. La Figura 29 muestra la distribución de dos grupos de densidad de vegetación (baja y alta) en las demarcaciones hidrográficas objeto de estudio. Los criterios para determinar si la vegetación pertenece a un grupo o a otro están relacionados con la influencia que ésta tiene en la generación de escorrentía. Se considera que la densidad de vegetación es alta cuando más del 30% de la superficie está cubierta (Vías et al. 2006). Sin embargo, la densidad de vegetación no es posible determinarla en muchos casos y, por tanto, cuando la descripción del proyecto CORINE Land Cover no aporta esta información, se han considerado otros aspectos como el porte de la vegetación, la perennidad, el periodo que los terrenos están sin cultivar, el porte de la planta pequeña, etc.

El anexo III muestra la clasificación que se ha aplicado, de alta o baja densidad de vegetación, para las clases de las asociaciones vegetales que recoge el proyecto CORINE Land Cover.



**Figura 29** Distribución de las clases de vegetación, según su según los criterios del método COP

Tras la valoración de las dos variables del parámetro sv, se han superpuesto las capas de ambas para puntuar este parámetro de acuerdo a la Tabla 8.

Finalmente, para obtener los valores del factor C en las áreas vertientes a sumidero, mediante superposición cartográfica, se han multiplicado los valores de cada uno de los parámetros anteriormente descritos.

## **Escenario 2: Áreas no vertientes a un sumidero**

Para obtener los valores del factor C en las áreas no vertientes a sumideros, en primer lugar, se han estimado los valores de los parámetros utilizados para su cálculo. A continuación se exponen los principales aspectos del procedimiento:

- valores del parámetro sv, que se evalúa siguiendo las indicaciones expuestas para este mismo parámetro en el apartado anterior, pero la puntuación se hace según la Tabla 10
- parámetro sf, evaluado a partir de las formas del modelado kárstico, identificadas como se han expuesto en los fundamentos del método COP (Tabla 9) y con ayuda del mapa litoestratigráfico de España. Se han considerado como rocas fisuradas aquellas litologías carbonatadas que, por su naturaleza, suelen presentar un bajo grado de karstificación (dolomías). Por otro lado, se ha evaluado como “karst en desarrollo o afloramiento superficial afectado por fisuración” a las áreas donde afloran calizas o dolomías con permeabilidad alta o muy alta. Aquellas áreas donde se han identificado dolinas, poljes, etc. se han considerado como “karst desarrollado”.

La capa superficial que puede existir cubriendo las geoformas se ha considerado presente en los casos en los que así lo mostraba el mapa litoestratigráfico 1:200.000 del IGME o los mapas geológicos de la serie MAGNA. Si no había evidencias de que las geoformas estuvieran cubiertas, se ha considerado descubierta.

Finalmente, para obtener los valores del factor C en las áreas no vertientes a sumidero (escenario 2), se han multiplicado, mediante superposición cartográfica, los valores de los parámetros anteriormente descritos.

### **4.1.3 Factor P: características de la precipitación**

Los parámetros considerados para valorar este factor se han obtenido a partir de la información procedente de las fuentes expuestas en el apartado 3.3.

### Variable $P_Q$ : cantidad de precipitación

La cantidad de lluvia media anual para el periodo 1970-2005 en las cuencas intercomunitarias de España varía entre 195 mm, que se registran en el sureste de la demarcación Hidrográfica del Segura, y aproximadamente 2.900 mm, que se alcanzan en algunos puntos del norte de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, según el modelo SIMPA, para la serie histórica 1970-2005 (apartado 3.3.1).

Para puntuar la variable  $P_Q$  (Figura 30) se ha reclasificado la capa de información geográfica anteriormente descrita, con los criterios de la Tabla 12.

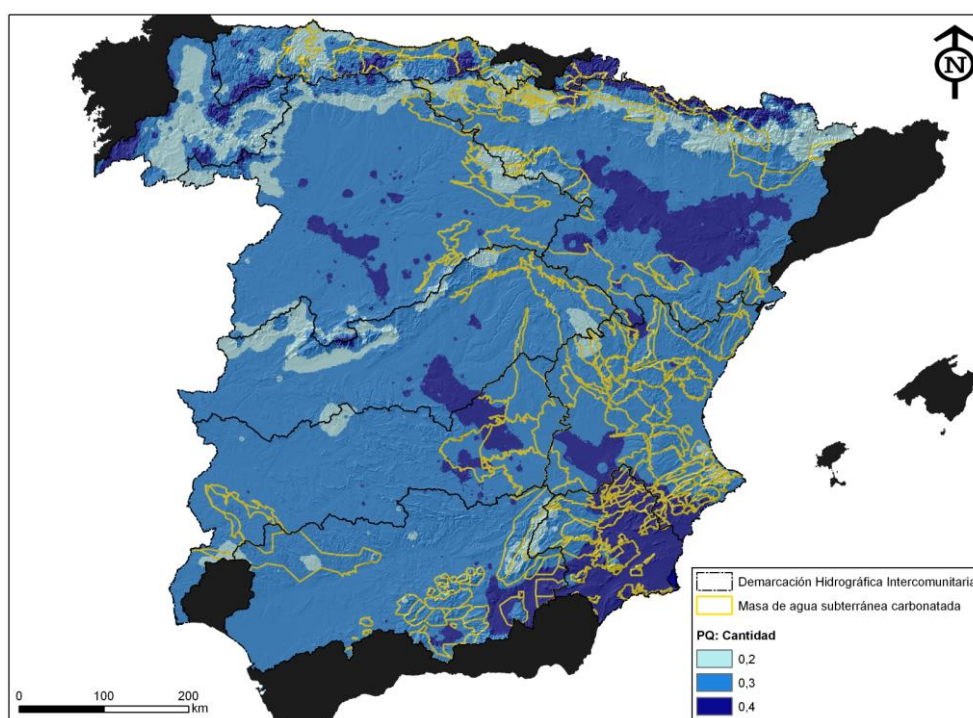


Figura 30 Variable  $P_Q$ : cantidad de lluvia. Factor P

### Variable $P_I$ : intensidad de precipitación

Esta variable ha sido evaluada a partir de los registros de las estaciones meteorológicas del área de estudio (Figura 22). El mapa de intensidad de precipitación, que se ha obtenido mediante interpolación de dichos datos, es válido únicamente en las zonas donde existen registros, aunque la capa resultante de la interpolación sea más extensa (Figura 31). Este apunte es únicamente una aclaración, puesto que todas las masas de agua objeto de estudio hay estaciones pluviométricas de la Figura 22.

En relación con los resultados obtenidos, la intensidad de la lluvia en el área de estudio varía aproximadamente entre 4 y 32 mm/día. Esta intensidad se ha reclasificado de acuerdo con la Tabla 13 y el resultado es la Figura 31.

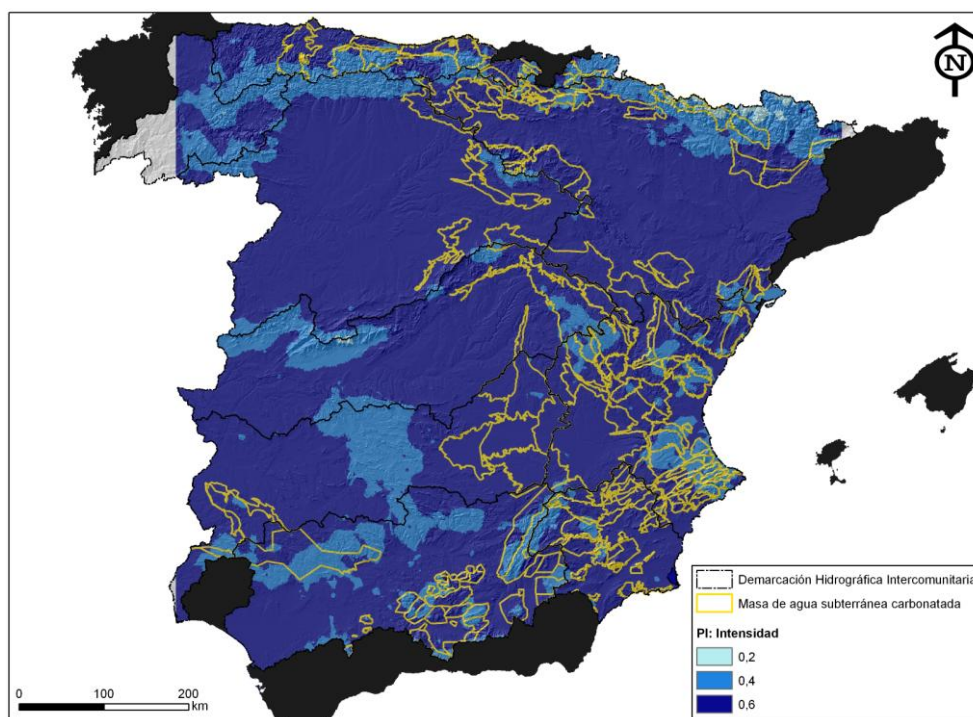


Figura 31 Variable  $P_i$ : intensidad de la lluvia. Factor P

## 4.2 Elaboración de mapas temáticos

Los mapas temáticos se han hecho mediante el programa informático Arc-GIS 9.2 que permite estructurar y organizar la información en distintas coberturas o capas, de acuerdo con cada una de las materias temáticas consideradas.

La base de la elaboración de los mapas temáticos es el análisis espacial mediante la superposición cartográfica de las distintas capas o mapas temáticos que participan en su cálculo.

Las capas de cada uno de los factores se elaboraron en formato *raster* ya que al menos una de las variables a partir de las cuales se obtiene el factor es de naturaleza continua (precipitación, pendiente, altitud, etc.). En último lugar, el resultado es un mapa de vulnerabilidad, en el que cada celda lleva asociado su índice de vulnerabilidad, que corresponde a una clase de vulnerabilidad. Este índice es el resultado del producto de los valores de los parámetros del método COP correspondientes a las celdas de cada capa superpuesta.

De este modo, la elaboración de los mapas temáticos se ha realizado mediante dos procedimientos diferentes, según la naturaleza de la información, tal como se describe a continuación.

### Tratamiento de las capas vectoriales

Es el que se ha llevado a cabo con las capas de información correspondientes a: suelo, litología de la zona no saturada, densidad de



vegetación, geoformas superficiales, distancias a sumideros y arroyos vertientes a sumideros. La variable pendiente, tras la reclasificación en intervalos se ha vectorizado para ser tratada en las matrices de doble entrada del parámetro sv. Los principales pasos del tratamiento han sido:

- con objeto de centrar esfuerzos en las áreas objeto de estudio y eliminar el resto de zonas, se ha utilizado la herramienta “*clip*” que ha permitido recortar todas las coberturas de información para utilizar la capa de masas de agua carbonatadas de molde. Así, se extrae el área que queda incluida dentro de los límites de cada masa de agua subterránea,
- se agrupan y clasifican los valores de cada variable de acuerdo a lo expuesto en el apartado 1.2
- por último, se ha simplificado la cartografía resultante y se han eliminado los límites entre polígonos adyacentes con el mismo valor, mediante la herramienta “*dissolve*”.

Finalmente, las capas se han discretizado con el tamaño de píxel que ofrece el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), elaborado para toda España por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, y cuyo tamaño de celda es 25 m x 25 m.

### **Tratamiento de las capas *raster***

El cálculo del índice de vulnerabilidad se realizó mediante la superposición de las capas correspondientes a los diferentes factores en formato *raster*. El tamaño de píxel con el que se ha trabajado es el que ofrece el Modelo Digital de Elevaciones (25 m x 25 m). A continuación se describen los pasos que se han aplicado:

- en aquellas capas cuya extensión es superior al área de estudio, se ha recortado la capa con la herramienta *extraction by mask* (la máscara – *mask*- es la capa de masas de agua), con objeto de que la información se circunscriba a las áreas de estudio,
- se ha operado con las capas *raster* de acuerdo con el procedimiento que indica el método (apartado 1.2). Para ello se han utilizado las herramientas matemáticas de análisis espacial que ofrece Arc-GIS. Con estas herramientas de operaciones algebraicas, se genera una nueva capa *raster* en la que cada píxel es el resultado de la operación indicada (suma, división, producto, etc.) entre el valor de los píxeles coincidentes espacialmente de las capas previas. Este mismo proceso es el que se ha utilizado para calcular el índice final de vulnerabilidad: multiplicación de las capas cuyos píxeles contienen la puntuación de cada uno de los factores que considera el método COP.

## 5 ZONIFICACIÓN. CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD

Tal como se ha comentado anteriormente, la cartografía de vulnerabilidad se ha llevado a cabo mediante la superposición de capas de información o mapas temáticos, uno por cada factor del método COP. Dicha superposición se realiza en el entorno de un Sistema de Información Geográfica y, como resultado, se obtiene la zonificación cartográfica del territorio o distribución espacial en áreas con diferente grado de vulnerabilidad.

Los valores del índice de vulnerabilidad COP varían entre 0 y 15. Estos valores se agrupan en cinco clases, que corresponden a distintos grados de vulnerabilidad (Tabla 15).

Para la representación cartográfica de las clases finales se ha utilizado una gama dicromática verde-rojo, según la cual los colores más próximos a rojo indican el mayor grado de vulnerabilidad y los colores próximos a verde oscuro representan el menor grado de la clasificación. En tonos amarillos se representan los grados intermedios (Figura 32).





















Factor O		Factor C		Factor P		Índice de vulnerabilidad	
Capacidad de protección de la zona no saturada	Valor factor O	Reducción de la protección	Valor factor C	Reducción de la protección	Valor factor P	Clases de vulnerabilidad del acuífero	Valor COP
 Muy Alta	1	 Muy Alta	(0-0,2]	 Muy Alta	(0,4-0,5]	 Muy Alta	(0-0,5]
 Alta	2	 Alta	(0,2-0,4]	 Alta	0,6	 Alta	(0,5-1]
 Moderada	(2-4]	 Moderada	(0,4-0,6]	 Moderada	0,7	 Moderada	(1-2]
 Baja	(4-8]	 Baja	(0,6-0,8]	 Baja	0,8	 Baja	(2-4]
 Muy Baja	(8-15]	 Muy Baja	(0,8-1]	 Muy Baja	[0,9-1]	 Muy Baja	(4-15]

Figura 32 Escala cromática para la representación de las capas temáticas

## 6 RESULTADOS OBTENIDOS. CONCLUSIONES

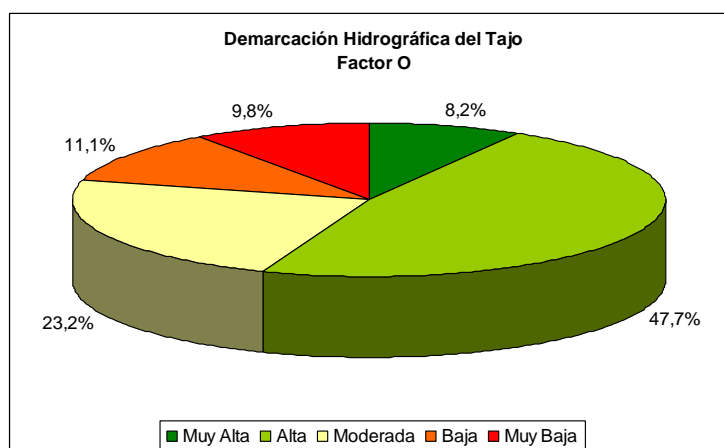
A continuación se muestra un breve análisis de los resultados obtenidos de la aplicación del método COP en las masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Se incorpora un diagrama estadístico que muestra el porcentaje de superficie ocupado por cada una de las clases de los factores y de la vulnerabilidad.

### 6.1 Demarcación Hidrográfica del Tajo

Un total de 7 masas de agua subterráneas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo se han considerado carbonatadas (Tabla 20 ). Los resultados obtenidos sobre la vulnerabilidad a la contaminación en dichas masas de agua se exponen en los siguientes apartados.

#### 6.1.1 Factor O: Capas de protección del agua subterránea

La capacidad de protección de la zona no saturada es relativamente Alta (Figura 33). En aproximadamente el 20% de la superficie del área de estudio la protección es Baja o Muy Baja (vulnerabilidad Alta y Muy Alta). Esta superficie coincide con los afloramientos de calizas y dolomías del Jurásico Inferior-Medio. Sin embargo, existe una amplia superficie donde afloran margocalizas, con permeabilidad baja, cuya capacidad de protección es Alta. Como se observa en el mapa del factor O, las áreas de menor protección (mayor vulnerabilidad) se encuentran en las proximidades de los cauces y en los bordes de las masas de agua, donde es menor el espesor de la zona no saturada.

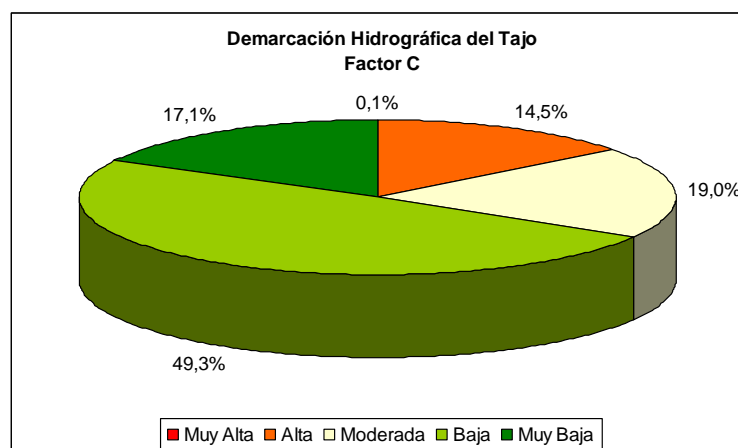


**Figura 33** Porcentaje de superficie según la capacidad de protección de la zona no saturada

### 6.1.2 Factor C: Condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero

En relación con el factor C, se ha diferenciado un área donde se produce un flujo concentrado hacia un sumidero (masa Tajuña – Montes Universales, 030.003). Es evidente que esta zona presenta una vulnerabilidad Muy Alta, lo cual es muy importante a efectos de la protección de la calidad natural del agua subterránea. Sin embargo, debido a su reducido tamaño con respecto a toda el área de estudio, es prácticamente imperceptible (mapa del factor C y Figura 34).

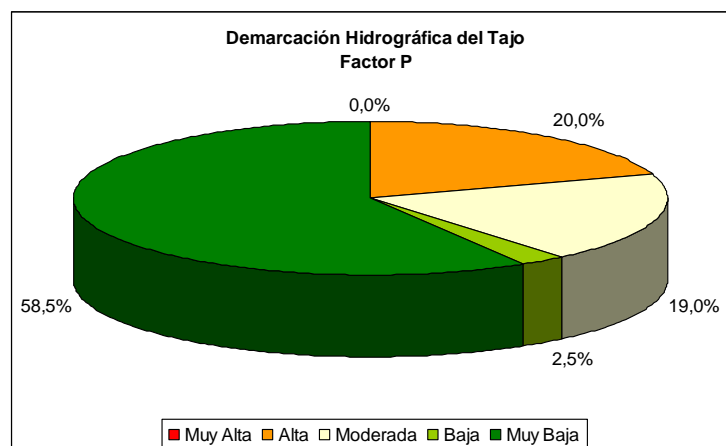
El 14,5% de la superficie presenta una Alta reducción de la protección dada por el factor O. Esta superficie corresponde, en la mayor de los casos, a los afloramientos de los materiales carbonatados del Jurásico Inferior-Medio, cuyo desarrollo kárstico es relativamente elevado y ha sido puntuado con menor valor en el parámetro sf relativo a las geoformas kársticas superficiales.



**Figura 34** Porcentaje de superficie según la reducción de protección debida a las condiciones superficiales para la concentración de flujos

### 6.1.3 Factor P: Características de la precipitación

La reducción de la protección ejercida por las capas que forman la zona no saturada (factor O) debida a la precipitación (factor P) es Muy Baja, en aproximadamente el 60% de la superficie (Figura 35). La mayor reducción se produce en las áreas donde la precipitación media anual es superior a 800 mm e inferior a 1200 mm y la intensidad es intermedia. El mapa del factor P muestra la distribución espacial del factor P en la Demarcación Hidrográfica del Tajo.



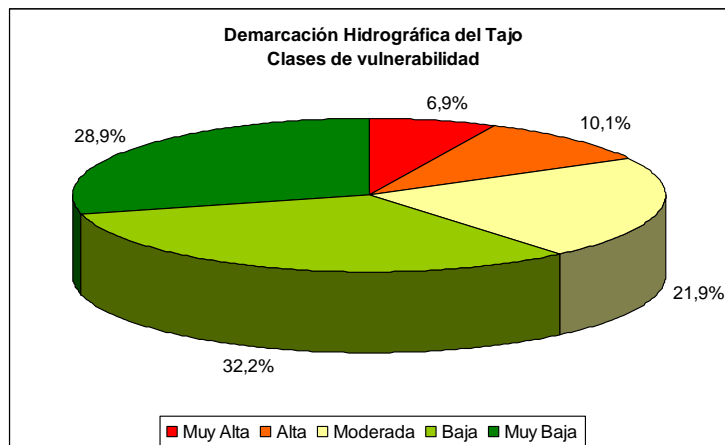
**Figura 35** Porcentaje de superficie según la reducción de protección debida a las características de la precipitación

#### 6.1.4 Índice COP: Vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea

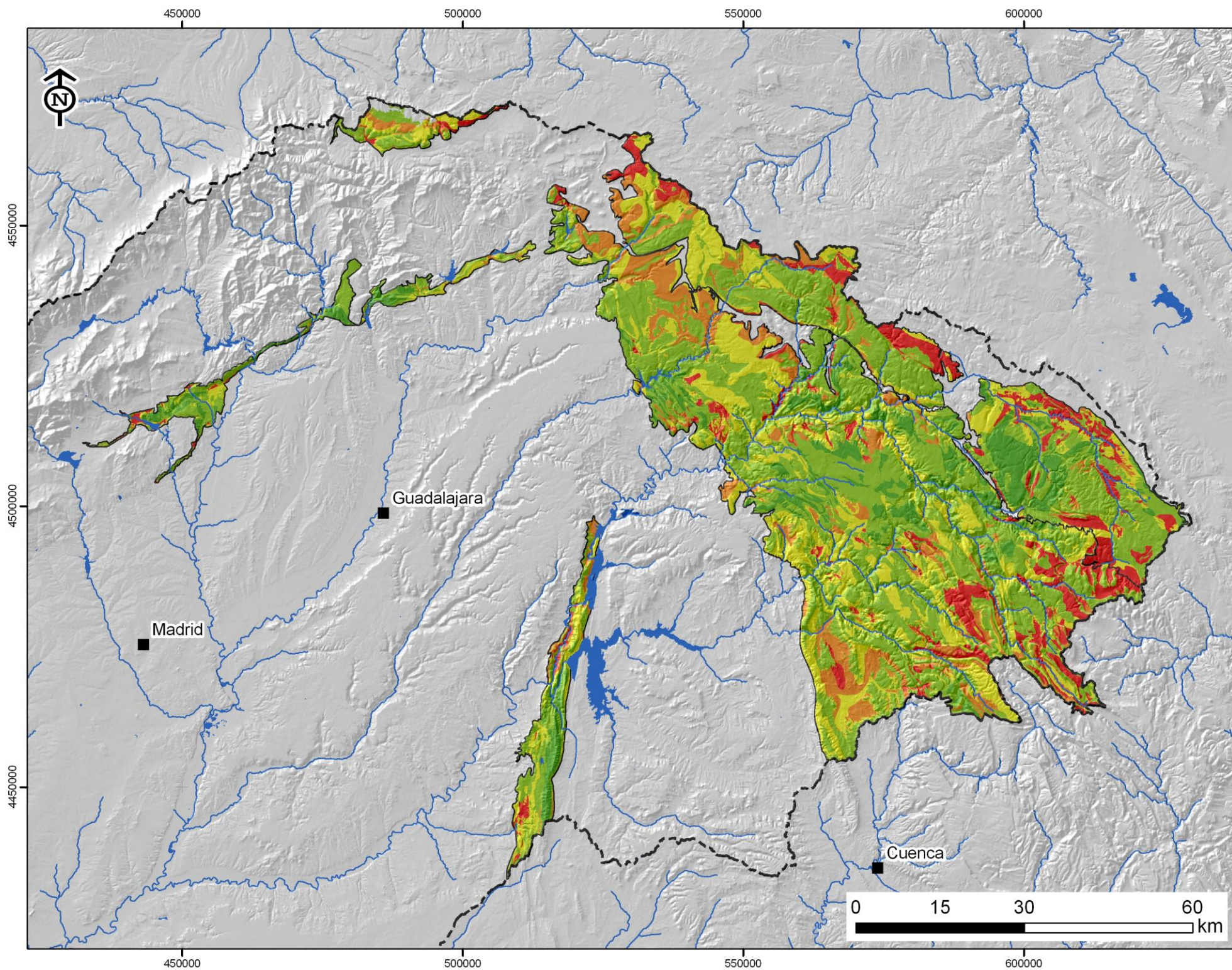
El mapa del índice COP muestra la distribución espacial de las clases de vulnerabilidad en las masas de agua subterránea carbonatadas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Aproximadamente el 7% de la superficie del área de estudio presenta una vulnerabilidad Muy Alta (Figura 36). Estas zonas de máxima vulnerabilidad corresponden a materiales carbonatados del Jurásico Inferior-Medio y a una cuenca vertiente a sumidero. Además, una décima parte del área de estudio tiene una vulnerabilidad Alta. Las áreas de mayor vulnerabilidad se sitúan en los afloramientos carbonatados y, en gran parte, en los bordes y barrancos de las masas de agua donde la zona no saturada tiene menor espesor.

Como se ha comentado con anterioridad, las masas de agua carbonatadas presentan afloramientos intercalados de litologías margosas y arcillosas que reducen la vulnerabilidad. En estas zonas la vulnerabilidad es Baja o Muy Baja ya que no son cuencas vertientes a sumidero y la escorrentía que se produce sobre ellas no es un factor que incremente la vulnerabilidad.

Las masas de agua subterráneas que presentan más áreas vulnerables son: Tajuña-Montes Universales (030.003), Molina de Aragón (030.009) y Singüenza-Marranchón (030.002).



**Figura 36** Porcentaje de superficie según las clases de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea.



**LEYENDA**

- Ámbito de la demarcación hidrográfica
- Masa de agua subterránea carbonatada
- Ríos y arroyos
- Lagos, lagunas y embalses
- Capital de provincia

**Capacidad de protección de la zona no saturada**

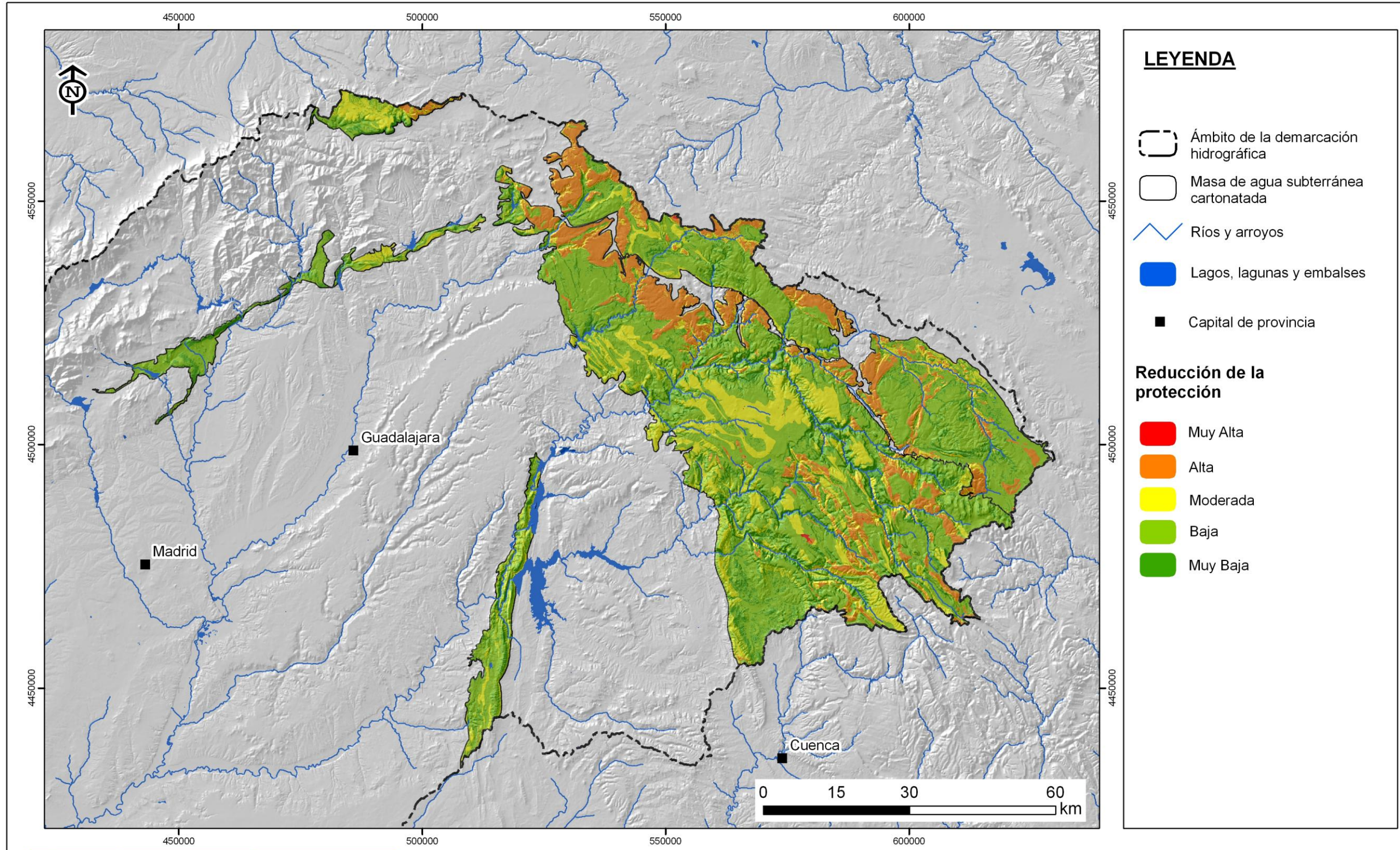
- Muy Baja
- Baja
- Moderada
- Alta
- Muy Alta

GOBIERNO DE ESPAÑA  
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN  
 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO  
 Instituto Geológico y Minero de España  
 DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
 ACTIVIDAD 9:  
 PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA  
 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA INTERCOMUNITARIAS. MASAS CARBONATADAS

MAPA 1.  
 Factor O: Capas de protección del agua subterránea  
**Demarcación Hidrográfica del Tago**

JUNIO  
 2009



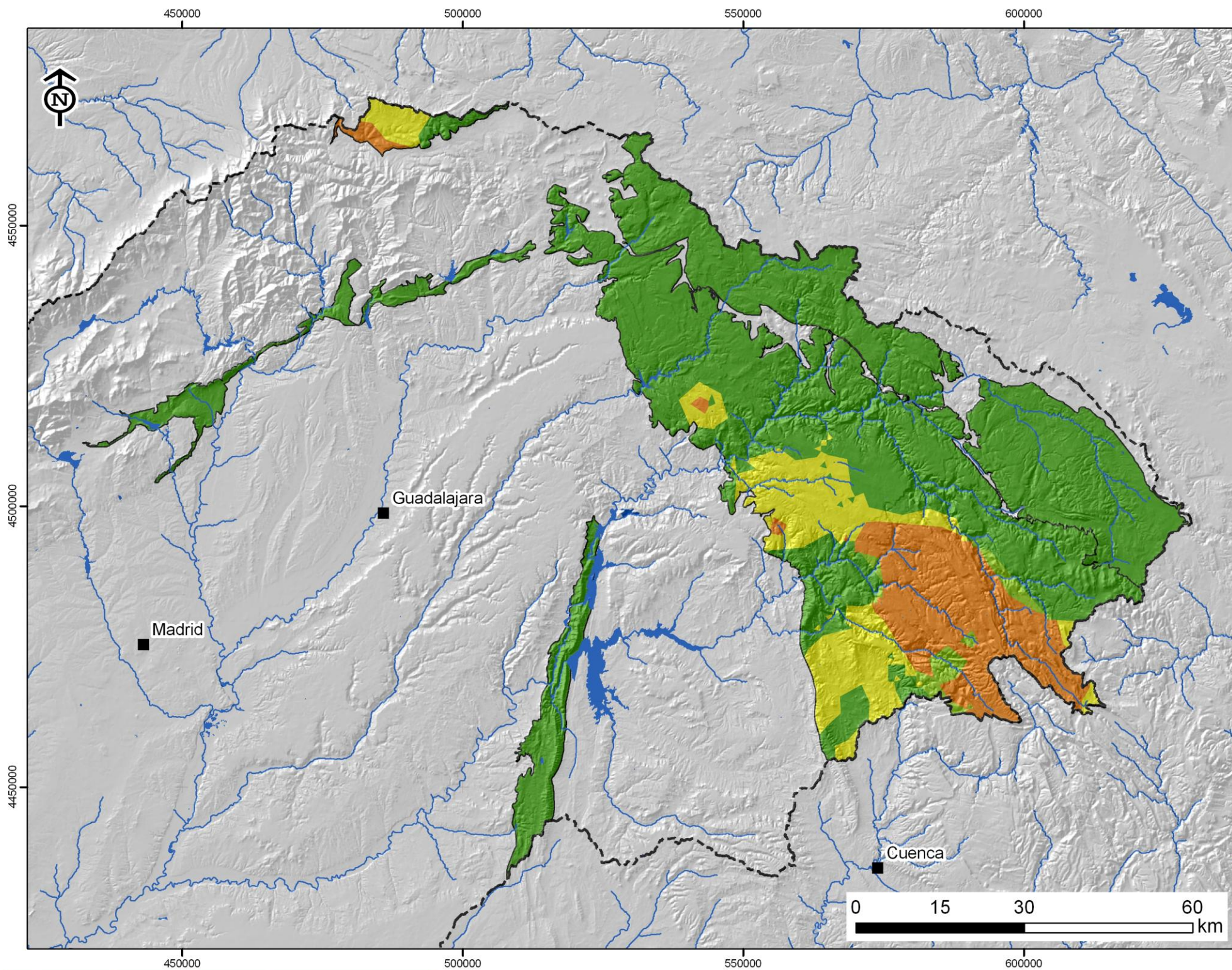

ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTIVIDAD 9:  
 PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA  
 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA INTERCOMUNITARIAS. MASAS CARBONATADAS

MAPA 2.  
 Factor C: Condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero  
**Demarcación Hidrográfica del Tago**

JUNIO  
 2009





**LEYENDA**

- Ámbito de la demarcación hidrográfica
- Masa de agua subterránea carbonatada
- Ríos y arroyos
- Lagos, lagunas y embalses
- Capital de provincia

**Reducción de la protección**

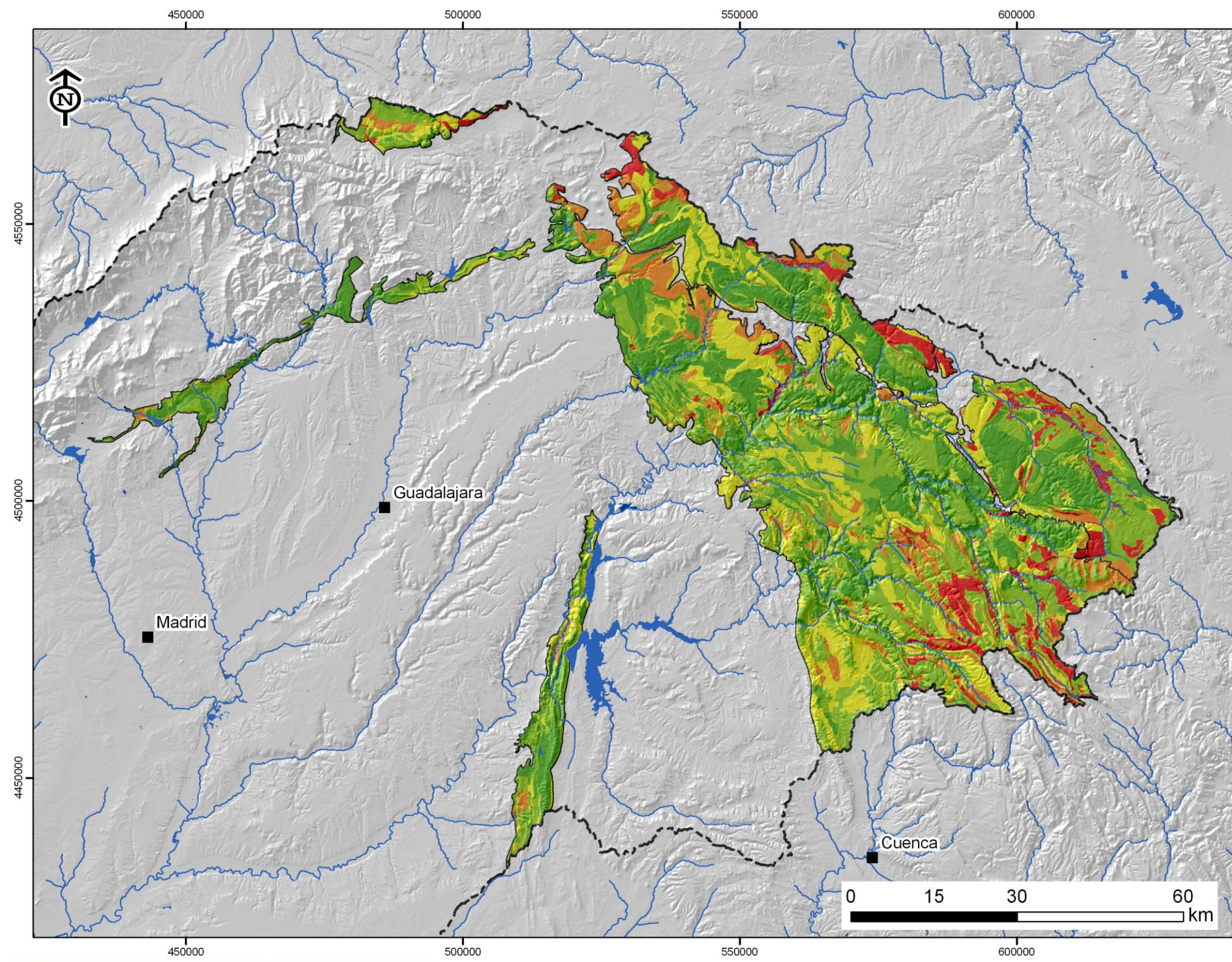
- Muy Alta
- Alta
- Moderada
- Baja
- Muy Baja

GOBIERNO DE ESPAÑA  
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN  
 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO  
 Instituto Geológico y Minero de España  
 DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
 ACTIVIDAD 9:  
 PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA  
 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA INTERCOMUNITARIAS. MASAS CARBONATADAS

MAPA 3.  
 Factor P: Características de la precipitación  
**Demarcación Hidrográfica del Tago**

JUNIO  
 2009



**LEYENDA**

- Ámbito de la demarcación hidrográfica
- Masa de agua subterránea carbonatada
- Ríos y arroyos
- Lagos, lagunas y embalses
- Capital de provincia

**Clase de vulnerabilidad**

- Muy Alta
- Alta
- Moderada
- Baja
- Muy Baja

  	ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	MAPA 4. Vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea: Índice COP <b>Demarcación Hidrográfica del Tago</b>	JUNIO 2009
	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA ACTIVIDAD 9: PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA INTERCOMUNITARIAS. MASAS CARBONATADAS		

## 7 REFERENCIAS

- Agencia Andaluza del Agua (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) e Instituto Geológico y Minero de España (2007 a): El agua subterránea en el Parque Natural de Sierra Cazorla, Segura y Las Villas (Jaén). Colección: Hidrogeología y Espacios Naturales nº 1
- Agencia Andaluza del Agua (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) y Instituto Geológico y Minero de España (2007 b): El agua subterránea en el Parque Natural de Sierra Mágina (Jaén). Colección: Hidrogeología y Espacios Naturales nº 2
- Aller, L., Bennett, T., Leer, J., Petty, J. y Hackett, G. (1987): DRASTIC: A standardised system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. US Environmental Protection Agency. Ada. Oklahoma, 455 pp
- Álvarez Rogel, J. (2008): Suelos de la región de Murcia: un ejemplo representativo de suelos mediterráneos. Universidad Politécnica de Cartagena. Dpto. de Ciencia y Tecnología Agraria. Área de Edafología y Química Agrícola
- Boletín Oficial del Estado -BOE- 2001. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. BOE número 176, de 24 de julio
- Boletín Oficial del Estado -BOE- 2003. Modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por la que se incorpora al derecho español, la Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, en el capítulo V de la Ley 62/2003 de medidas fiscales, administrativas y de orden social. BOE número 313, de 31 de diciembre
- Consejería de Medio Ambiente, Junta De Andalucía (2007): Mejora de la gestión del LIC y la ZEPA de Cabo de Gata-Níjar. Programa LIFE00 NAT/E/007304
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Directiva Marco del Agua. DOCE L 327, de 22 de diciembre
- Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006 relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. DOCE L 372, de 27-12-2006
- Doerfliger, N. (1996): Advances in karst groundwater protection strategy using artificial tracer test analices and multi-attribute vulnerability mapping (EPIK method). Ph Thesis University Neûchatel, Switzerland, 308 pp

- Doerfliger, N. y Zwahlen, F. (1997): EPIK: a new method for outlining of protection areas in karstic environment. En Gunay y Jonshon (Eds), Int. Symp. on Karst Waters and Environment Impacts. Antalya, Turkey, Balkema, 117-123
- Estrela, T., Cabezas, F. y Estrada, F. (1999): La evaluación de los recursos hídricos en el libro blanco del agua en España. Ingeniería del Agua, 6 (2), 125-138
- FAO-UNESCO (1990): Mapa Mundial de Suelos. Leyenda Revisada. Roma
- Fitzpatrick, E.A. (1980): Suelos. Su Formación, Clasificación y Distribución. CECSA. México. 430 pp
- Foster, S. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. En W. Van Duijvenbooden and H.G. Van Waegeningh (Eds), Vulnerability of soil and groundwater topollulants. Proceedings and information n° 38, TNO Committee on hydrological research. The Hague, 69-86
- Goldscheider, N., Klute, M., Sturm, S., Hotzl, H. (2000): The PI method -a GIS-based approach to mapping groundwater vulnerability with special consideration on karst aquifers. Z Angew Geol, 46(3), 157-166
- González, A. (2007): Hidrogeología de los acuíferos kársticos de las Sierra de Pegalajar y Mojón Blanco. Tesis Doctoral. Dpto. de Geodinámica, Universidad de Granada
- IGN (2005): Atlas Nacional de España. Geología, Geomorfología y Edafología. Madrid. Mapa de Suelos de España 1:1.000.000. Instituto Geográfico Nacional
- Izquierdo, T. y Márquez, A. (2006): Comparación de métodos de interpolación para la realización de mapas de precipitación para el acuífero de Icod-Cañadas (Tenerife, Islas Canarias), Geogaceta, 40: 307-310
- Margat, J. 1968. Vulnérabilité des nappes d'eau souterraine á la pollution. Bases de la cartographie. Doc. BRGM, 68 SGL 198 HYD, Orléans
- Martínez Navarrete, C. (2006): La protección del agua de consumo humano en el contexto de la Directiva Marco Europea del Agua. En: Fernández, J.A., Linares, L. y Ruiz, F. (ed), Urban Water in the mediterranean area. Publicaciones del IGME. Serie hidrogeología y aguas subterráneas, 19, 115-131
- Martos, S. (2008): Investigación hidrogeológica orientada a la gestión racional de acuíferos carbonáticos sometidos a un uso intensivo del agua subterránea. El caso de la Sierra de Estepa (Sevilla)", Tesis Doctoral Univ. Granada
- Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA)-Comisión Europea. (1994): Inventario de recursos de agua subterránea en España. 2ª Fase: Vulnerabilidad de acuíferos. Cuenca del Guadalquivir. Contrato n° B4-3040/92/8347

- Navarro, S., Barba, A., Escolar, P., Cámara, M. A., Oliva J. (1997): "Persistencia del herbicida isoxaben en el suelo". Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas. Nº 23, pp 557-564
- NRC -National Research Council-. (1993): Groundwater vulnerability assessment: contamination potential under conditions of uncertainty. Washington, D.C.: National Academy Press
- Rodríguez, T.; Ballesta, F. (1999): Estudio Geohidroespeleológico del Calar del Mundo (Provincias de Albacete y Jaen). Instituto de Estudios Albacetenses de la Excm. Diputación de Albacete. Serie I,num 109. Albacete, 1999
- Rubio, J.C., González, A., López Geta, J.A., Mantecón, R., Sánchez, J. (1994): las aguas subterráneas en el Parque Natural de las Sierras Subbéticas (Córdoba). Agua y Medio Ambiente- Zaragoza
- Simón Torres, M. (2005): Almería. Factores formadores y suelos. Universidad de Almería. 73 pp
- UE, (1995): Acción COST 65: Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas. Informe final. Brüssel, Luxemburg, European Commission, Report EUR 16574 EN, Directorat-General, Science, Research and Development: 446 pp
- USDA-NRCS, United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service (1999): Soil Taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook Number 436
- Vías, J.M., Andreo, B., Perles, M.J., Carrasco, F., Vadillo I. y Jiménez, P. (2006): Proposed method for groundwater vulnerability mapping in carbonate (karstic) aquifers: the COP method. Application in two pilot sites in Southern Spain. Hydrogeology Journal 14, 912–925
- Zaporozec, A. (1994): Concept of groundwater vulnerability. En Vrba, J. y Zaporozec, A. (Eds), Guidebook on mapping groundwater vulnerability. International contributions to hydrogeology, 16, Verlag Heinz Heise, Hannover, 3-8
- Zwahlen F. (ed.) (2004): COST Action 620. Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karstic) Aquifers. Informe final COST Action 620. Brüssel, Luxemburg, European Commission, Directorate-General for Research, 297 pp

## **ANEXOS**

## ANEXO I: Parámetro ly de la variable OL. Factor O: Capas de la protección del agua subterránea

Mapa litoestratigráfico de España, escala 1:200.000, IGME						
Descripción	Grupo	Era	Sistema	Serie	Zona	ly
Rocas básicas metamorizadas (metabasitas, anfibolitas, serpentinitas)	META-DETRÍTICAS-BAJA	Precámbrico-Paleozoico	Precámbrico-Ordovícico			1000
Rocas ácidas metamorizadas (ortogneises, migmatitas). Gn.gland., metarriolitas (Olo Sapo). Gn.pera	META-DETRÍTICAS-BAJA	Precámbrico-Paleozoico	Precámbrico-Ordovícico Inferior			1000
Rocas volcánicas y subvolcánicas paleozoicas	ÍGNEAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico Medio-Pérmico			1000
Rocas plutónicas ácidas, hercínicas (granitos, granodioritas, cuarzdioritas)	ÍGNEAS-BAJA	Paleozoico	Carbonífero Medio-Pérmico			1000
Rocas plutónicas básicas, hercínicas (gabros, dioritas, tonalitas, rocas ultramáficas)	ÍGNEAS-MUY BAJA	Paleozoico	Carbonífero Medio-Pérmico			1000
Rocas filonianas ácidas, hercínicas (porfidos, aplitas)	ÍGNEAS-MUY BAJA	Paleozoico	Carbonífero Superior-Pérmico			1000
Rocas filonianas básicas e intermedias, hercínicas o tardihercínicas (diabasas, lamprófidos)	ÍGNEAS-MUY BAJA	Paleozoico-Mesozoico	Carbonífero Superior-Triásico			1000
Filonos de cuarzo	ÍGNEAS-MUY BAJA	Paleozoico-Mesozoico	Carbonífero Superior-Triásico			1000
Ofitas y rocas volcanoclásticas (Ofitas del Keuper)	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-BAJA	Mesozoico	Triásico	Superior		1000
Tobas volcánicas del Jurásico	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-BAJA	Mesozoico	Jurásico			1000
Esquistos negros, pizarras, cuarcitas negras, migmatitas, anfibolitas, paragneises. Serie Negra	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Precámbrico			Ossa Morena / Surportuguesa. Faja Pírrica Ibérica	1000

Pizarras, areniscas, cuarcitas y, a veces, lentejones de carbonatos	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Devónico		Surportuguesa. Faja Pirítica Ibérica	1000
Rocas volcánicas ácidas y básicas, pizarras, areniscas y jaspes. Complejo volcano-sediment.	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-BAJA	Paleozoico	Devónico Superior-Carbonífero Medio		Surportuguesa. Faja Pirítica Ibérica	1000
Pizarras, grauvacas y areniscas, a veces con calizas y rocas volcánicas. Facies Culm	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Carbonífero	Inferior-Medio	Ossa Morena / Surportuguesa. Faja Pirítica Ibérica	1000
Conglomerados, areniscas, lutitas rojas, carbón y rocas volcánicas básicas. Cuenca de Viar	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Pérmico	Inferior	Ossa Morena / Surportuguesa. Faja Pirítica Ibérica	400
Ortoanfibolitas. Complejo ofiolítico de Beja	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Silérico Inferior-Devónico Inferior		Surportuguesa. Pulo Do Lobo	1000
Pelitas con metagrauvacas, ortocuarcitas, tobas (y metabasaltos, en la base).Fm. Pulo do Lobo	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Devónico	Superior	Surportuguesa. Pulo Do Lobo	1000
Pizarras y grauvacas. Flysch de Santa Iria	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Devónico	Superior	Surportuguesa. Pulo Do Lobo	1000
Rocas volcánicas ácidas, lutitas, areniscas y conglomerados. Complejo Volc.-Sed.Malcocinado	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-BAJA	Precámbrico			Ossa Morena	1000
Cuarcitas, pizarras, paragneises y micasquistos. Formación Albarrana	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Inferior	Ossa Morena	1000
Filitas y metareniscas. Formación Azuaga	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Inferior	Ossa Morena	1000
Areniscas arcóicas, esquistos, lutitas, conglom. y rocas volc. Series Detríticas Inf. y Sup.	META-DETRÍTICAS-BAJA	Precámbrico-Paleozoico	Cámbrico	Inferior	Ossa Morena / Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000
Calizas marmóreas. Serie carbonatada de la Z. Ossa-Morena y Calizas de Urda	CARBONATADAS-ALTA	Paleozoico	Cámbrico	Inferior	Ossa Morena / Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	3
Pizarras grises y moradas, y metavulcanitas básicas	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Superior	Ossa Morena	1000
Espilitas y basaltos. Serie volcánica de Umbría-Pipeta	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-MUY BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Medio	Ossa Morena	1000



Pizarras y areniscas. Formación Fatuquedo	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Superior	Ossa Morena	1000
Areniscas cuarcíticas, pizarras, limolitas, calizas y margas. Formación Barrancos	META-DETRÍTICAS-MEDIA	Paleozoico	Ordovícico		Ossa Morena	1000
Pizarras ampeléticas, a veces con liditas (y areniscas: Fm. Cañamares y Alcolea)	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Silérico-Devónico Inferior		Ossa Morena / Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000
Pizarras, areniscas, cuarcitas y, a veces, calizas y rocas volcánicas. Flysch de Terena	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Devónico		Ossa Morena	1000
Brechas, lutitas y areniscas. Cuenca de Valdeinfierno	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Carbonífero	Inferior (Dinantiense)	Ossa Morena	1200
Conglom., areniscas, lutitas, calizas y r. volcánicas. Alineac. Magmática de Villaviciosa	DETRÍTICAS-MEDIA	Paleozoico	Carbonífero	Inferior (Dinantiense)	Ossa Morena	100
Rocas plut.y volcan. ácidas-básicas a ultramáf. Compl. Villaviciosa-La Coronada y Guadalbarbo	ÍGNEAS-BAJA	Paleozoico	Carbonífero	Inferior (Dinantiense)	Ossa Morena	1000
Conglomerados, areniscas, lutitas, carbón y rocas volcánicas. Cuenca de Peñarroya	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Carbonífero	Medio-Superior	Ossa Morena	1200
Metasedimentos, gneises blastomiloníticos, anfibolitas y eclogitas. Unidad Central Z.Ossa-Mor.	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Precámbrico-Paleozoico	Precámbrico-Ordovícico Inferior		Ossa Morena	1000
Esquistos. Fm. Esquistos del Cubito	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Cámbrico-Devónico Inferior		Ossa Morena	1000
Pizarras, grauvacas y esporádicos niveles carbonatados. Complejo Esquisto-grauváquico	META-DETRÍTICAS-BAJA	Precámbrico			Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000
Calizas, dolomías, pizarras, calcoesquistos y brechas intraformacionales	CARBONATADAS-BAJA	Precámbrico			Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	500
Cuarcitas, conglomerados, areniscas y lutitas. Serie P.rpura y Fm. Constante o Bornova	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico Inferior	Inferior (Tremadoc)	Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000
Cuarcitas (C.Armoricana, F.Alto Rey, F.Culebra y Peñagorda) y alt.ctas-aren.-piz.(Fm.Pochico)	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Inferior-Medio	Olla de Sapo / Subzona Lusitano Oriental-Alcédica / Asturoccidental-Leonesa / Cordillera Ibérica	1000
Pizarras oscuras con interc.de aren., cuarc.y sills basált. Piz.Río, Piz.Calymene,Fm.Rodada 2	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Medio	Olla de Sapo / Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000

Ctas.,arenis.,piz., caliz.Fm.Ar.Calymene y Cantera,Piz.Guindo y Chavera,B.Mixtos,Cz.Urbana	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Medio-Superior	Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000
Cuarcitas, pizarras y, a veces, rocas volcánicas. Cuarcita de Criadero	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico Superior-Silérico Inferior		Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000
Areniscas, cuarcitas y pizarras (Capas de S.Pablo y Grupo Cerro Escudero). Brechas y congl.	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Devónico		Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000
Pizarras y niveles de cuarcitas y vulcanitas (Capas de San Pablo)	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Devónico	Medio-Superior	Subzona Lusitano Oriental-Alcédica	1000
Areniscas, conglomerados y lutitas, rojos (Facies Buntsandstein)	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico-Mesozoico	Pérmico Superior-Triásico Inferior		Subzona Lusitano Oriental-Alcédica / Cantábrica / Baleares / Maláguide / Pirineos / Ibérica, Maestraz	1200
Cuarcitas feldespáticas. Cuarcitas de Dradelo	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Inferior	Ollo de Sapo	1000
Esquistos, paragneises, cuarcitas feldespáticas y mármoles	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Inferior	Ollo de Sapo	1000
Esq., paragn., metar., niv.carb./calcosilic.Esq.Villalcampo,Serie del Duero,Metased.Sist.Central	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Medio-Superior	Ollo de Sapo	1000
Mármoles, calizas y rocas de silicatos cálcicos	CARBONATADAS-MEDIA	Paleozoico	Cámbrico	Medio	Ollo de Sapo	100
Piz., cuarc. y arenis.(Capas de los Montes).Esq., piz. y cuarc.(F.Puebla, Cerezal, Sta.Eufemia	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Inferior (Tremadoc)	Ollo de Sapo	1000
Pizarras y areniscas. Formaciones Villaflor y Campillo	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Medio-Superior	Ollo de Sapo	1000
Pizarras y cuarcitas. Fm. Casayo	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Superior (Caradoc)	Ollo de Sapo	1000
Calizas. Calizas de Aquiana	CARBONATADAS-MEDIA	Paleozoico	Ordovícico	Superior	Ollo de Sapo / Asturoccidental-Leonesa	3
Pizarras. Fm. Rozadais	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Superior	Ollo de Sapo	1000

Areniscas y pizarras. Fm. Losadillo	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Superior (Ashgill)	Olo de Sapo	1000
Pizarras, ampelitas. e interc. de cuarcit., caliz. y metavulc. Capas de Garganta, Fm. Manzanal	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Silérico		Olo de Sapo / Asturoccidental-Leonesa	1000
Areniscas, pizarras y calizas. Capas de Saceda. Fm. Almendra	META-DETRÍTICAS-MEDIA	Paleozoico	Silérico Superior-Devónico Inferior		Olo de Sapo / Asturoccidental Leonesa	500
Conglomerados, pizarras y grauvacas. Fm. San Clodio	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Devónico-Carbonífero		Olo de Sapo	1000
Esquistos, esq.grafit., filitas, cuarc.,ampel. y liditas. Grupos Nogueira, Paraño y Fm. Rábano	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico Superior-Devónico Inferior		Galicia Tras Os Montes (Dominio Esquistoso)	1000
Anfibolitas, metagabros, eclogitas, granulitas máficas, metaperidotitas,serpentinitas y esq.verdes.	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico Superior-Devónico Inferior		Galicia Tras Os Montes (Dominio de los Complejos Máficos)	1000
Esq.,paragn.,cuarc.,metav.ácid.,micaesq. Esq.Ordenes,C.Ortegal,Malpica-Tuy y Lalín-Forcarey	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico Superior-Devónico Inferior		Galicia Tras Os Montes (Dominio de los Complejos Máficos)	1000
Pizarras, esquistos, metareniscas y gneises anfibólicos. Serie de Villalba	META-DETRÍTICAS-BAJA	Precámbrico			Asturoccidental Leonesa	1000
Areniscas,microconglom. y pizarras, con niv. carbonatados. Grupo Cándana y Aren. Herrería	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico	Inferior	Asturoccidental Leonesa / Cantábrica	1000
Calizas y dolomías. Calizas de Vegadeo y Láncara	CARBONATADAS-ALTA	Paleozoico	Cámbrico	Inferior	Asturoccidental Leonesa / Cantábrica	3
Pizarras, areniscas y cuarcitas. Serie de los Cabos	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico-Ordovícico Inferior		Asturoccidental Leonesa	1000
Pizarras. Pizarras de Luarca y Suevo	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Medio	Asturoccidental Leonesa / Cantábrica	1000
Areniscas, pizarras y cuarcitas. Fm. Agüeira	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Superior (Caradoc)	Asturoccidental Leonesa	1000
Cuarcitas. Cuarcita de Vega	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico Superior-Silérico Inferior		Asturoccidental Leonesa	1000
Brechas sedimentarias y niveles carbonosos	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Carbonífero	Inferior-Medio	Asturoccidental Leonesa	1000

Lutitas, areniscas y conglomerados	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Pérmico		Catalánides, Pirineos	1000
Pizarras, areniscas y microconglomerados. Pizarras de Lancea	META-DETRÍTICAS-BAJA	Precámbrico			Cantábrica	1000
Cuarcitas, pizarras y rocas volcanocl. y volcanosed. Cuarcita de Barrios y Fm. Oville	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Inferior (Arenig)	Cantábrica	1000
Areniscas ferrug., pizarras ampel. y areniscas. Areniscas de S.Pedro y Furada. Fm.Formigoso	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Silérico-Devónico Inferior		Cantábrica	1000
Calizas, dolomías y lutitas. Fm. Rañeces, Abadía y La Vid	CARBONATADAS-MEDIA	Paleozoico	Devónico	Inferior	Cantábrica	400
Calizas arrecifales. Calizas de Santa Lucía y Moniello	CARBONATADAS-ALTA	Paleozoico	Devónico	Inferior-Medio	Cantábrica	1
Pizarras y areniscas. Pizarras de Hurgas	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Devónico	Medio	Cantábrica	1000
Calizas. Calizas de Portilla y de Candás	CARBONATADAS-ALTA	Paleozoico	Devónico	Medio	Cantábrica	3
Areniscas, pizarras y conglomerados. Fm. Ermita, Fueyo y Nocedo	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Devónico	Superior	Cantábrica	1000
Calizas y lutitas, rojas. Caliza Griotte, Calizas de Alba, Vegamián, Baleas y Barcaliente	CARBONATADAS-MEDIA	Paleozoico	Devónico Superior-Carbonífero Medio		Cantábrica	500
Pizarras, lutitas, areniscas, carbón y calizas. Grupos Sama, Lena, etc.	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Carbonífero	Medio	Cantábrica	1000
Conglomerados, areniscas, lutitas y carbón	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Carbonífero	Medio-Superior	Cantábrica	1200
Cuarcitas, pizarr., areniscas, lutitas, conglom., caliz. y dolom. Paleozoico Sierra de la Demanda	META-DETRÍTICAS-BAJA	Precámbrico-Paleozoico	Precámbrico-Carbonífero Medio		Cordillera Ibérica	1000
Cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas, calizas y dolomías. Paleozoico Ibérica Aragonesa	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico-Ordovícico Inferior		Cordillera Ibérica	1000
Cuarcitas y pizarras	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Cámbrico-Ordovícico Medio		Catalánides, Pirineos	1000

Rocas volcánicas	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-BAJA	Paleozoico	Cámbrico-Ordovícico		Catalánides, Pirineos	1000
Conglomerados, areniscas y lutitas	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico	Superior	Catalánides, Pirineos	1000
Pizarras	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Silérico		Catalánides, Pirineos	1000
Calizas, areniscas y lutitas	CARBONATADAS-BAJA	Paleozoico	Devónico-Carbonífero Inferior		Catalánides, Pirineos	500
Cuarcitas, pizarras y calizas	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Devónico-Carbonífero Inferior		Catalánides, Pirineos	1000
Calizas, pelitas y areniscas	CARBONATADAS-MEDIA	Paleozoico	Carbonífero	Inferior-Medio	Catalánides, Pirineos	500
Grauvacas y pizarras. Facies Culm.	META-DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Carbonífero		Catalánides, Pirineos	1000
Andesitas, riocitas e ignimbritas	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-MUY BAJA	Paleozoico	Carbonífero Superior-Pérmico		Catalánides, Pirineos / Cordillera Ibérica	1000
Filitas, esquistos, cuarcitas, calizas, pizarras y corneanas (Rocas metamórficas)	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Carbonífero-Pérmico		Catalánides, Pirineos	1000
Turbiditas, pelitas, areniscas y calizas	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico	Silérico Superior-Carbonífero Medio		Menorca	1000
Conglomerados, grauvacas, pizarras y areniscas	DETRÍTICAS-BAJA	Paleozoico	Ordovícico Medio-Carbonífero Superior		Maláguide	400
Filitas, cuarcitas, micasquistos y yesos	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Paleozoico-Mesozoico	Precámbrico-Triásico Medio		Alpujárride / Nevado Filábride	1000
Mármoles	CARBONATADAS-MEDIA	Paleozoico-Mesozoico	Precámbrico-Triásico Inferior		Alpujárride / Nevado Filábride	3
Micasquistos, cuarcitas y gneises	META-DETRÍTICAS-MUY BAJA	Precámbrico-Mesozoico	Precámbrico-Triásico		Nevado Filábride	1000
Metabasitas (diabasas, serpentinitas, anfíbolitas)	META-DETRÍTICAS-BAJA	Mesozoico	Triásico	Inferior-Medio	Alpujárride / Nevado Filábride	1000

Mármoles	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Triásico	Medio-Superior	Nevado Filábride	3
Calizas, dolomías y mármoles	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Triásico	Medio-Superior	Alpujárride	3
Dolomías, calizas y margas(F. Muschelkalk)	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Triásico	Medio	Cantábrica / Pirineos / Ibérica, Maestrazgo / Baleares / Maláguide y Dorsal	3
Lutitas rojas, con niveles de yeso y dolomías	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Mesozoico	Triásico	Medio		1200
Lutitas rojas, areniscas, conglomerados, margas, dolomías y yesos	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Mesozoico	Triásico	Medio-Superior	Cantábrica	1200
Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Mesozoico	Triásico		Cantábrica / Pirineos / Ibérica, Maestrazgo / Baleares / Maláguide y Dorsal	1500
Dolomías y calizas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Jurásico-Cretácico Inferior		Cantábrica	3
Conglomerados, areniscas, arenas, y a veces calizas, dolomías y margas	DETRÍTICAS-BAJA	Mesozoico	Jurásico	Medio (Dogger)	Cantábrica	100
Calizas, dolomías y margas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Jurásico		Cantábrica	3
Lutitas, areniscas, conglomerados y, a veces, calizas arenosas	DETRÍTICAS-BAJA	Mesozoico	Jurásico Superior-Cretácico Inferior		Cantábrica / Pirineos	1200
Dolomías, calizas dolomíticas y calizas	CARBONATADAS-MUY ALTA	Mesozoico	Cretácico	Inferior	Cantábrica	1
Areniscas, arenas, calizas arenosas, margas, arcillas y margocalizas	CARBONATADAS-BAJA	Mesozoico	Cretácico		Cantábrica / Ibérica, Maestrazgo / Prebético de Baleares	1000
Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)	Rethiense-Dogger	Cantábrica / Pirineos / Ibérica, Maestrazgo / Baleares	1
Margas, calizas bioclásticas y margosas. Fm. Margas Cerro del Pez, etc.	CARBONATADAS-BAJA	Mesozoico	Jurásico	Inferior (Lías)-Superior (Malm)	Cantábrica / Pirineos / Ibérica, Maestrazgo / Prebético de Baleares	1000

Calizas generalmente oolíticas, con nódulos de sílex y, a veces, margas (Fm.Carb. de Chelva)	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Jurásico	Medio (Dogger)	Cantábrica / Pirineos / Ibérica, Maestrazgo	500
Margas, calizas y margocalizas	CARBONATADAS-BAJA	Mesozoico	Jurásico	Medio (Dogger)-Superior (Malm)	Cantábrica / Pirineos / Ibérica, Maestrazgo	1000
Dolomías y calizas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Jurásico Superior (Malm)-Cretácico Inferior	Malm-Neocomiense	Cantábrica / Pirineos / Ibérica, Maestrazgo	3
Calizas de oncolitos. Calizas de Higuieruelas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Jurásico	Superior (Malm)	Cantábrica	3
Conglomerados, areniscas, limolitas y calizas oolíticas. Facies Purbeck	DETRÍTICAS-BAJA	Mesozoico	Jurásico	Superior (Malm)	Cantábrica	500
Calizas, dolomías y margas. Facies Purbeck	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Jurásico Superior (Malm)-Cretácico Inferior	Malm-Neocomiense	Cantábrica	500
Calizas, calizas margosas y margas. Facies Weald	CARBONATADAS-BAJA	Mesozoico	Cretácico	Inferior	Cantábrica / Pirineos	500
Arcillas y limolitas. Facies Weald	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Mesozoico	Cretácico	Inferior	Cantábrica / Pirineos	1500
Calizas arrecifales, con rudistas, calizas bioclásticas, dolomías y margas	CARBONATADAS-MUY ALTA	Mesozoico	Cretácico	Inferior-Superior	Cantábrica	1
Margas, calizas, arcillas y dolomías	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Cretácico	Inferior-Superior	Cantábrica / Pirineos / Ibérica, Maestrazgo / Prebético de Baleares	500
Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F.Utrillas), a veces con dolomías (F.Ar.yArc.Segovia)	DETRÍTICAS-MEDIA	Mesozoico	Cretácico	Inferior-Superior	Pirineos / Ibérica, Maestrazgo / Prebético de Baleares	40
Lutitas y areniscas (Facies Flysch)	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Mesozoico	Cretácico	Superior	Pirineos	1500
Brechas y olistostroma	DETRÍTICAS-MEDIA	Mesozoico	Cretácico	Superior	Pirineos	100
Areniscas y conglomerados	DETRÍTICAS-MEDIA	Mesozoico	Cretácico	Superior	Ibérica, Maestrazgo	100

Calizas, dolomías, margas (Dol.Villa de Ves,Caballar;F.Tabladillo,Hontoria;Mgas.Chera)	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Cretácico	Superior	Ibérica, Maestrazgo / Prebético de Baleares	500
Calizas, dolomías, brechas dolomíticas y margas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Cretácico	Superior	Ibérica, Maestrazgo / Prebético de Baleares	3
Calizas de gasterópodos, margas, margocalizas y, a veces, conglomerados y yesos	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico-Cenozoico	Cretácico-Paleógeno	Senonense-Eoceno Inferior	Ibérica, Maestrazgo	500
Dolomías, calizas y margas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Jurásico		Prebético de Baleares	3
Calizas, margas, margocalizas, calcarenitas, calizas nodulosas y calizas oolíticas	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Jurásico Medio (Dogger)-Cretácico Inferior		Prebético de Baleares	500
Calizas, margas, arenas silíceas, arcillas, calcarenitas, margocalizas	CARBONATADAS-BAJA	Mesozoico	Cretácico	Inferior	Prebético de Baleares	500
Calizas, calcarenitas, areniscas, margas y limos	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Jurásico	Inferior (Lías)-Medio (Dogger)	Prebético de Baleares	500
Margas, margocalizas, radiolaritas y rocas volcánicas	CARBONATADAS-BAJA	Mesozoico	Jurásico	Medio (Dogger)-Superior (Malm)	Subbético y Circumbético de Baleares	1000
Calizas, dolomías y margas	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Cretácico	Inferior	Prebético de Baleares	3
Margas y margocalizas, a veces con arenas	CARBONATADAS-BAJA	Mesozoico	Cretácico		Subbético y Circumbético de Baleares	1000
Calizas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Cretácico	Superior	Prebético, Subbético y Circumbético de Baleares	3
Dolomías, calizas y arenas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico	Cretácico	Superior	Prebético de Baleares	3
Calizas con nummulites, margas y areniscas	CARBONATADAS-BAJA	Mesozoico-Cenozoico	Cretácico-Paleógeno	Senonense-Paleoceno	Prebético, Subbético y Circumbético de Baleares	1000
Dolomías, calizas oolíticas y margocalizas	CARBONATADAS-MUY ALTA	Mesozoico	Triásico-Jurásico		Maláguide y Dorsal	1



Margas y margocalizas	CARBONATADAS-MUY BAJA	Mesozoico	Cretácico		Maláguide y Dorsal	1000
Calizas con nummulites, margas y areniscas	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno	Maláguide y Dorsal	500
Arenas y conglomerados	DETRÍTICAS-ALTA	Cenozoico	Paleógeno		Cuencas Internas Gallegas	10
Arcillas, margas y calizas	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno		Cuencas Internas Gallegas	500
Arenas y arcillas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno		Cuencas Internas Gallegas	1500
Conglomerados, gravas, arenas y lutitas rojas	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno		Cuenca del Guadiana	10
Gravas, arenas, lutitas. Calizas y margas	DETRÍTICAS-ALTA	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Cuenca del Guadiana	10
Conglomerados, gravas, arenas y lutitas rojas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno		Cuenca del Guadiana	100
Basaltos, nefelinitas y volcanoclásticos	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-BAJA	Cenozoico	Neógeno		Cuenca del Guadiana	1000
Arenas, arcillas y conglomerados	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno		Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Arenis.cuarc.,gravas silic.,conglom.,arcillas rosadas, caliz.,limolitas, y a veces yesos (Garumn)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno Inferior	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Arenis.y microcongl.silíc., con rubefacc.(Series Siderolíticas, Ar.de Salamanca, Ud.Torneros)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno Inferior	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	60
Arcosas, conglom. y arcillas (Ar. de Cabrerizos y Villamayor).Lut.y arenisc.rojas (F.Aldearrubia)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno Inferior	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Margas y arcillas blancas. Margas de Sanzoles	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno Medio	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1000
Calizas y margas. Calizas de Cubillos	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno Medio	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	500

Arenis., lim.y congl.ocres (Ar.Toro-Corrales,Limos de Geroma, Congl. Villalazán, G.Sup-Inf Paleóg.	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno Superior-Oligoceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	60
Conglomerados y areniscas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Arcillas y limos	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1200
Brech.,conglom.,lut.(cantos plut.o paleoz)(F.Olalla, Calzadilla, Peñalba, Escalonilla, Mingorría, etc.)	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Conglomer.,areniscas y arcillas, rojos(Facies Roja de Toro y Aspariegos, Conglom. de Belver)	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Arcosas y lim.arc., blanc., gris-verd.u ocre, con costras (Pedraja Port.,Vill.Adaja, Pte. Runel...)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno		Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	60
Lutitas arcósicas rojizas, con cantos cuarcíticos y arenas (Facies Peromingo)	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno Superior	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1200
Lutitas rojas con niv.conglom., arenis. y costras calcáreas(F.Sta María Campo y U.Detr.Aranda)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno Medio	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Conglomerados fcnte. calcáreos, areniscas y arcillas rojas y pardas (Compl.Vegaquemada,etc.)	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno Medio	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1200
Margas, margocalizas y arcillas (Facies Dueñas)	CARBONATADAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1000
Margas yesíferas y yesos (Facies Villatoro)	EVAPORÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1000
Calizas y margocalizas (Calizas "terminales" de Dueñas)	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	500
Limos y arenas ocre, con nivs.congl.y costras (F.Tierra de Campos, Serna, Villalp.-Sahag.)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Conglom.calcár. y arc.rojizas (F. Alar del Rey, Compl. Cuevas, Facies Covarrubias)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Calizas (Calizas "terminales de Tierra de Campos", al este de Burgos)	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	60

Margas, margocalizas y arcillas (Facies Cuestas)	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1000
Calizas y dolomías (Calizas "intra-Cuestas", Calizas de Arévalo)	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	60
Margas yesíferas y yesos (Facies Cuestas)	EVAPORÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1000
Arcillas rojas, con intercalaciones de areniscas, margas, calizas y costras (F. Tordómar)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	400
Calizas y margas (Calizas del Páramo 1 o inferior)	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	500
Margas, limos, arenas y arcillas, ocre o rojas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	1200
Gravas silíceas, conglomerados cuarcíticos y arenas (Ab.Cantoral,Guardo,Cegoñal,Vidanes)	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Calizas, margocalizas y brechas calcáreas y oncolíticas (Calizas del Páramo 2)	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	500
Conglomerados cuarcíticos, gravas y arenas silíceas y arcillas (Rañas y otros aluviales finineógenos)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Cuenca del Duero, Asturias y Bierzo	100
Calizas, calcarenitas, dolomías y margas	CARBONATADAS-ALTA	Mesozoico-Cenozoico	Cretácico Superior-Paleógeno	Senonense-Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdeña, Vallés/Penedés	3
Megabrechas	DETRÍTICAS-ALTA	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdeña, Vallés/Penedés	40
Lutitas y areniscas (Flysch)	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdeña, Vallés/Penedés	1200
Calizas y margas	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno Medio	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdeña, Vallés/Penedés	500
Areniscas y lutitas. Areniscas de Gongolaz	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdeña, Vallés/Penedés	1000

Conglomerados	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno Superior	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	100
Margas y margocalizas	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Sales potásicas	EVAPORÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	DETRÍTICAS-BAJA	Mesozoico-Cenozoico	Cretácico Superior-Paleógeno	Senonense-Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	500
Calizas, localmente con lutitas	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	500
Lutitas, con intercalaciones de yesos y carbonatos	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1200
Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Eoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	100
Conglomerados, con intercalaciones de areniscas, margas y niveles de yeso	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	100
Areniscas, lutitas, margas y, localmente, conglomerados	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Arcillas y margas, con intercalaciones de areniscas y calizas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Yesos y arcillas, con alguna intercalación de halita	EVAPORÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1500
Arcillas, yesos, carbonatos, areniscas y, a veces, conglomerados	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1500
Calizas, localmente con lutitas	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	500

Conglomerados, areniscas y lutitas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	100
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	400
Lutitas con intercalaciones de areniscas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1200
Lutitas y areniscas, a veces con yesos y calizas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Lutitas y margas, con intercalaciones de calizas y yesos	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Yesos con intercalaciones de lutitas	EVAPORÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1200
Calizas, localmente con lutitas	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	500
Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	100
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Lutitas, con intercalaciones de areniscas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1200
Lutitas con intercalaciones de yesos y carbonatos	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1500
Yesos con intercalaciones de lutitas	EVAPORÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1500
Calizas, localmente con lutitas	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	500

Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	100
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Lutitas con intercalaciones de areniscas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1000
Lutitas con niveles de calizas y, a veces, yesos	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1200
Yesos con intercalaciones de lutitas	EVAPORÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	1200
Calizas, localmente con lutitas	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	500
Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Costras a techo	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Cuenca del Ebro, Villarcayo, Cerdaña, Vallés/Penedés	100
Conglomerados, areniscas, lutitas y calizas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Paleoceno-Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	100
Arcillas, limos y arenas, con intercalaciones de areniscas y calizas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	500
Conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas y lignitos	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Brechas calcáreo-dolomíticas, rojizas, generalmente con cemento calizo	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	100
Arcosas con cantos, conglomerados y arcillas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	60
Arcosas a veces con cantos, con lutitas, margas, calizas y, localmente nód. de sílex y yeso	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	400

Calizas, calizas margosas y margas	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	500
Calizas, dolomías y margas	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	500
Conglomerados, areniscas y lutitas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	100
Arcosas gruesas, a veces con cantos, limos y fangos arcósicos	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	60
Margas, arcillas, yesos, conglomerados, areniscas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Lutitas rojas y conglomerados. Lutitas y arenas ocreas, a veces	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1200
Calizas, margas, areniscas y limolitas	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno Medio	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	100
Calizas (a veces nummulíticas), areniscas, conglomerados, margas y arcillas	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Paleoceno-Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Conglomerados, arenas, arcillas, calizas y yesos	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	400
Calizas, margas, limolitas, areniscas y conglomerados	CARBONATADAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Paleoceno-Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	500
Conglomerados poligénicos, areniscas y arcillas rojas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1500
Unidad olistostrómica-tectonosómica	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Areniscas silíceas hacia la base, y margas blancas a techo	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000

Calizas de algas, y margas blancas	CARBONATADAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	500
Calcarenitas	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	3
Turbiditas	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Margas ("Margas Azules")	CARBONATADAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Conglomerados, gravas, arenas y limos (Formación Roja)	DETRÍTICAS-ALTA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	10
Conglomerados, brechas calcáreas, calcarenitas, areniscas y arenas (Facies de borde)	DETRÍTICAS-ALTA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	40
Margas ("Azules"), areniscas, arenas y, a veces, yesos	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Calcarenitas, arenas, gravas, limos y arcillas	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	40
Conglomerados, areniscas y calcarenitas (Facies de borde)	DETRÍTICAS-ALTA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	40
Conglomerados, arenas, arcillas, calizas, travertinos y yesos (Facies fluvio-lacustres)	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno-Cuaternario	Mioceno-Pleistoceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	500
Rocas volcánicas peralcalinas	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-BAJA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Conglomerados, arenas y limos	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno-Pleistoceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	100
Calizas arrecifales y calcarenitas	CARBONATADAS-ALTA	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1



Conglomerados, arenas y limos	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Conglomerados, arenas y limos rojos	DETRÍTICAS-MUY BAJA	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	10
Yesos, con arcillas yesíferas y, a veces, margas y limolitas	EVAPORÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1500
Limos con intercalaciones de margas. Calcarenitas y conglomerados	DETRÍTICAS-MEDIA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Plioceno	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1000
Conglomerados, areniscas y lutitas (Flysch)	DETRÍTICAS-BAJA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno Inferior	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	1500
Dolomías, calizas y margas	CARBONATADAS-ALTA	Cenozoico	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno Inferior	Cuenca del Tajo, Intrabéticas y del Guadalquivir	3
Gravas cuarcíticas, arenas silíceas y arcillas (Depósitos de rías y otros aluviales finineógenos)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-MEDIA	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno		100
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glaciares, piedemonte y superficies)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-MEDIA	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		40
Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-ALTA	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		10
Bloques, cantos, limos y arcillas (Depósitos de ladera, coluviones, morrenas)	DETRÍTICAS(CUATERNARIO)-ALTA	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		40
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-MUY ALTA	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		10
Travertinos	CARBONATADAS-MUY ALTA	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		1
Arenas, limos arenosos y arcillas amarillentas	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-ALTA	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		10
Conglomerados, arenas y arcillas	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-MEDIA	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno		100

Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de las Directiva Marco. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias. Masas carbonatadas

Bloques, cantos, arcillas (Depósitos glaciares, canchales, coluviones de montaña)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-BAJA	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno		1000
Limos, arcillas, materia orgánica y sales (Depósitos de estuario, marismas y sedim. Litorales)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-BAJA	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno		1200
Arenas y gravas (Cordones litorales y playas)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-ALTA	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno		10
Arcillas, limos y cantos, turba (Depósitos de áreas endorreicas, dep. lacustres, turberas)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-BAJA	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno		1200
Gravas, arenas, limos, arcillas, limolitas, calizas (Cuaternario indiferenciado)	DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-ALTA	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		10
Rocas volcánicas de Olot (tobas volcánicas, basaltos, brechas piroclásticas)	VOLCÁNICAS (PIROCLÁSTICAS Y LÁVICAS)-MUY BAJA	Cuaternario	Cuaternario			1000
Calizas, margas y calcarenitas	CARBONATADAS-MEDIA	Mesozoico	Cretácico	Superior		500

## ANEXO II: Variable O<sub>s</sub>. Factor O: Capas de la protección del agua subterránea. Clasificación de los suelos (espesor y textura)

Mapa de suelos de España, escala 1:1.000.000, Instituto Geográfico Nacional								
Orden	Suborden	Grupo1	Grupo 2	Asocia 1	Asocia 2	Inclusión 1	Inclusión 2	O <sub>s</sub>
Alfisol	Udalf	Hapludalf		Eutrudept		Dystrudept		4
Alfisol	Ustalf	Haplustalf		Haplustept				4
Alfisol	Ustalf	Haplustalf	Haplustult			Haplustept	Dystrustept	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf				Epiaqualf	Epiaquent	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf				Rhodoxeralf		4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Calcixerept	Haploxerept			4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Calcixerept	Haploxerept	(Haploxerert)		4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Calcixerept	Haploxerept	Calcixeroll	Haploxeroll	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Calcixerept	Haploxerept	Epiaqualf		4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Calcixerept	Haploxerept	Rhodoxeralf		4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Calcixerept	Haploxeroll	Rhodoxeralf	Haploxerept	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Calcixerept	Xeropsamment		Haploxerept	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Epiaqualf		Haploxerult		4

Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Palexeralf		Epiaqualf		4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Palexeralf		Rhodoxeralf		4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Rhodoxeralf		Calcixerept	Haploxerept	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Rhodoxeralf		Palexeralf		4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Rhodoxeralf	Calcixerept		Haploxerept	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Rhodoxeralf	Calcixerept	Xerorthent	Haploxerept	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Xerorthent		Calcixerept	Haploxerept	4
Alfisol	Xeralf	Haploxeralf		Xerorthent		Rhodoxeralf		4
Alfisol	Xeralf	Rhodoxeralf		Haploxeralf		Haploxeroll	Calcixeroll	4
Alfisol	Xeralf	Rhodoxeralf		Haploxerept		Calcixerept		4
Alfisol	Xeralf	Rhodoxeralf		Haploxerept		Haploxeralf	Calcixerept	4
Alfisol	Xeralf	Rhodoxeralf		Xerorthent		Haploxeroll		4
Alfisol	Xeralf	Palexeralf		Haploxeralf		Epiaqualf		5
Alfisol	Xeralf	Palexeralf		Haploxerept		(Calcixerept)		5
Andisol	Ustand	Haplustand		Haplustept	Haplustalf	Ustorthent		1
Aridisol	Calcid	Petrocalcid				Haplocalcid	Haplargid	3
Aridisol	Calcid	Haplocalcid						1

Aridisol	Calcic	Haplocalcid				Calcigypsid	Haplogypsid	1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid				Petrocalcic		1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Calcigypsid	Haplosalid	Haplogypsid		1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Haplocambid				1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Haplocambid		Haplargid		1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Petrocalcic				1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Petrocalcic	Haplargid			1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Torriorthent				1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Torriorthent		Haplargid		1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Torriorthent		Haplosalid		1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Torriorthent		Petrocalcic		1
Aridisol	Calcic	Haplocalcid		Torriorthent	Haplocambid			1
Aridisol	Cambid	Haplocambid				Haplargid		1
Aridisol	Cambid	Haplocambid		Torriorthent				1
Aridisol	Cambid	Haplocambid		Torriorthent		Haplargid		1
Aridisol	Cambid	Haplocambid		Torriorthent		Haplosalid		1
Aridisol	Gypsid	Calcigypsid	Haplogypsid	Haplosalid				1

Aridisol	Gypsid	Calcigypsid	Haplogypsid	Torriorthent				1
Aridisol	Calcid	Haplocalcid		Haplargid				2
Aridisol	Calcid	Haplocalcid		Haplargid		Haplosalid	Torriorthent	2
Aridisol	Cambid	Haplocambid		Haplargid		Torrifluent		2
Aridisol	Argid	Paleargid				Haplargid		5
Aridisol	Salid	Haplosalid				Haplocalcid		3
Entisol	Orthent	Torriorthent		Haplargid				3
Entisol	Orthent	Torriorthent		Haplocalcid		Haplargid	Petrocalcid	3
Entisol	Orthent	Torriorthent		Haplocambid		Haplargid		3
Entisol	Orthent	Udorthent				Hapludalf	Hapludoll	3
Entisol	Orthent	Udorthent		Eutrudept		Hapludalf		3
Entisol	Orthent	Udorthent		Udifluent		Hapludalf		3
Entisol	Orthent	Ustorthent		Haplustept		Haplustalf	Haplustoll	3
Entisol	Orthent	Ustorthent		Ustept		Rhodustalf		3
Entisol	Orthent	Xerorthent				Haploxeralf	Rhodoxeralf	3
Entisol	Orthent	Cryorthent						0
Entisol	Orthent	Cryorthent				Dystrocryept		0

Entisol	Orthent	Cryorthent		(Dystrocryept)				0
Entisol	Orthent	Cryorthent		(Dystrocryept)		Histosol		0
Entisol	Orthent	Cryorthent		Eutrocryept	Dystrocryept	Haplocryalf	Cryrendoll	0
Entisol	Orthent	Cryorthent	Dystrocryept					0
Entisol	Orthent	Torriorthent						0
Entisol	Orthent	Torriorthent				Haplocalcid		0
Entisol	Orthent	Torriorthent				Haplocalcid	Calcigypsid	0
Entisol	Orthent	Torriorthent				Haplocalcid	Haplocambid	0
Entisol	Orthent	Torriorthent				Haplocambid		0
Entisol	Orthent	Torriorthent		Haplocalcid				0
Entisol	Orthent	Torriorthent		Haplocalcid		Haplosalid		0
Entisol	Orthent	Torriorthent		Haplocambid				0
Entisol	Orthent	Torriorthent		Torrifluent				0
Entisol	Orthent	Torriorthent		Torripsamment				0
Entisol	Orthent	Udorthent						0
Entisol	Orthent	Udorthent				Dystrudept		0
Entisol	Orthent	Udorthent		Eutrudept				0

Entisol	Orthent	Udorthent	Dystrudept					0
Entisol	Orthent	Udorthent	Dystrudept			Eutrudept		0
Entisol	Orthent	Ustorthent						0
Entisol	Orthent	Ustorthent				Haplustept		0
Entisol	Orthent	Ustorthent				Ustifluent		0
Entisol	Orthent	Ustorthent		Ustept		Haplustult		0
Entisol	Orthent	Ustorthent	Dystrustept					0
Entisol	Orthent	Ustorthent	Dystrustept			Haplustept		0
Entisol	Orthent	Xerorthent						0
Entisol	Orthent	Xerorthent				(Haploxerept)		0
Entisol	Orthent	Xerorthent				Haplosalid		0
Entisol	Orthent	Xerorthent				Haploxerept	Haplosalid	0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Calcixerept		Calcixeroll		0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Calcixerept		Haploxeroll	Haploxerept	0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Calcixerept	Haploxerept	Haploxeralf		0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Calcixerept	Haploxerept	Haploxeralf	Rhodoxeralf	0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxeralf				0



Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxeralf		Torriorthent		0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxerept				0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxerept		Haplorthod		0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxerept		Haploxerert	Calcixerept	0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxerept		Quartzipsamment		0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxerert		Calcixerept	Haploxerept	0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxerert	Haploxeroll	Calcixerept		0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Haploxeroll				0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Xerofluvent				0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Xerofluvent		Epiaquent		0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Xerofluvent		Haploxerept		0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Xerofluvent	Histosol			0
Entisol	Orthent	Xerorthent		Xeropsamment		Xerofluvent		0
Entisol	Orthent	Xerorthent	Dystroxerept					0
Entisol	Orthent	Xerorthent	Dystroxerept	Haploxeralf				0
Entisol	Orthent	Xerorthent	Xerofluvent	Calcixerept	(Haplosalid)	Fluvaquent	Xeropsamment	1
Entisol	Aquent	Epiaquent		Epiaquept				2

Entisol	Aquent	Epiaquent		Epiaquept		Haplorthod	Haplorthod	2
Entisol	Aquent	Epiaquent		Epiaquept		Histosol		2
Entisol	Aquent	Sulfaquent		Haplosalid	Hydraquent			2
Entisol	Fluvent	Torrifluent	Torriorthent					2
Entisol	Fluvent	Torrifluent	Torriorthent	Haplocalcid				2
Entisol	Fluvent	Udifluent		Fluvaquent		Udorthent		2
Entisol	Fluvent	Ustifluent		Fluvaquent				2
Entisol	Fluvent	Ustifluent	Ustorthent			Haplustept		2
Entisol	Fluvent	Xerofluent						2
Entisol	Fluvent	Xerofluent		Haploxerept		Haploxeroll	Calcixerept	2
Entisol	Fluvent	Xerofluent		Xerorthent				2
Entisol	Fluvent	Xerofluent	Epiaquent					2
Entisol	Fluvent	Xerofluent	Epiaquent	Xeropsamment		Xerorthent		2
Entisol	Fluvent	Xerofluent	Xerorthent	Haploxerept				2
Entisol	Psamment	Torripsamment		Petrocalcid				2
Entisol	Psamment	Ustipsamment		Psammaquent				2
Entisol	Psamment	Xeropsamment		Haploxeralf		Epiaquept		2

Entisol	Psamment	Xeropsamment		Haploxeralf		Xerorthent		2
Entisol	Psamment	Xeropsamment		Xerorthent				2
Histosol	Histosol	Histosol						2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept						1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept				Xerorthent	Xeropsamment	1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Epiaquent	Xerorthent	Xeropsamment		1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Haploxerert		Haplosalid		1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Haploxerert	Calcixerert	Haplosalid		1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Haploxeroll	Haploxerert			1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Xerofluvent		Haplosalid		1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Xerofluvent		Haploxeroll	Xerorthent	1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Xeropsamment	Haploxeralf			1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Xeropsamment	Quartzipsamment	Xerorthent		1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Xerorthent		Haplosalid		1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Xerorthent		Xerofluvent		1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept	Haploxerept	Epiaquent	Epiaquept			1
Inceptisol	Xerept	Calcixerept	Haploxerept	Haploxerert				1

Inceptisol	Xerept	Calcixerept	Haploxerept	Xerorthent				1
Inceptisol	Xerept	Dystroxerept				Xerorthent		1
Inceptisol	Xerept	Dystroxerept		Xerorthent		Quartzipsamment		1
Inceptisol	Xerept	Haploxerept				Haploxerert		1
Inceptisol	Xerept	Haploxerept				Haploxeroll	Xerorthent	1
Inceptisol	Xerept	Haploxerept		Xerorthent	Dystroxerept			1
Inceptisol	Udept	Eutrudept		Hapludalf		Hapludoll		2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept				Haploxeralf		2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Haploxeralf		Haplosalid		2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Haploxeralf		Xerorthent	Rhodoxeralf	2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Haploxeralf	Haploxeroll	Rhodoxeralf		2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Haploxeralf	Rhodoxeralf			2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Haploxeroll		Rhodoxeralf		2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept		Xerorthent		Haploxeralf		2
Inceptisol	Xerept	Calcixerept	Haploxerept	Haploxeralf		Xerorthent		2
Inceptisol	Xerept	Haploxerept				Haploxeralf	Rhodoxeralf	2
Inceptisol	Xerept	Haploxerept		Epiaquent	Epiaqualf	Haploxeralf		2

Inceptisol	Xerept	Haploxerept		Haploxeralf	Quartzipsamment	Rhodoxeralf		2
Inceptisol	Xerept	Haploxerept		Haploxeralf	Xerorthent			2
Inceptisol	Xerept	Haploxerept		Xerorthent	Dystroxerept	Haploxeralf		2
Inceptisol	Aquept	Epiaquept		Haploxerept		Haploxeralf		4
Inceptisol	Cryept	Eutrocryept		Rendoll				4
Inceptisol	Cryept	Eutrocryept		Rendoll		Haplocryalf		4
Inceptisol	Cryept	Dystrocryept			Cryorthent			2
Inceptisol	Cryept	Dystrocryept		Cryorthent				2
Inceptisol	Cryept	Dystrocryept		Cryorthent		(Eutrocryept)		2
Inceptisol	Cryept	Dystrocryept		Cryorthent		Eutrocryept		2
Inceptisol	Udept	Dystrudept						2
Inceptisol	Udept	Dystrudept			Udorthent			2
Inceptisol	Udept	Dystrudept		Haplorthod	(Udorthent)	Haplohumod		2
Inceptisol	Udept	Dystrudept		Udorthent				2
Inceptisol	Udept	Dystrudept		Udorthent		Udifluent		2
Inceptisol	Udept	Dystrudept	Udorthent					2
Inceptisol	Udept	Eutrudept				Udorthent		2

Inceptisol	Ustept	Dystrustept				Ustorthent		2
Inceptisol	Ustept	Dystrustept		Haplorthod	(Ustorthent)	Haplohumod		2
Inceptisol	Ustept	Dystrustept		Ustorthent		Ustorthent		2
Inceptisol	Ustept	Haplustept						2
Inceptisol	Ustept	Haplustept				Haplustoll	Ustorthent	2
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Haploxerert	Ustorthent			2
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Haplustalf		Haplustoll		2
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Ustorthent				2
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Ustorthent		Ustifluent		2
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Ustorthent	Dystrustept			2
Inceptisol	Udept	Dystrudept		Hapludult				3
Inceptisol	Udept	Dystrudept		Udorthent		Hapludalf		3
Inceptisol	Udept	Eutrudept		Rendoll		Hapludalf		3
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Haplustoll		Rhodustalf		3
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Paleustalf		Ustorthent		3
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Ustorthent		Rhodustalf		3
Inceptisol	Ustept	Haplustept		Ustorthent	Dystrustept	Haplustalf		3

Mollisol	Ustoll	Haplustoll		Haplustept				2
Mollisol	Ustoll	Haplustoll		Ustorthent				2
Mollisol	Xeroll	Haploxeroll		Calcixeroll	Haploxerept	Calcixerept		2
Mollisol	Xeroll	Haploxeroll		Xerorthent		Haploxerept		2
Mollisol	Xeroll	Calcixeroll		Haploxeroll	Haploxeralf	Rhodoxeralf		3
Mollisol	Xeroll	Haploxeroll		Haploxeralf		Haploxerept		3
Mollisol	Xeroll	Haploxeroll		Xerorthent		Haploxerept	Rhodoxeralf	3
Mollisol	Udoll	Hapludoll		Udorthent				3
Mollisol	Udoll	Hapludoll	Rendoll	Udorthent				3
Spodosol	Orthod	Haplorthod	Haplorthod	Dystrudept				2
Ultisol	Ustult	Haplustult		Dystrustept		Ustorthent		4
Ultisol	Xerult	Haploxerult		Dystroxerept		Xerorthent		4
Ultisol	Xerult	Haploxerult		Epiaquept	Epiaquent	Xerorthent		4
Vertisol	Udert	Hapludert		Udorthent		Udept		4
Vertisol	Ustert	Haplustert		Ustorthent	Ustept	Calciustert		4
Vertisol	Xerert	Haploxerert	Calcixerert			Haploxeroll		5
Vertisol	Xerert	Haploxerert	Calcixerert			Haploxeroll	Haploxeralf	5

Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de las Directiva Marco. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias. Masas carbonatadas

Vertisol	Xerert	Haploxerert	Calcixerert	Haploxeralf				5
Vertisol	Xerert	Haploxerert	Calcixerert	Haploxerept	Calcixerept			5
Vertisol	Xerert	Haploxerert	Calcixerert	Haploxerept	Calcixerept	Haploxeroll	(Calcixeroll)	5
Vertisol	Xerert	Haploxerert	Calcixerert	Haploxerept	Calcixerept	Xerorthent		5
Vertisol	Xerert	Haploxerert	Calcixerert	Xerorthent	Haploxerept	Calcixerept		5



<b>Mapa de suelos de la Región de Murcia, escala 1:100.000</b>	
<b>Descripción</b>	<b>OS</b>
Asociación de Arenosoles álbicos y Solonchaks gleicos con inclusiones de Solonchaks órticos.	0
Asociación de Arenosoles álbicos y Solonchaks gleicos. En fase salina.	0
Asociación de Cambisoles cálcicos y Cambisoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Cambisoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Cambisoles petrocálcicos con inclusiones de Rendsinas órticas.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Fluvisoles calcáricos.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Fluvisoles calcáricos. En fase salina.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Rendsinas órticas.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Regosoles calcáricos.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas con inclusiones de Litosoles.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas con inclusiones de Regosoles calcáricos.	2
Asociación de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas.	2
Asociación de Cambisoles eútricos y Regosoles eútricos.	2
Asociación de Cambisoles petrocálcicos y Rendsinas órticas con inclusiones de Regosoles calcáricos.	2

Asociación de Cambisoles petrocálcicos y Rendsinas órticas.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos. En fase salina.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Solonchaks órticos y gleicos.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Solonchaks órticos y gleicos. En fase salina.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos. En fase salina.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles gípsicos. En fase salina.	2
Asociación de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	2
Asociación de Fluvisoles cálcicos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	2
Asociación de Fluvisoles cálcicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	2
Asociación de Fluvisoles cálcicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	2
Asociación de Fluvisoles cálcicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litorródicos.	2
Asociación de Gleysoles calcáricos y Solonchaks gleicos.	3
Asociación de Litosoles y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Rendsinas órticas.	0
Asociación de Litosoles y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	0

Asociación de Litosoles y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas órticas.	0
Asociación de Litosoles y Kastanosems cálcicos con inclusiones de Solonchaks mólicos.	0
Asociación de Litosoles y Phaeosems háplicos.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles gípsicos. En fase salina.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos con inclusiones de Rendsinas órticas y Phaeozems cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos con inclusiones de Rendsinas órticas y Regosoles calcáricos	0
Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos con inclusiones de Rendsinas órticas.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos.	0
Asociación de Litosoles y Rendsinas arídicas con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Rendsinas arídicas con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Rendsinas arídicas.	0

Asociación de Litosoles y Rendsinas órticas con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Rendsinas órticas.	0
Asociación de Litosoles y Solonchaks gleicos con inclusiones de Arenosoles álbicos.	0
Asociación de Litosoles y Solonchaks litosólicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Kastanosems cálcicos y Phaeosems háplicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Rendsinas arídicas.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litorródicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos y Rendsinas arídicas.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas arídicas.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos. En fase salina.	0

Asociación de Litosoles y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Solonchaks litosólicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Solonchaks órticos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles gípsicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos.	0
Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina.	0
Asociación de Litosoles, Regosoles calcáricos y Regosoles litosólicos.	0
Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	3
Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos.	3
Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas órticas.	3
Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos.	3
Asociación de Regosoles calcáricos y Regosoles eútricos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Regosoles litosólicos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	1
Asociación de Regosoles calcáricos y Regosoles litosólicos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	3

Asociación de Regosoles calcáricos y Regosoles litosólicos.	1
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En fase salina.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Fluvisoles calcáricos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Rendsinas áridicas.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles gípsicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Solonchaks litosólicos .	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos. En fase salina.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos. En fase salina.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles.	2

Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.	2
Asociación de Regosoles calcáricos, Regosoles litosólicos y Regosoles eútricos.	1
Asociación de Regosoles eútricos y Regosoles litosólicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	1
Asociación de Regosoles litosólicos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles.	1
Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	1
Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En fase salina.	1
Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Luvisoles calcáricos.	1
Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	1
Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles. En fase salina.	1
Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas.	1
Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos.	1
Asociación de Rendsinas áridicas y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	1

Asociación de Rendsinas áridicas y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	1
Asociación de Solonchaks gleicos y Solonchaks órticos con inclusiones de Arenosoles álbicos.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Fluvisoles calcáricos.	2
Asociación de Xerosoles cálcicos y Rendsinas áridicas con inclusiones de Regosoles calcáricos.	2
Asociación de Xerosoles cálcicos y Rendsinas áridicas.	2
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En fase salina.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Regosoles calcáricos. En fase salina.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos. En fase salina.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles lúvicos con inclusiones de Litosoles.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles lúvicos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles.	3



Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles. En fase salina.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Rendsinas arídicas.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos.	3
Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina.	3
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Cambisoles petrocálcicos.	2
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	2
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles.	2
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles. En fase salina	2
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos.	2
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Rendsinas órticas.	2
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	2
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Regosoles Litosólicos.	2
Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	2
Cambisoles cálcicos.	2
Cambisoles petrocálcicos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	2
Cambisoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	2

Cambisoles petrocálcicos.	2
Fluvisoles calcáricos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	2
Fluvisoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	2
Fluvisoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	2
Fluvisoles calcáricos.	2
Fluvisoles calcáricos. En fase salina	2
Kastanosems cálcicos.	3
Litsoles con inclusiones de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas.	0
Litsoles con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	0
Litsoles con inclusiones de Cambisoles petrocálcicos.	0
Litsoles con inclusiones de Kastanosems cálcicos y Solonchaks móllicos.	0
Litsoles con inclusiones de Luvisoles cálcicos y Rendsinas órticas.	0
Litsoles con inclusiones de Phaeosems háplicos y Xerosoles cálcicos.	0
Litsoles con inclusiones de Phaeosems háplicos.	0
Litsoles con inclusiones de Phaeosems háplicos. En fase salina.	0
Litsoles con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	0
Litsoles con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos.	0

Litoseles con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálicos.	0
Litoseles con inclusiones de Regosoles calcáricos.	0
Litoseles con inclusiones de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálicos.	0
Litoseles con inclusiones de Rendsinas arídicas y Xerosoles cálicos.	0
Litoseles con inclusiones de Rendsinas arídicas.	0
Litoseles con inclusiones de Rendsinas órticas.	0
Litoseles con inclusiones de Solonchaks litosólicos y Xerosoles gípsicos.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles cálicos y Xerosoles gípsicos.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles cálicos y Xerosoles lúvicos.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles cálicos y Xerosoles petrocálicos.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles cálicos y Xerosoles petrocálicos. En fase salina.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles cálicos.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles cálicos. En fase salina.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles gípsicos y Rendsinas arídicas.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles lúvicos.	0
Litoseles con inclusiones de Xerosoles petrocálicos.	0
Litoseles.	0

Miscelanea.	2
Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Rendsinas áridicas.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos. En fase salina.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En fase salina.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles y Fluvisoles calcáricos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles y Fluvisoles calcáricos. En fase salina.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles y Regosoles litosólicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles gípsicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Regosoles eútricos y Regosoles litosólicos.	3

Regosoles calcáricos con inclusiones de Rendsinas arídicas y Xerosoles cálcicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Rendsinas arídicas.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Solonchaks órticos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos. En fase salina.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	3
Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	3
Regosoles calcáricos.	3
Regosoles calcáricos. En fase salina.	3
Regosoles eútricos con inclusiones de Regosoles litosólicos y Cambisoles eútricos.	1
Regosoles litorródicos con inclusiones de Litosoles.	1
Regosoles litorródicos.	1
Regosoles litosólicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	1
Regosoles litosólicos con inclusiones de Litosoles.	1
Rendsinas arídicas con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	1

Rendsinas áridicas.	1
Rendsinas órticas con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	1
Rendsinas órticas con inclusiones de Cambisoles petrocálcicos.	1
Rendsinas órticas con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	1
Rendsinas órticas con inclusiones de Litosoles y Cambisoles cálcicos.	1
Rendsinas órticas con inclusiones de Litosoles.	1
Rendsinas órticas con inclusiones de Regosoles calcáricos.	1
Rendsinas órticas.	1
Solonchaks gleicos con inclusiones de Solonchaks órticos.	3
Solonchaks gleicos.	3
Solonchaks gleicos. En fase salina	3
Solonchaks órticos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Solonchaks gleicos.	3
Solonchaks órticos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	3
Solonchaks órticos.	3
Vertisoles crómicos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos. En fase salina	3

Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles litorródicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles litosólicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles litosólicos. En fase salina	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Rendsinas arídicas.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En fase salina	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Fluvisoles calcáricos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos. En fase salina.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles litosólicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Rendsinas arídicas.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles lúvicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Rendsinas arídicas.	3

Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos. En fase salina.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas arídicas.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles lúvicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles lúvicos. En fase salina.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	3
Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos. En fase salina.	3
Xerosoles cálcicos.	3
Xerosoles cálcicos. En fase salina	3
Xerosoles gípsicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	3
Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos.	3
Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos. En fase salina	3



Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	3
Xerosoles gípsicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	3
Xerosoles gípsicos con inclusiones de Regosoles calcáricos. En fase salina.	3
Xerosoles gípsicos con inclusiones de Solonchaks órticos.	3
Xerosoles gípsicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Regosoles calcáricos. En fase salina	3
Xerosoles gípsicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	3
Xerosoles gípsicos.	3
Xerosoles gípsicos. En fase salina	3
Xerosoles lúvicos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos. En fase sal	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En fase salina	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles y Rendsinas arídicas.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos. En fase salina	2

Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Rendsinas áridicas.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas y Xerosoles cálcicos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos. En fase salina.	2
Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles lúvicos.	2
Xerosoles petrocálcicos.	2
Xerosoles petrocálcicos. En fase salina.	2

<b>Mapa de suelos de Andalucía, escala 1:400.000</b>	
<b>Descripción</b>	<b>O<sub>s</sub></b>
Litsoles y Regosoles Dístricos.	3
Litsoles; Luvisoles Crómicos y Rensinas (Cambisoles Cálcicos)	0
Litsoles y Xerosoles Luvicos	1
Regosoles Eutricos; Xerosoles Háplicos y Litsoles	1
Cambisoles Vérticos; Regosoles Calcareos; Vertisoles Cromicos e inclusiones de Cambisoles Cálcicos	4
Cambisoles Vérticos; Vertisoles Cromicoas y Cambisoles Cálcicos	4
Luvisoles Cálcicos; Cambisoles Cálcicos; Cambisoles Eútricos; Luvisoles Crómicos; Regosoles Calcáreos e inclusiones de Litsoles	4
Luvisoles Crómicos; Cambisoles Eútricos y Litsoles	4
Luvisoles Crómicos; Regosoles Eútricos; Litsoles e inclusiones de Phaeozems y Cambisoles Eútricos	4
Planosoles Molicos; Vertisoles Pelicos; Phaeozems Calcáreos y Rankers Arenosos	4
Regosoles Calcáreos; Cambisoles Cálcicos con inclusiones de Litsoles	4
Regosoles Calcareos; Cambisoles Calcicos con inclusiones de Luvisoles Cromicos y Fluvisoles Calcareos	4
Vertisoles Cromicos; Cambisoles Vérticos (Cambisoles Calcicos; Regosoles Calcareos y Vertisoles Pelicos)	4
Vertisoles Pelicos; Rensinas y Regosoles Calcareos	4
Vertisoles Pelicos y Vertisoles Cromicos	4

Arenosoles Albicos; Cambisoles Húmicos; Gleysoles Dístricos. A veces inclusiones de Rankers Arenosos	1
Litosoles; Regosoles Eútricos; Luvisoles Crómicos e inclusiones de Cambisoles Eútricos	1
Regosoles Dístricos y Arenosoles Cámbicos/Álbicos	1
Regosoles Eútricos; Litosoles; Cambisoles Eútricos e inclusiones de Rankers	1
Regosoles Eútricos; Litosoles; Cambisoles Eútricos y Rankers	1
Histosoles Eutricos (Sapricos)	1
Regosoles Eutricos; Regosoles Districos e inclusiones de Arenosoles Albicos	1
Cambisoles Calcicos	2
Cambisoles Calcicos; Cambisoles Oleicos y Regosoles Calcareos	2
Cambisoles Calcicos e inclusiones de Regosoles Calcareos	2
Cambisoles Calcicos; Inclusiones de Regosoles Calcáreos; Fluvisoles Calcareos y Luvisoles Cálculos	2
Cambisoles Cálculos; Regosoles Calcáreos e inclusiones De Litosoles; Fluvisoles Calcareos y Cambisoles Verticos	2
Cambisoles Cálculos; Regosoles Calcareos; Litosoles e inclusiones de Rendsinas	2
Cambisoles Dístricos; Phaeozems Haplicos; Rankers; Cambisoles Húmicos; Regosoles Dístricos (Esqueletico Arenoso) y Litosoles	2
Cambisoles Eútricos	2
Cambisoles Eútricos; Rankers; Luvisoles Órticos e inclusiones de Luvisoles Crómicos	2
Cambisoles Eútricos; Regosoles Eútricos; Litosoles e inclusiones de Rankers	2

Cambisoles Eútricos; Regosoles Eútricos; Luvisoles Crómicos e inclusiones de Litosoles	2
Litosoles; Cambisoles Cálcicos y Xerosoles Cálcicos	2
Regosoles Calcáreos	2
Regosoles Calcáreos; Litosoles e inclusiones de Cambisoles Cálcicos	2
Regosoles Calcáreos y Regosoles Eútricos	2
Regosoles Calcáreos; Xerosoles Cálcicos e inclusiones de Litosoles y Fluvisoles Calcáreos	2
Xerosoles Cálcicos; Fluvisoles Calcáreos; Inclusiones de Regosoles Calcáreos	2
Xerosoles Cálcicos; Litosoles; Inclusiones de Fluvisoles Calcáreos	2
Xerosoles Cálcicos; Regosoles Calcáreos	2
Xerosoles Cálcicos; Regosoles Calcáreos; Inclusiones de Fluvisoles Calcáreos	2
Cambisoles Cálcicos; Luvisoles Crómicos; Regosoles Calcáreos	3
Cambisoles Eútricos; Luvisoles Crómicos; Cambisoles Cálcicos e inclusiones de Regosoles Eútricos; Regosoles Calcáreos y Luvisoles Cálcicos	3
Cambisoles Eútricos; Luvisoles Crómicos; Litosoles e inclusiones de Cambisoles Dísticos y Rankers	3
Regosoles Eútricos; Cambisoles Eútricos; Luvisoles Órticos e inclusiones de Litosoles	3
Xerosoles Cálcicos	3
Xerosoles Cálcicos	3
Luvisoles Cálcicos; Cambisoles Cálcicos; Luvisoles Crómicos y Regosoles Calcáreos	5

Luvisoles Cálcicos; Luvisoles Crómicos y Luvisoles Gleicos.	5
Luvisoles Crómicos y Regosoles.	5
Luvisoles Crómicos e inclusiones de Cambisoles Cálcicos y Litosoles	5
Luvisoles Crómicos; Litosoles; Regosoles Eútricos; Nitosoles Dístricos	5
Luvisoles Gleicos; Luvisoles Órticos; Cambisoles Eútricos	5
Luvisoles Órticos; Luvisoles Gleicos	5
Luvisoles Órticos; Luvisoles Oleicos y Cambisoles Eútricos	5
Planosoles Eútricos; Luvisoles Oleicos y Luvisoles Plínticos	5
Solonchaks Takiricos y Gleicos.	5
Fluvisoles Calcáreos (Fluvisoles Eútricos).	2
Fluvisoles Calcáreos; Xerosoles Cálcicos; con inclusiones de Regosoles Calcáreos.	2
Fluvisoles Eútricos; Cambisoles Eútricos.	2
Cambisoles Cálcicos; Luvisoles Cálcicos; Luvisoles Crómicos; Inclusiones de Litosoles y Fluvisoles Calcáreos	4
Cambisoles Eutricos; Luvisoles Cromicos y Luvisoles Órticos	4

### **ANEXO III: Clasificación de la vegetación según su densidad para el parámetro sv. Factor C: Condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero**

<b>Mapa de usos y ocupación del suelo, CORINE Land Cover 2000</b>		
<b>Código CORINE (nivel 5)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Densidad de vegetación</b>
11100	Tejido urbano continuo	Baja
11210	Estructura urbana abierta	Baja
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas	Baja
12110	Zonas industriales	Baja
12120	Grandes superficies de equipamientos y servicios	Baja
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados	Baja
12220	Complejos ferroviarios	Baja
12300	Zonas portuarias	Baja
12400	Aeropuertos	Baja
13100	Zonas de extracción minera	Baja
13200	Escombreras y vertederos	Baja
13300	Zonas en construcción	Baja
14100	Zonas verdes urbanas	Alta
14210	Campos de golf	Alta
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas	Baja
21100	Tierras de labor en secano	Baja
21210	Cultivos herbáceos en regadío	Baja
21220	Otras zonas de irrigación	Alta
21300	Arrozales	Baja
22110	Viñedos en secano	Baja
22120	Viñedos en regadío	Baja
22210	Frutales en secano	Baja
22221	Frutales en regadío. Cítricos	Alta

22222	Frutales en regadío. Frutales tropicales	Alta
22223	Frutales en regadío. Otros frutales en regadío	Alta
22310	Olivares en secano	Alta
22320	Olivares en regadío	Alta
23100	Prados y praderas	Alta
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	Alta
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	Alta
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	Baja
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano	Alta
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano	Baja
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	Baja
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío	Alta
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío	Baja
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	Baja
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	Alta
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	Alta
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	Alta
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	Alta
31110	Bosques de frondosas. Perennifolias	Alta
31120	Bosques de frondosas. Caducifolias y marcescentes	Alta
31130	Bosques de frondosas. Otras frondosas de plantación	Alta
31140	Bosques de frondosas. Mezcla de frondosas	Alta
31150	Bosques de frondosas. Bosques de ribera	Alta
31210	Bosques de coníferas con hojas aciculares	Alta
31220	Bosques de coníferas con hojas de tipo cupresáceo	Alta
31300	Bosque mixto	Alta
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos	Alta
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos	Alta
32121	Otros pastizales templado oceánicos	Alta



32122	Otros pastizales mediterráneos	Alta
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesofila	Alta
32311	Matorrales esclerófilos mediterráneos. Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	Alta
32312	Matorrales esclerófilos mediterráneos. Matorrales subarbusivos o arbustivos muy poco densos	Baja
32410	Matorral boscoso de frondosas	Alta
32420	Matorral boscoso de coníferas	Alta
32430	Matorral boscoso de bosque mixto	Alta
33110	Playas y dunas	Baja
33120	Ramblas con poca o sin vegetación	Baja
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente (acantilados, etc.)	Baja
33220	Afloramientos rocosos y canchales	Baja
33300	Espacios con vegetación escasa	Baja
33310	Xeroestepa subdesértica	Alta
33320	Carcavas y/o zonas en proceso de erosión	Baja
33330	Espacios orofilos altitudinales con vegetación escasa	Baja
33400	Zonas quemadas	Baja
33500	Glaciares y nieves permanentes	Baja
41100	Humedales y zonas pantanosas	Nulo
41200	Turberas y prados turbosos	Alta
42100	Marismas	Alta
42300	Zonas llanas intermareales	Baja
51110	Ríos y cauces naturales	Baja
51120	Canales artificiales	Baja
51210	Lagos y lagunas	Nulo
51220	Embalses	Nulo
52100	Aguas marinas. Lagunas costeras	Nulo
52200	Aguas marinas. Estuarios	Nulo
52300	Aguas marinas. Mares y océanos	Nulo

