

# 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 detríticas y  
mixtas

## Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

### 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 DETRÍTICAS Y MIXTAS**

**DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL MIÑO-SIL**

## **EQUIPO DE TRABAJO**

Los trabajos 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 detríticas y mixtas", 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**

- Francisco Carrasco Cantos
- Darío Gutiérrez Lara
- Cristian Sicilia Vertedor
- Jesús M<sup>a</sup> Vías Martínez

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1	Objeto del estudio .....	- 1 -
1.2	Aspectos conceptuales.....	- 1 -
2	MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DETRÍTICAS Y MIXTAS.....	- 6 -
2.1	Masas de agua subterránea estudiadas.....	- 6 -
2.2	Modificación de los límites.....	- 24 -
3	RECOPIACIÓN, DIGITALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	- 28 -
3.1	Litología de la zona no saturada.....	- 28 -
3.2	Suelo vegetal.....	- 28 -
3.3	Espesor de la zona no saturada.....	- 28 -
3.4	Recarga neta.....	- 31 -
4	ELABORACIÓN DE CAPAS TEMÁTICAS.....	- 33 -
4.1	Asignación de rangos y valores.....	- 33 -
4.1.1.	Litología de la zona no saturada.....	- 33 -
4.1.2.	Suelo vegetal.....	- 35 -
4.1.3.	Espesor de la zona no saturada.....	- 36 -
4.1.4.	Recarga neta.....	- 37 -
4.2	Elaboración de mapas temáticos.....	- 37 -
5	ZONIFICACIÓN. CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD.....	- 40 -
6	RESULTADOS OBTENIDOS. CONCLUSIONES.....	- 41 -
6.1	Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	- 41 -
6.1.1.	Litología de la zona no saturada.....	- 41 -
6.1.2.	Suelo vegetal.....	- 42 -
6.1.3.	Espesor de la zona no saturada.....	- 42 -
6.1.4.	Recarga neta.....	- 43 -
6.1.5.	Vulnerabilidad natural.....	- 43 -
7	REFERENCIAS.....	- 50 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de las Demarcaciones Hidrográficas Intercomunitarias.....	- 14 -
<b>Figura 2.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	- 15 -
<b>Figura 3.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico.....	- 16 -
<b>Figura 4.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Duero.....	- 17 -
<b>Figura 5.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.....	-18-
<b>Figura 6.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana.....	- 19 -
<b>Figura 7.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.....	- 20 -
<b>Figura 8.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Segura.....	- 21 -
<b>Figura 9.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.....	- 22 -
<b>Figura 10.</b> Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.....	- 23 -
<b>Figura 11.</b> Detalle de la superposición de la masa 050.073 a las masas 050.044, 050.047, 050.049 y 050.050.....	- 26 -
<b>Figura 12.</b> Ejemplo de discordancias entre los límites de las masas y el límite de la cuenca.....	- 27 -
<b>Figura 13</b> Ejemplo de representación y eliminación de datos de piezometría.....	- 29 -
<b>Figura 14.</b> Ejemplo de representación y eliminación de datos de piezometría.....	- 30 -
<b>Figura 15.</b> Ejemplo de “Recarga Calculada”.....	- 32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Intervalos del índice DRASTIC.....	3 -
<b>Tabla 2.</b> Denominación y código de las Demarcaciones Hidrográficas.....	6 -
<b>Tabla 3.</b> Origen de los ámbitos de las masas de agua subterránea.....	6 -
<b>Tabla 4.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	7 -
<b>Tabla 5.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico.....	7 -
<b>Tabla 6.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Duero.....	8 -
<b>Tabla 7.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.....	9 -
<b>Tabla 8.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana.....	10 -
<b>Tabla 9.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.....	10 -
<b>Tabla 10.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Segura.....	11 -
<b>Tabla 11.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.....	11 -
<b>Tabla 12.</b> Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.....	12 -
<b>Tabla 13.</b> Mapas utilizados para el factor Suelo.....	28 -
<b>Tabla 14.</b> Porcentaje de infiltración en función al valor de Litología DRASTIC .....	32 -
<b>Tabla 15.</b> Valores de vulnerabilidad correspondientes al factor Litología de la zona no saturada.....	34 -
<b>Tabla 16.</b> Valor de vulnerabilidad correspondiente al factor Suelo vegetal.....	35 -
<b>Tabla 17.</b> Rangos y valores del factor Espesor.....	36 -
<b>Tabla 18.</b> Rangos y valores del factor Recarga neta.....	37 -
<b>Tabla 19.</b> Pesos asignados al cálculo del índice de vulnerabilidad.....	40 -
<b>Tabla 20.</b> Rangos y valores del índice de vulnerabilidad natural.....	40 -

## ÍNDICE DE MAPAS

**Mapa 1.** Valores del factor Litología de la zona no saturada para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....- 45 -

**Mapa 2.** Valores del factor Suelo vegetal para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....- 46 -

**Mapa 3.** Valores del factor Espesor de la zona no saturada para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....- 47 -

**Mapa 4.** Valores del factor Recarga neta para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....- 48 -

**Mapa 5.** . Mapa de Vulnerabilidad DRASTIC Reducido de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....- 49 -

**Contraportada.** Mapa de Vulnerabilidad DRASTIC Reducido de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de las Cuencas Intercomunitarias de España

ANEXO I: Valoración del Mapa Litoestratigráfico de España 1:200.000.....- 52 -

ANEXO II: Valoración de la vulnerabilidad a la contaminación de las unidades edafológicas del Mapa de Suelos de Andalucía a escala 1:400.000.....- 60 -

ANEXO III: Valoración de la vulnerabilidad a la contaminación de las unidades edafológicas del Mapa de Suelos de España a escala 1:1.000.000.....- 69 -

ANEXO IV: Valoración de la vulnerabilidad a la contaminación de las unidades edafológicas del Mapa de Suelos de Murcia a escala 1:100.000.....- 84 -

ANEXO V: Código de colores para los factores DRASTIC y para el índice de vulnerabilidad (ArcGis 9.2).....- 98 -

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objeto del estudio

En este informe se lleva a cabo la evaluación de la vulnerabilidad de las masas de agua detríticas y mixtas intercomunitarias. Corresponde al convenio número 807/44.3041-2 realizado entre el Instituto Geológico y Minero de España y la Universidad de Málaga en enero de 2008.

Pertenece a la actividad 9 "Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua" de la Encomienda de gestión MMA-IGME para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.

## 1.2 Aspectos conceptuales

La vulnerabilidad a la contaminación es la susceptibilidad de un acuífero a que se contamine el agua subterránea debido al impacto de las actividades humanas (Foster, 1987). Desde la década de los años setenta del pasado siglo se han desarrollado metodologías para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación (Vrba y Zaporozec, 1994; Gogu y Dassargues, 2000), en un primer intento por diseñar estrategias para la protección de los recursos hídricos subterráneos.

Se puede distinguir entre vulnerabilidad intrínseca y específica. La vulnerabilidad intrínseca es la susceptibilidad del agua subterránea a la contaminación generada por la actividad humana en función de las características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas de un área pero independientemente de la naturaleza del contaminante. La vulnerabilidad específica es la susceptibilidad del agua subterránea a un contaminante o grupo de contaminantes concreto en función de las propiedades de éstos y sus relaciones con los componentes de la vulnerabilidad intrínseca.

En la actualidad, hay una gran variedad de métodos para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación muchos de ellos consisten en modelos de superposición cartográfica basados en la combinación de mapas de diversos atributos de un área concreta. Estos métodos emplean variables o parámetros con un rango definido y dividido en intervalos jerárquicos. A cada intervalo se le asigna un valor o puntuación, que refleja un grado relativo de susceptibilidad a la contaminación.

El método DRASTIC (Aller *et al.*, 1987), ha sido ampliamente utilizado para la confección de mapas de vulnerabilidad como ayuda para el establecimiento de medidas de protección de la calidad de las aguas subterráneas aunque su aplicación presenta la dificultad derivada de la frecuentemente escasa información disponible de la zona no saturada. El método parte de cinco premisas:



- el contaminante se introduce desde la superficie
- el contaminante se introduce por infiltración del agua de lluvia
- el contaminante se diluye en el agua y adquiere su misma movilidad, viscosidad y densidad
- el área evaluada ocupa una extensión mínima de unas 40 ha (0,4 km<sup>2</sup>)
- los acuíferos son considerados libres o confinados; el método no está pensado para situaciones intermedias y, en el caso de acuíferos semiconfinados, el usuario ha de elegir entre una u otra posibilidad.

El método DRASTIC utiliza siete parámetros y su nombre es un acrónimo que responde a las iniciales, en inglés, de las variables utilizadas:

- profundidad del agua subterránea (*Depth groundwater*); en acuíferos confinados no se tiene en cuenta el nivel piezométrico para el cálculo de la profundidad sino la cota del muro de la capa confinante del acuífero
- recarga del acuífero (*net Recharge*)
- material de la zona saturada (*media Aquifer*)
- tipo de suelo (*Soil media*)
- pendiente (*Topography*)
- material de la zona no saturada (*Impact of the vadose zone media*)
- conductividad hidráulica del acuífero (*hydraulic Conductivity of the aquifer*)

Cada parámetro está dividido en rangos a los cuales se les asigna una puntuación (en una escala del 1 al 10) determinada por su capacidad de atenuar la contaminación.

La capacidad de atenuación derivada de la profundidad del nivel piezométrico (D) y las variables relacionadas con la litología, como la zona saturada (A), zona no saturada (I) y conductividad hidráulica (C) y parámetros relacionados con el suelo (S) es función del tiempo de paso del contaminante desde la superficie hasta el agua subterránea. Así, a mayor tiempo de paso del contaminante, mayor capacidad de atenuación y menor vulnerabilidad a la contaminación.

En el caso de la recarga (R) el factor determinante es la capacidad del agua de transportar contaminantes. A mayor precipitación, mayor probabilidad de arrastrar e introducir el contaminante en el acuífero. La pendiente (T) influye por su capacidad para generar escorrentía superficial. Así, a mayor pendiente, mayor probabilidad de escorrentía y menor probabilidad de contaminación.

Las variables están ponderadas en función de su peso en relación con la protección de las aguas subterráneas. El índice de vulnerabilidad final se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DRASTIC} = \sum W_i \cdot R_i$$

donde R = factor de puntuación y W = factor de ponderación

El resultado es un índice numérico que varía entre los valores 23 y 226, pero no determina las clases de vulnerabilidad del acuífero sino que realiza una agrupación del índice en 8 intervalos regulares (salvo los extremos) que sirven de referencia a la hora de comparar los resultados con otras zonas de estudio, pero no con otros métodos.

Intervalos del índice DRASTIC
≥ 200
180 - 200
160 - 180
140 - 160
120 - 140
100 - 120
80 - 100
< 80

**Tabla 1.** Intervalos del índice DRASTIC

Foster y Skinner (1995) opinan que el método DRASTIC genera un índice de vulnerabilidad de significado poco claro como consecuencia de la interacción de demasiados parámetros con ponderaciones dudosas. Por otra parte, en el estudio MOPTMA-CE (1994) se indica que la consideración de siete factores para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos supone que únicamente un conocimiento muy profundo de la zona de estudio evitará la redundancia derivada de la utilización de la información para la elaboración de las diferentes coberturas.

Se puede considerar que la vulnerabilidad depende de un conjunto de factores intrínsecos que caracterizan a la zona no saturada del acuífero debido a que ésta constituye una defensa natural frente a la contaminación en acuíferos libres. Entre estos factores destacan la litología, el espesor y los aspectos edafológicos de la porción de terreno situada por encima de la superficie piezométrica. Existen también otros factores exógenos de origen climatológico - pluvimetría, temperatura-, que determinan en buena medida la infiltración, la recarga y el tiempo de tránsito del contaminante en la zona no saturada. La combinación de ambos tipos de factores –intrínsecos y climatológicos- constituye lo que puede denominarse vulnerabilidad natural del acuífero a la contaminación que es la determinada en este trabajo.

En un estudio elaborado con el propósito de mejorar el conocimiento en materia de caracterización de acuíferos y evaluación de vulnerabilidad (DGOHCA e IGME, 2002) se propone emplear solamente 4 variables:

- suelo vegetal (S)
- litología de la zona no saturada (L)
- espesor de la zona no saturada (E)
- recarga neta (R)

El factor Suelo vegetal (S) define la porción superior de la zona no saturada, caracterizada por una significativa actividad biológica. A efectos

prácticos, pueden considerarse espesores de hasta dos metros. Los aspectos de mayor influencia son: contenido y tipo de arcilla, granulometría y cantidad de materia orgánica.

El factor Litología de la zona no saturada (L) pretende reflejar, por una parte, las condiciones de flujo que influyen en el tiempo disponible para que los procesos atenuantes actúen -adsorción, reactividad y dispersión- y, por otra, las características del terreno en el cual se producen las modificaciones más importantes del contaminante.

El factor Espesor de la zona no saturada (E) corresponde a la porción de terreno que tendrá que atravesar el contaminante antes de alcanzar la superficie piezométrica en los acuíferos no confinados. En caso de acuíferos multicapa se ha considerado el nivel permeable más superficial, salvo que se traten de pequeños acuíferos colgados. Asimismo, si existe alguna duda sobre la continuidad y/o naturaleza de los niveles confinantes, se considera el acuífero como libre.

El factor Recarga neta (R) hace referencia a la cantidad de agua que podría transportar a los contaminantes hasta el acuífero. Depende de las características climáticas sobre la masa de agua, precipitación y evapotranspiración y de los materiales que constituyen el acuífero, particularmente su permeabilidad que determina la infiltración de la lluvia útil.

La reducción de los siete parámetros originales en DRASTIC a cuatro (método DRASTIC Reducido) permite evitar la redundancia derivada de la utilización de información común para la elaboración de los distintos mapas temáticos, por ejemplo, entre el factor naturaleza del acuífero y litología de la zona no saturada. Esta reducción y simplificación del número de factores considerados resulta aconsejable, no sólo para evitar la redundancia sino también para proporcionar mayor sencillez al método, cuando se trata de estudiar cuencas de gran tamaño, a escala global, donde una parte importante de la información no está generalmente disponible o no es fácilmente estimable. Por otro lado, la utilización de un SIG en la creación de los mapas de vulnerabilidad permite crear mapas agregados según la combinación de capas temáticas representativas de los factores elegidos, así como actualizar o modificar los datos de dichos factores.

El presente estudio se refiere a la vulnerabilidad natural, determinada mediante un índice ponderado obtenido con una ecuación en la que se asignan diferentes pesos a los factores elegidos en el cálculo. Como resultado de la aplicación del método, se construyen capas temáticas para cada factor y para el valor agregado de vulnerabilidad. El tratamiento de la información georreferenciada y la elaboración de los mapas temáticos se realizan en un entorno SIG (Sistema de Información Geográfica).

En el método existen parámetros que están condicionados por elementos externos al acuífero, como la recarga y el espesor de la zona no saturada que dependen de la precipitación, incluso el segundo de ellos depende de la

explotación del acuífero. En un ámbito como el Mediterráneo donde las variaciones climáticas, a escala anual e interanual, son muy acusadas, las características de los acuíferos ligadas a las condiciones climáticas, varían igualmente y, por tanto, su vulnerabilidad. Se considera que la vulnerabilidad de las masas de agua subterránea debe estar referida al periodo de condiciones más desfavorables, es decir, de mayor vulnerabilidad. De esta manera, las medidas de protección a adoptar por parte de los gestores del territorio serán más adecuadas porque estarían destinadas a la protección del agua en las condiciones más desfavorables.

Otra simplificación adoptada es la consideración, únicamente, de los acuíferos superiores a los que se les puede atribuir un régimen hidráulico libre. Se asume que los acuíferos confinados son mucho menos vulnerables a la contaminación que los acuíferos libres puesto que el frente contaminante procede de la superficie y se incorpora por infiltración desplazándose en la zona no saturada con el agua de recarga.

La determinación del valor de vulnerabilidad en los distintos ámbitos hidrogeológicos, mediante la aplicación de un índice ponderado, precisa de la asignación de rangos, valores e índices de ponderación.

*Rangos.* A cada factor se le ha asignado una serie de intervalos numéricos o rangos –p.ej. tramos de profundidades del nivel piezométrico- o tipos significativos –p.ej. litologías diferentes-.

*Valores.* Para cada rango se fija un valor, o banda de valores, representativo del ambiente hidrogeológico. El valor está comprendido entre 1 y 10, siendo este último el que indica mayor vulnerabilidad.

*Índice de ponderación o peso.* Cada factor se ha evaluado con respecto a la importancia relativa que tiene frente a los otros factores, asignándose finalmente un peso o índice de ponderación comprendido entre 1 y 5, para el cálculo del valor agregado de vulnerabilidad, según la fórmula que se indica más adelante.

## 2 MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DETRÍTICAS Y MIXTAS

### 2.1 Masas de agua subterránea estudiadas

Se han estudiado las masas de agua subterránea de las siguientes Demarcaciones Hidrográficas Intercomunitarias de España (figura 1):

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

**Tabla 2.** Denominación y código de las Demarcaciones Hidrográficas

A partir de la información de las diferentes capas de las masas de agua subterránea de las diferentes Demarcaciones Hidrográficas denominadas según la tabla adjunta, se diferenciaron, en base a su litología, las masas de agua subterránea carbonáticas, las masas detríticas y las masas mixtas. Se hizo una extracción de las masas detríticas y mixtas, que han sido objeto de este estudio, generándose las capas "EG09\_XXX\_MAS\_A.shp", siendo XXX el código de cada una de las Demarcaciones (aspecto que se repite más adelante para cada capa obtenida de los distintos factores).

Demarcación	Capa origen para obtener las masas de agua subterránea detríticas y mixtas
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 3.** Origen de los ámbitos de las masas de agua subterránea

Las masas de agua subterránea detríticas y mixtas estudiadas en este informe son las siguientes:

#### 2.1.1. Demarcación Miño-Sil (figura 2):

CÓDIGO	NOMBRE DE LA MASA
010.001	CUENCA ALTA DEL MIÑO
010.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO
010.003	CUENCA DEL SIL
010.004	CUBETA DEL BIERZO
010.005	ALUVIAL DEL BAJO MIÑO
010.006	XINZO DE LIMIA

**Tabla 4.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

#### 2.1.2. Demarcación del Cantábrico (figura 3):

CÓDIGO	NOMBRE DE LA MASA
012.001	EO-NAVIA-NARCEA
012.004	LLANTONES-PINZALES-NOREÑA
012.005	VILLAVICIOSA
012.006	OVIEDO-CANGAS DE ONÍS
012.012	CUENCA CARBONIFERA ASTURIANA
012.015	CABUÉRNIGA
012.017	PUERTO DEL ESCUDO
012.018	ALTO DEVA-ALTO CARES
012.020	CABECERA DEL NAVIA
013.001	ETXANO
013.002	OIZ
013.004	ARAMOTZ
013.005	ITXINA
013.006	MENA-ORDUÑA
013.008	ANDOAIN
013.010	MACIZOS PALEOZÓICOS CINCO VILLAS-QUINTO REAL OCCIDENTALES
013.011	ARAMA
013.013	BEASAIN
013.016	MACIZOS PALEOZÓICOS CINCO VILLAS-QUINTO REAL ORIENTALES

**Tabla 5.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico

### 2.1.3. Demarcación del Duero (figura 4):

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE LA MASA</b>
020.001	GUARDO
020.002	LA POLA DE GORDÓN
020.003	CERVERA DE PISUERGA
020.005	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL TUERTO-ESLA
020.006	VALDAVIA
020.007	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA
020.008	ALUVIAL DEL ESLA
020.009	TIERRA DE CAMPOS
020.010	CARRIÓN
020.011	ALUVIAL DEL ÓRBIGO
020.012	LA MARAGATERÍA
020.014	VILLADIEGO
020.015	RAÑA DEL ÓRBIGO
020.016	CASTROJERIZ
020.017	BURGOS
020.019	RAÑA DE LA BAÑEZA
020.020	ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZÓN
020.021	SIERRA DE LA DEMANDA
020.022	SANABRIA
020.023	VILARDEVÓS-LAZA
020.024	VALLE DEL TERA
020.025	PÁRAMO DE ASTUDILLO
020.027	SIERRA DE CAMEROS
020.028	VERÍN
020.029	PÁRAMO DE ESGUEVA
020.030	ARANDA DE DUERO
020.031	VILLAFÁFILA
020.032	PÁRAMO DE TOROZOS
020.033	ALISTE
020.034	ARAVIANA
020.037	CUENCA DE ALMAZÁN
020.038	TORDESILLAS
020.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS
020.040	SAYAGO
020.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA
020.042	RIAZA
020.043	PÁRAMO DE CUÉLLAR
020.044	PÁRAMO DE CORCOS
020.045	LOS ARENALES
020.047	MEDINA DEL CAMPO
020.048	TIERRA DEL VINO
020.049	AYLLÓN
020.051	PÁRAMO DE ESCALOTE
020.052	SALAMANCA
020.053	VITIGUDINO
020.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA
020.055	CANTIMPALOS

020.058	CAMPO CHARRO
020.059	LA FUENTE DE SAN ESTEBAN
020.060	GREDOS
020.061	SIERRA DE ÁVILA
020.063	CIUDAD RODRIGO
020.064	VALLE DE AMBLÉS
020.065	LAS BATUECAS
020.066	VALDECORNEJA

**Tabla 6.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Duero

La capa “masasduero\_b.shp”, contenía únicamente información relativa a una masa de agua subterránea confinada. Se trataba de la masa 020.067 (Terciario detrítico confinado de los Páramos) la cual no entró en el estudio de la vulnerabilidad debido a su carácter de confinada.

#### 2.1.4. Demarcación del Tajo (figura 5):

<b>CODIGO</b>	<b>NOMBRE DE LA MASA</b>
030.006	GUADALAJARA
030.007	ALUVIALES JARAMA-TAJUÑA
030.008	LA ALCARRIA
030.010	MADRID: MANZANARES-JARAMA
030.011	MADRID: GUADARRAMA-MANZANARES
030.012	MADRID: ALDEA DEL FRESNO-GUADARRAMA
030.013	ALUVIAL DEL TAJO: ZORITA DE LOS CANES-ARANJUEZ
030.015	TALAVERA
030.016	ALUVIAL DEL TAJO: TOLEDO-MONTEARAGÓN
030.017	ALUVIAL DEL TAJO: ARANJUEZ-TOLEDO
030.018	OCAÑA
030.019	MORALEJA
030.020	ZARZA DE GRANADILLA
030.021	GALISTEO
030.022	TIÉTAR
030.023	TALAVÁN
030.024	ALUVIAL DEL JARAMA: GUADALAJARA-MADRID

**Tabla 7.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo



### 2.1.5. Demarcación del Guadiana (figura 6):

CÓDIGO	NOMBRE DE LA MASA
040.002	LA OBISPALÍA
040.004	CONSUEGRA - VILLACAÑAS
040.005	RUS-VALDELOBOS
040.008	BULLAQUE
040.009	CAMPO DE CALATRAVA
040.011	ALUVIAL DEL JABALÓN
040.012	ALUVIAL DEL AZUER
040.013	LOS PEDROCHES
040.014	CABECERA DEL GÉVORA
040.015	VEGAS BAJAS
040.016	VEGAS ALTAS
040.017	TIERRA DE BARROS
040.020	AYAMONTE

**Tabla 8.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana

### 2.1.6. Demarcación del Guadalquivir (figura 7):

CÓDIGO	NOMBRE DE LA MASA
050.509	BAZA-CANILES
050.512	GUADIX-MARQUESADO
050.513	EL MENCAL
050.523	ÚBEDA
050.524	BAILÉN-GUARROMÁN-LINARES
050.525	RUMBLAR
050.526	ALUVIAL DEL GUADALQUIVIR-CURSO ALTO
050.527	PORCUNA
050.532	DEPRESIÓN DE GRANADA
050.538	EL PEDROSO-ARCAS
050.541	GUADAHORTUNA-LARVA
050.543	SIERRA Y MIOCENO DE ESTEPA
050.544	ALTIPLANOS DE ÉCIJA
050.546	ALUVIAL DEL GUADALQUIVIR-CURSO MEDIO
050.547	SEVILLA-CARMONA
050.548	ARAHAL-CORONIL-MORÓN-PUEBLA DE CAZALLA
050.549	GERENA-POSADAS
050.550	ALJARAFE
050.551	ALMONTE-MARISMAS DEL GUADALQUIVIR
050.552	LEBRIJA
050.568	PUENTE GENIL-LA RAMBLA-MONTILLA
050.569	OSUNA-LA LENTEJUELA
050.573	ALUVIAL DEL GUADALQUIVIR-SEVILLA

**Tabla 9.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

### 2.1.7. Demarcación del Segura (figura 8):

CÓDIGO	NOMBRE DE LA MASA
070.026	EL CANTAL-VIÑA PI
070.035	CUATERNARIO DE FORTUNA
070.036	VEGA MEDIA Y BAJA DEL SEGURA
070.038	ALTO QUÍPAR
070.041	VEGA ALTA DEL SEGURA
070.042	TERCIARIO DE TORREVIEJA
070.045	DETRÍTICO DE CHIRIVEL-MALÁGUIDE
070.046	PUENTES
070.049	ALEDO
070.050	BAJO GUADALENTÍN
070.052	CAMPO DE CARTAGENA
070.053	CABO ROIG
070.054	TRIÁSICO DE LOS VICTORIA
070.057	ALTO GUADALENTÍN
070.060	LAS NORIAS
070.061	AGUILAS

**Tabla 10.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Segura

Las masas 070.011 (Cuchillos-Cabras), 070.022 (Sinclinal de Calasparra) y 070.025 (Ascoy-Sopalmo), que inicialmente se analizaron como detríticas, posteriormente fueron consideradas como carbonáticas debido a las instrucciones recibidas desde la Dirección del estudio.

### 2.1.8. Demarcación del Júcar (figura 9):

CODIGO	NOMBRE DE LA MASA
080.101	HOYA DE ALFAMBRA
080.103	JAVALAMBRE ORIENTAL
080.106	PLANA DE CENIA
080.107	PLANA DE VINAROS
080.110	PLANA DE OROPESA - TORREBLANCA
080.111	LUCENA - ALCORA
080.112	HOYA DE TERUEL
080.127	PLANA DE CASTELLÓN
080.128	PLANA DE SAGUNTO
080.131	LIRIA-CASINOS
080.133	REQUENA - UTIEL
080.140	BUÑOL - CHESTE
080.141	PLANA DE VALENCIA NORTE
080.142	PLANA DE VALENCIA SUR
080.146	ALMANSA

080.148	HOYA DE JÁTIVA
080.151	PLANA DE JARACO
080.152	PLANA DE GANDÍA
080.155	VALLE DE ALBAIDA
080.157	SIERRA DE LA OLIVA
080.163	OLIVA - PEGO
080.164	ONDARA - DENIA
080.169	MURO DE ALCOY
080.174	PEÑARRUBIA
080.175	HOYA DE CASTALLA
080.179	DEPRESIÓN DE BENISA
080.180	JÁVEA
080.184	SAN JUAN-BENIDORM
080.190	BAJO VINALOPÓ

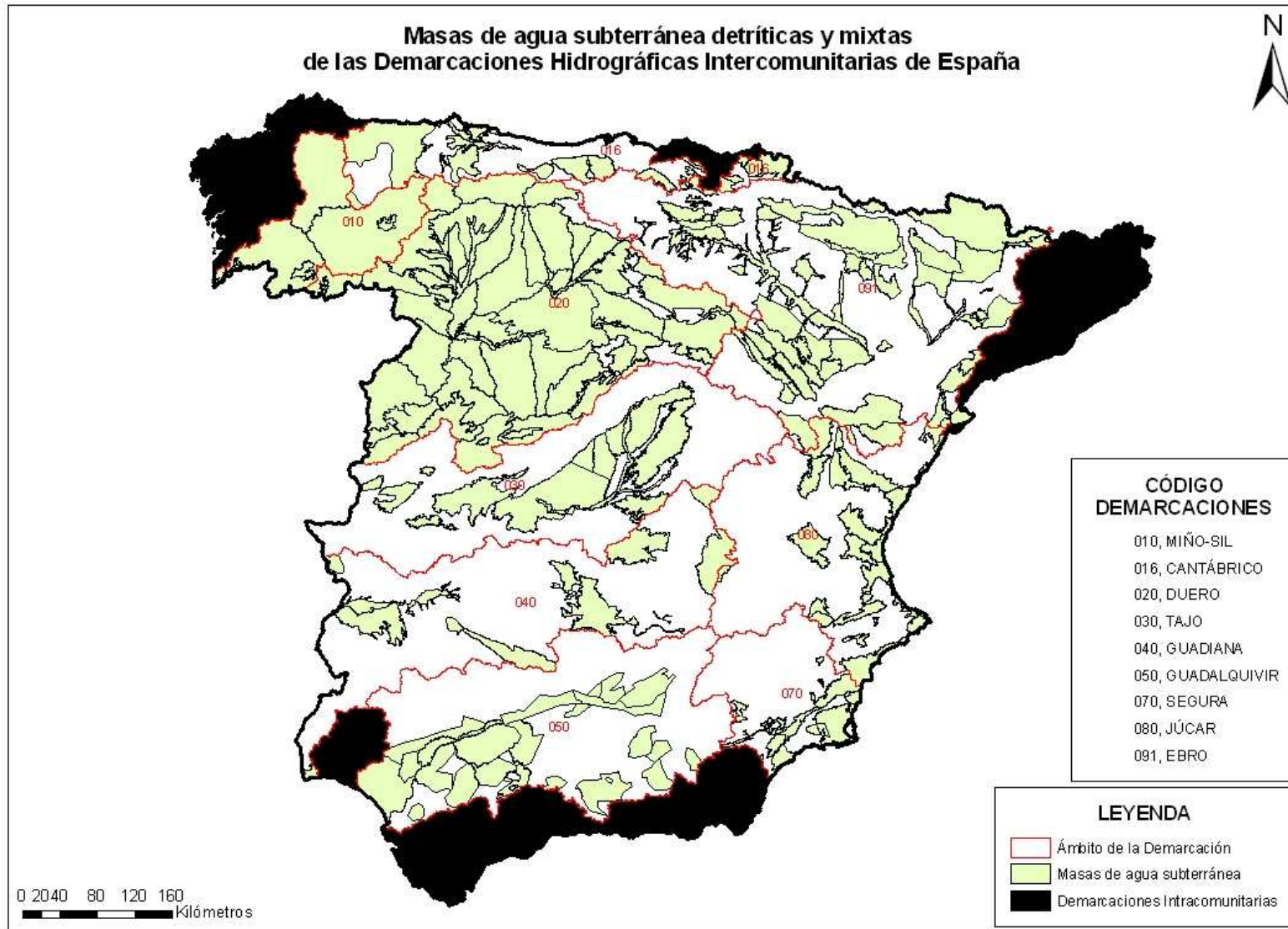
**Tabla 11.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar

#### 2.1.9. Demarcación del Ebro (figura 10):

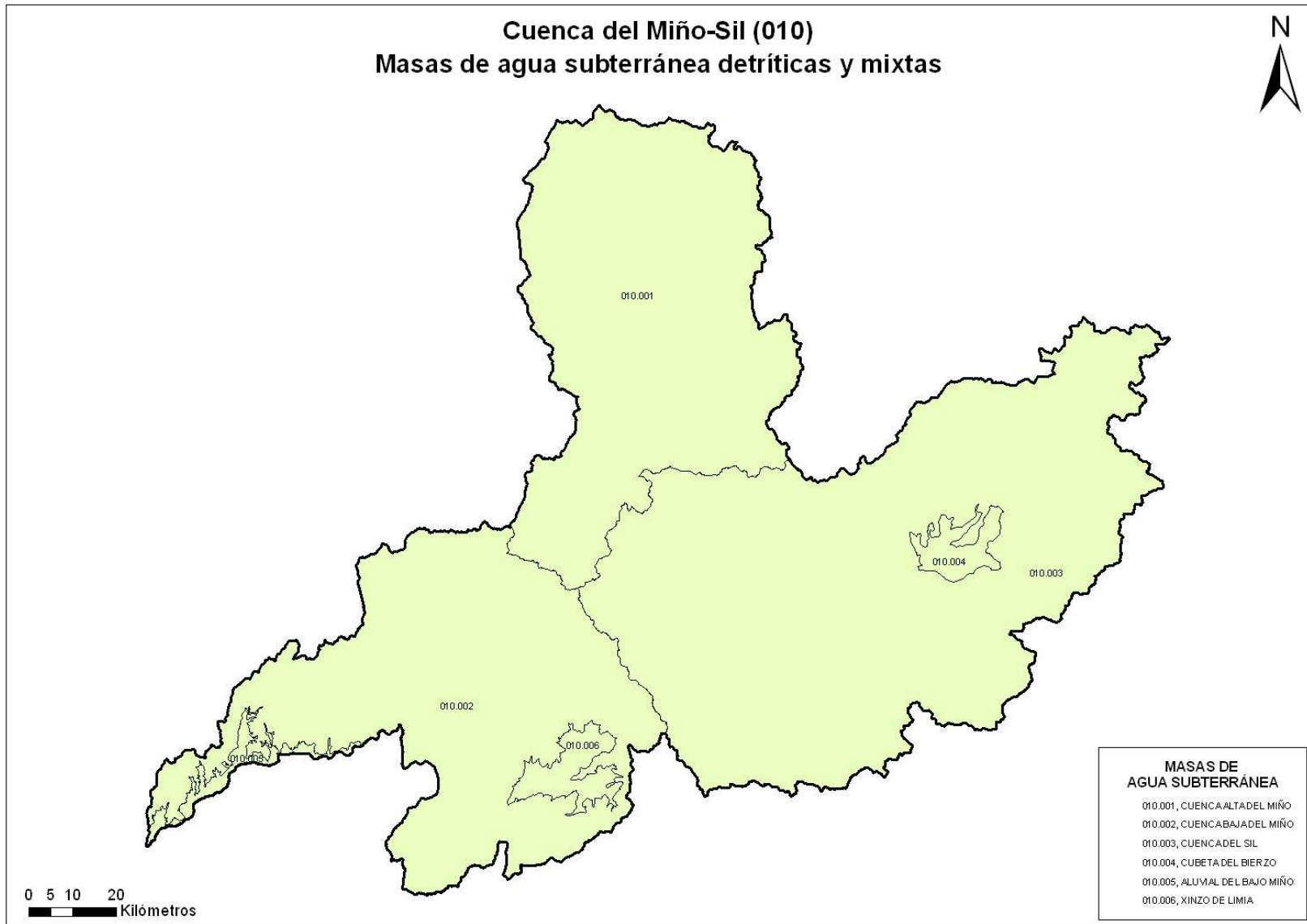
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE LA MASA</b>
091.008	SINCLINAL DE TREVIÑO
091.009	ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO
091.012	ALUVIAL DE VITORIA
091.015	ALTUBE-URKILLA
091.021	IZKI-ZUDAIRE
091.022	SIERRA DE CANTABRIA
091.023	SIERRA DE LÓQUIZ
091.028	ALTO GÁLLEGO
091.029	SIERRA DE ALAIZ
091.030	SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA
091.033	SANTO DOMINGO-GUARA
091.034	MACIZO AXIAL PIRENAICO
091.035	ALTO URGELL
091.036	LA Cerdanya
091.038	TREMP-ISONA
091.040	SINCLINAL DE GRAUSS
091.041	LITERA ALTA
091.043	ALUVIAL DEL OCA
091.044	ALUVIAL DEL TIRÓN
091.045	ALUVIAL DEL OJA
091.046	LAGUARDIA
091.047	ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO
091.048	ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDAVIA
091.049	ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA
091.050	ALUVIAL DEL ARGA MEDIO

091.051	ALUVIAL DEL CIDACOS
091.052	ALUVIAL DEL EBRO: TUDELA-ALAGÓN
091.053	ARBAS
091.054	SASO DE BOLEA-AYERBE
091.055	HOYA DE HUESCA
091.056	SASOS DE ALCANADRE
091.057	ALUVIAL DEL GÁLLEGO
091.058	ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA
091.059	LAGUNAS DE LOS MONEGROS
091.060	ALUVIAL DEL CINCA
091.061	ALUVIAL DEL BAJO SEGRE
091.062	ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE
091.063	ALUVIAL DE URGELL
091.064	CALIZAS DEL TARREGA
091.067	DETRÍTICO DE ARNEDO
091.072	SOMONTANO DEL MONCAYO
091.074	SIERRAS PALEOZOICAS DE LA VIRGEN Y VICORT
091.075	CAMPO DE CARIÑENA
091.076	PLIOCUATERNARIO DE ALFAMÉN
091.078	MANUBLES-RIBOTA
091.079	CAMPO DE BELCHITE
091.080	CUBETA DE AZUARA
091.081	ALUVIAL JALÉN-JILOCA
091.082	HUERVA-PEREJILES
091.083	SIERRA PALEOZOICA DE ATECA
091.085	SIERRA DE MIÑANA
091.087	GALLOCANTA
091.089	CELLA-OJOS DE MONREAL
091.092	ALIAGA-CALANDA
091.093	ALTO GUADALOPE
091.095	ALTO MAESTRAZGO
091.097	FOSA DE MORA
091.098	PRIORATO
091.101	ALUVIAL DE TORTOSA
091.102	PLANA DE LA GALERA
091.104	SIERRA DE MONTSIÁ
091.105	DELTA DEL EBRO

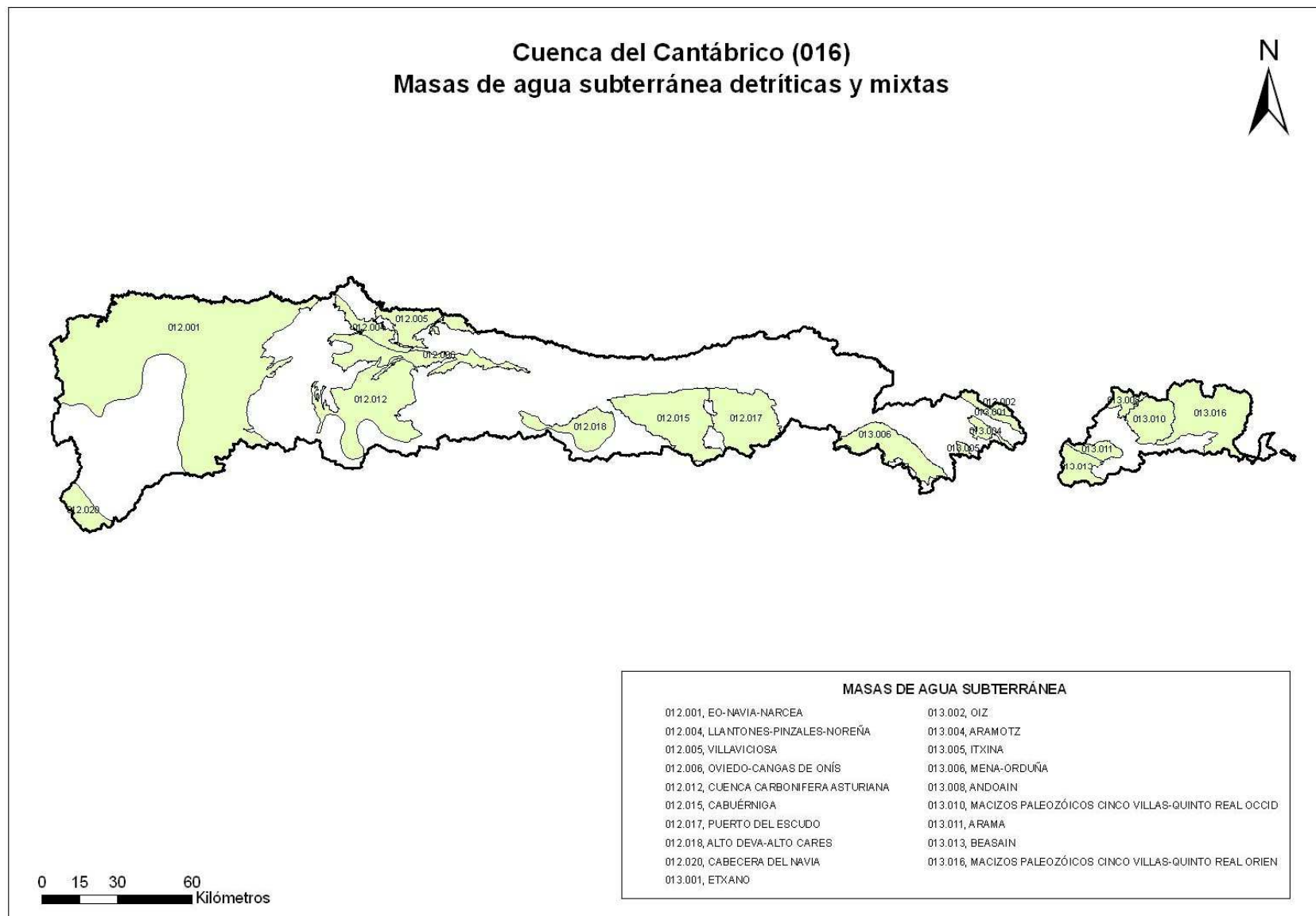
**Tabla 12.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Ebro



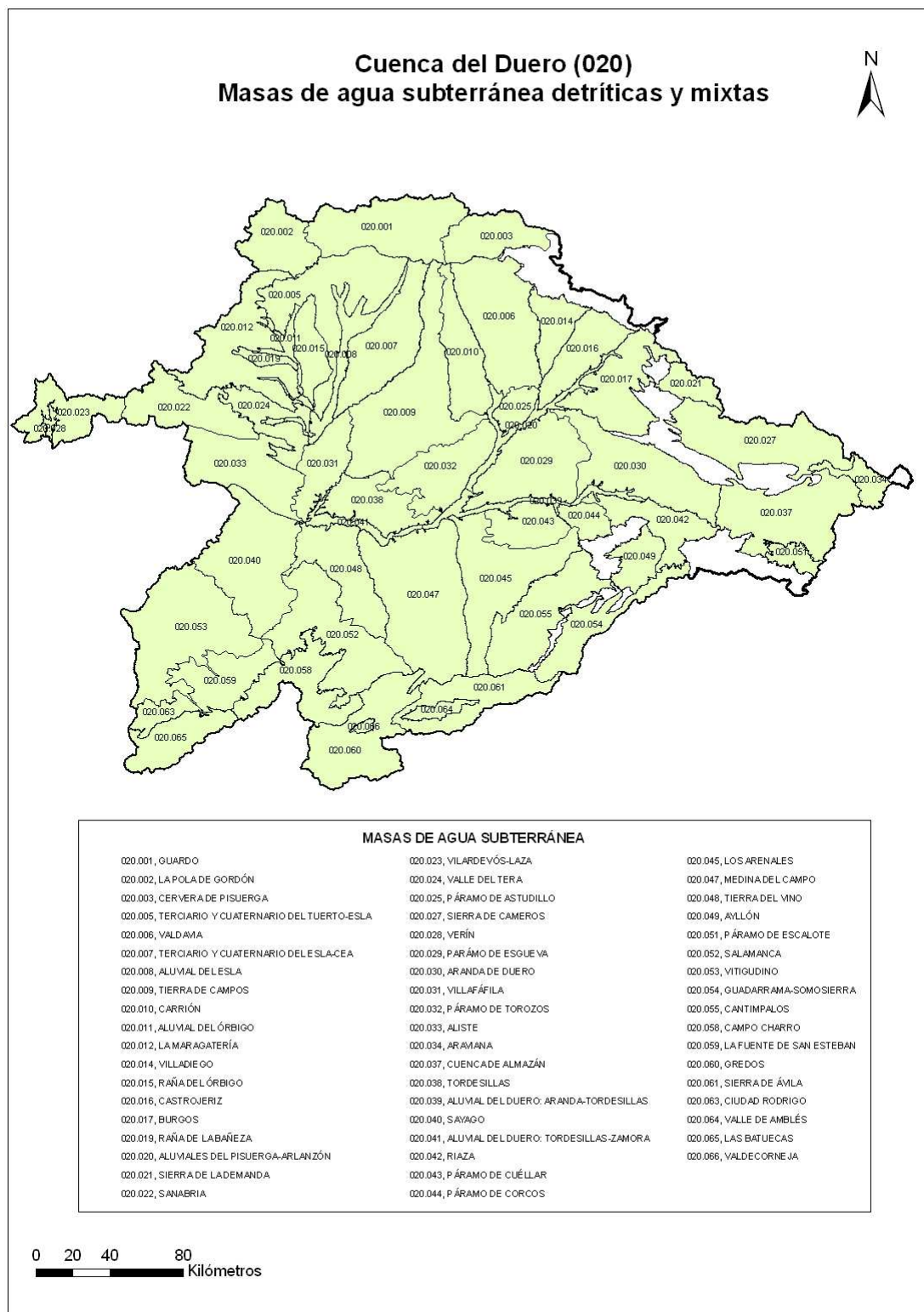
**Figura 1.** Masas de agua subterránea detríticas y mixtas de las Demarcaciones Hidrográficas Intercomunitarias



**Figura-2.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

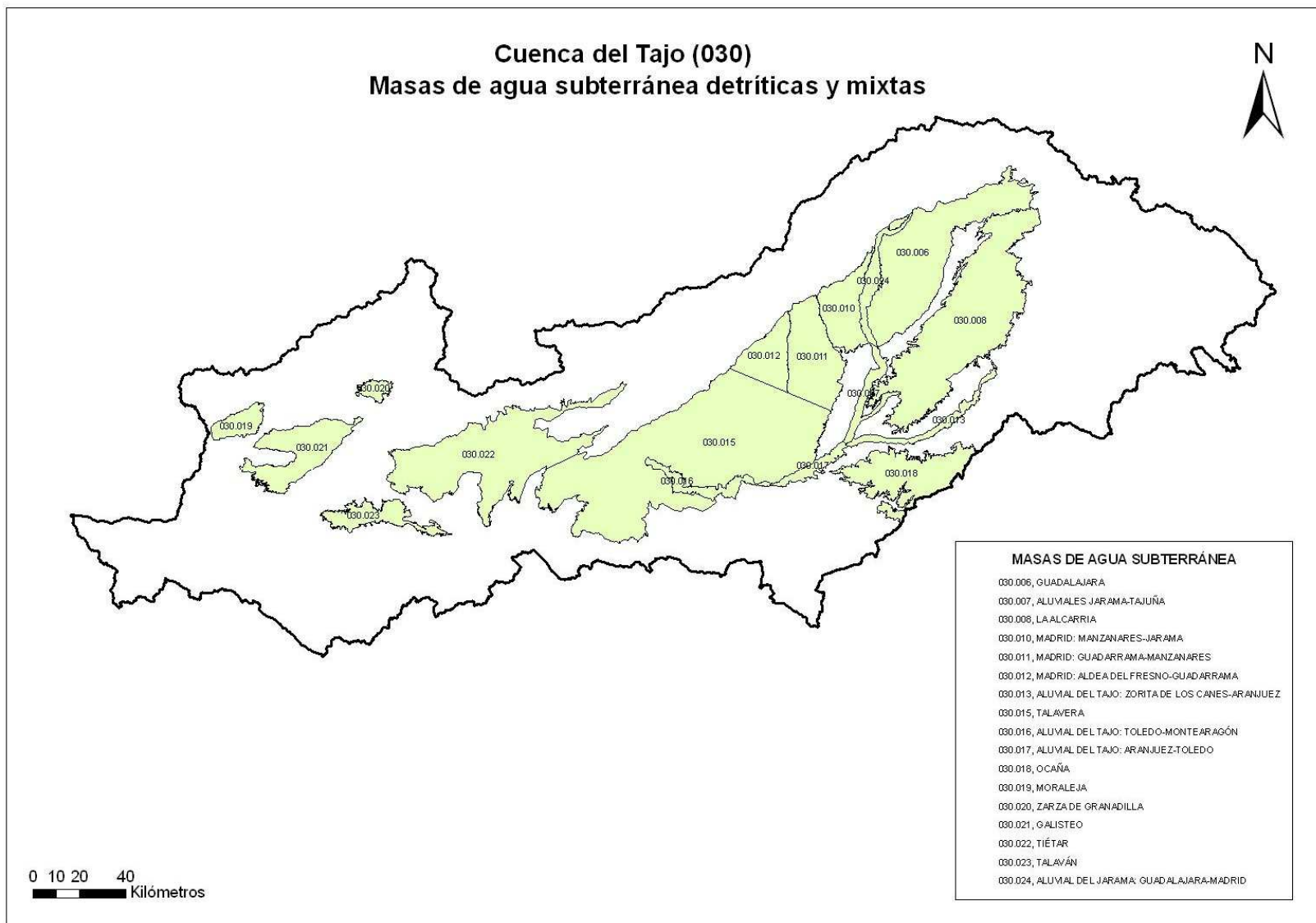


**Figura 3.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico

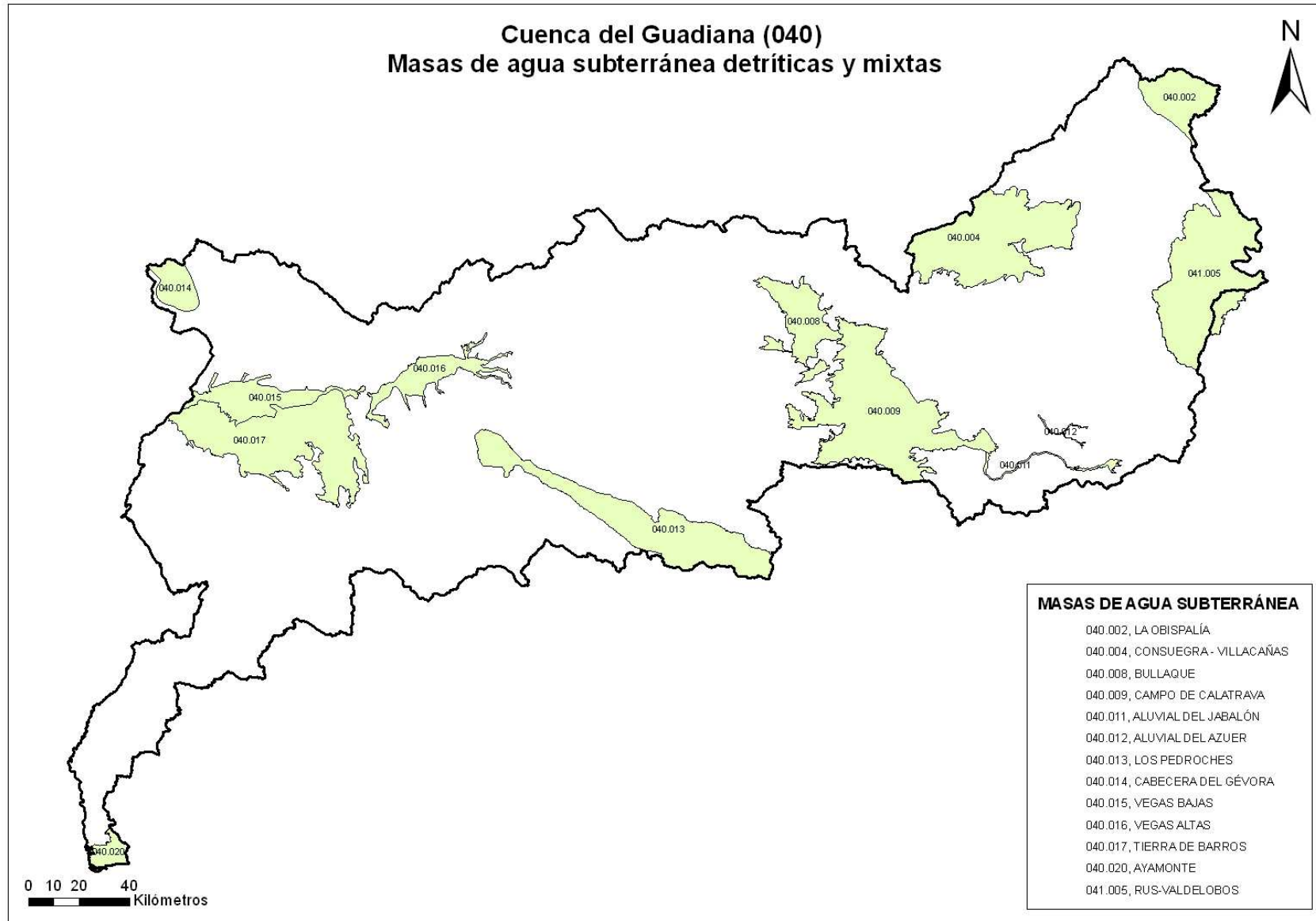


**Figura 4.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Duero

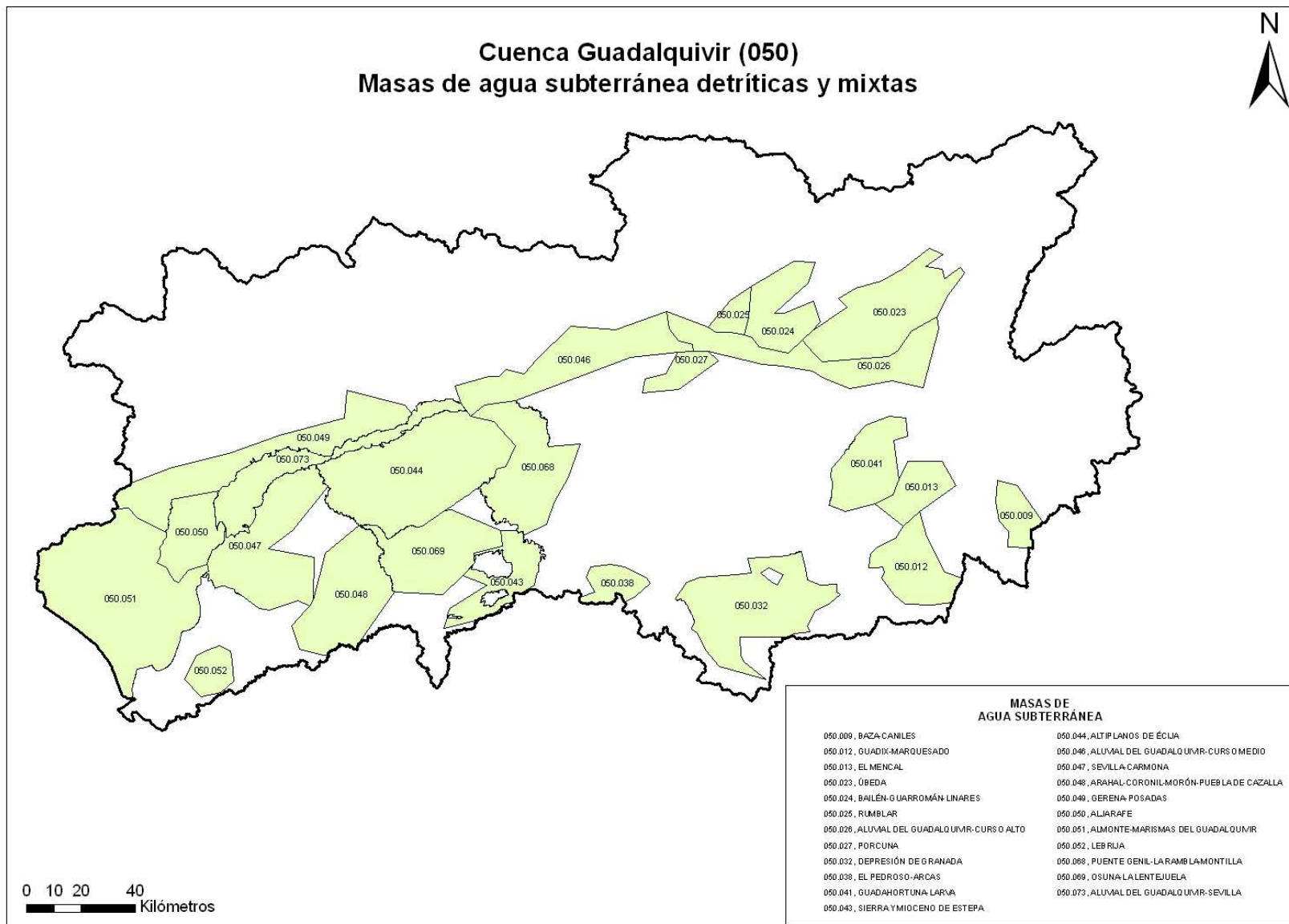




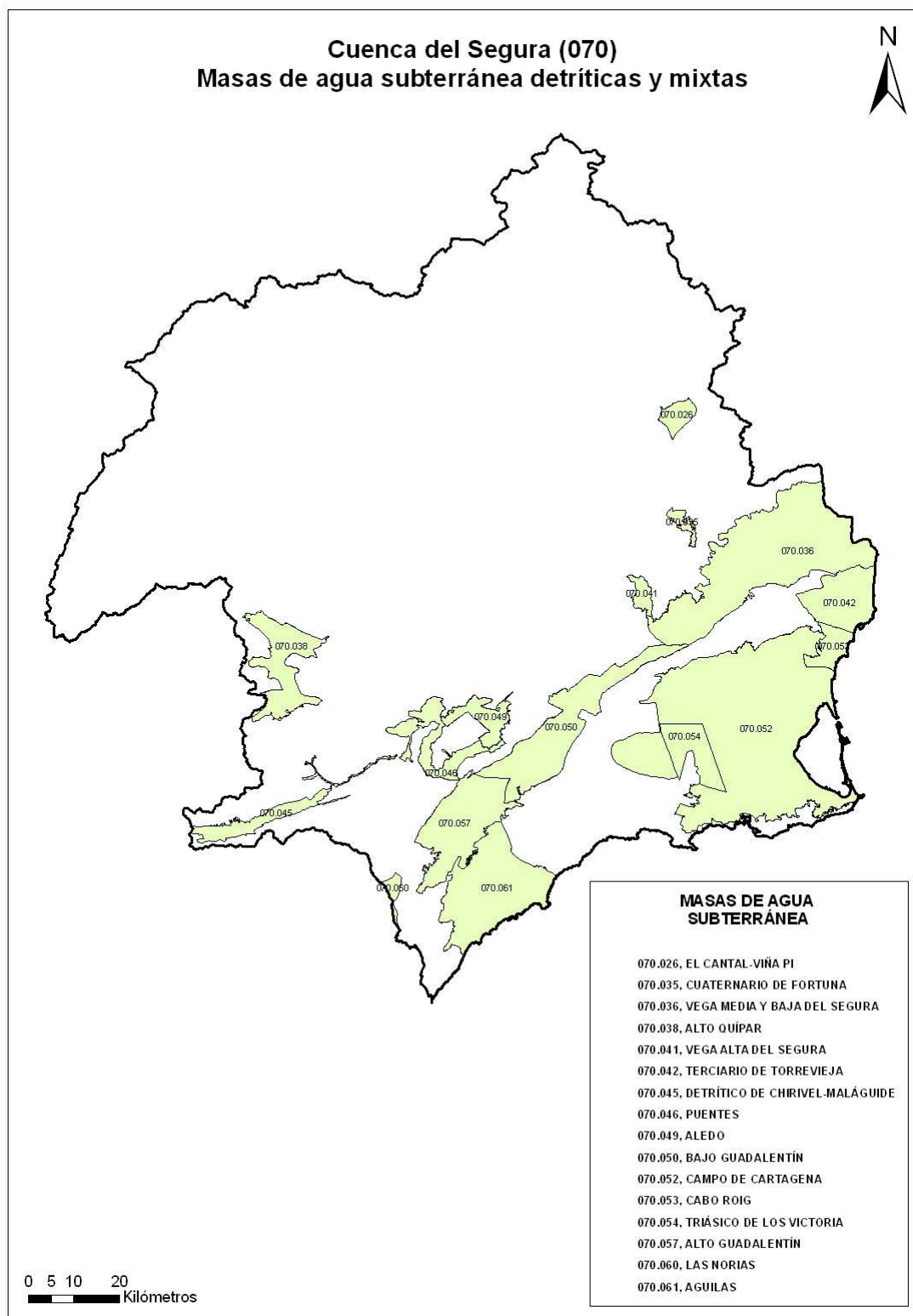
**Figura-5.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Tajo



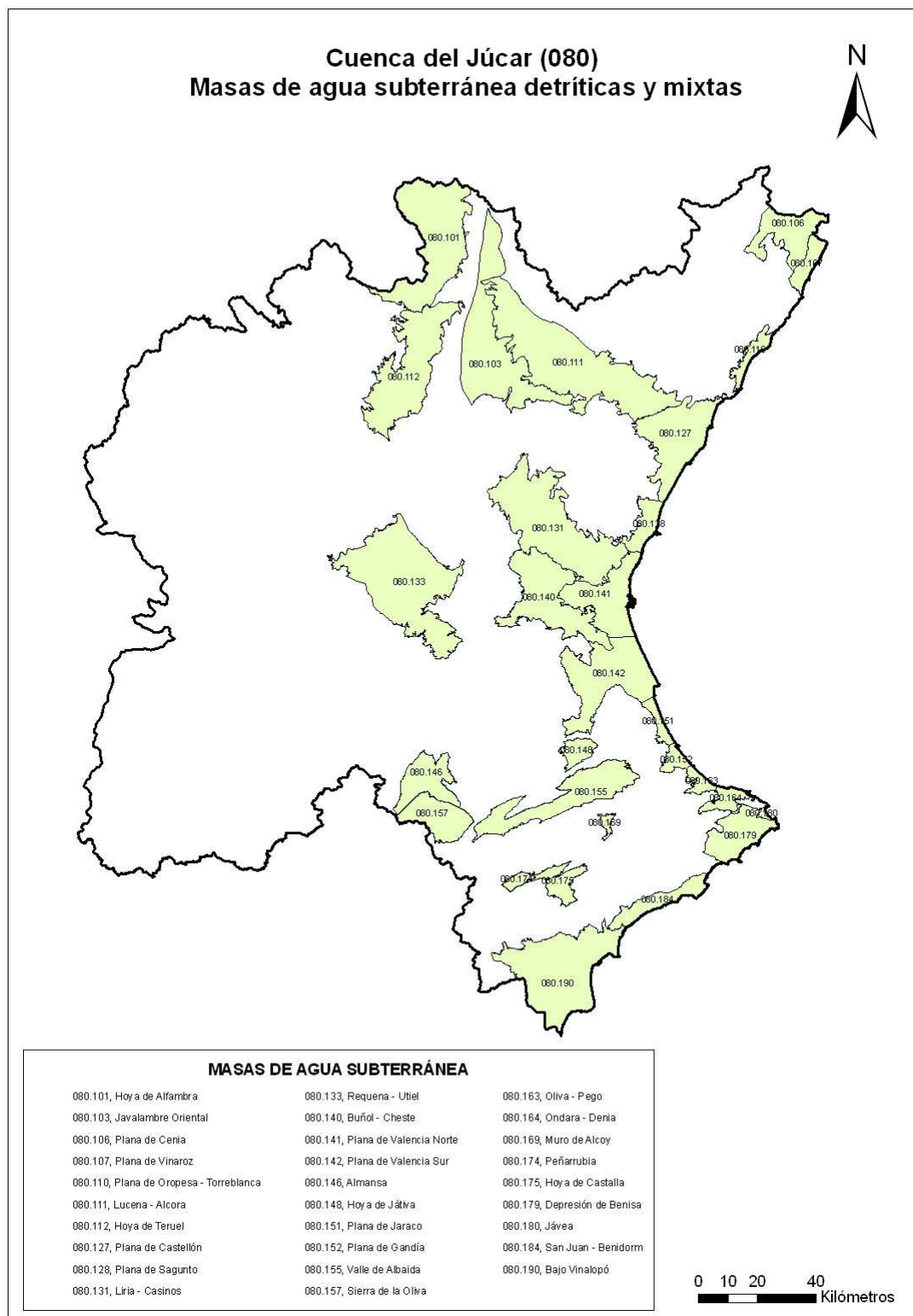
**Figura 6.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana



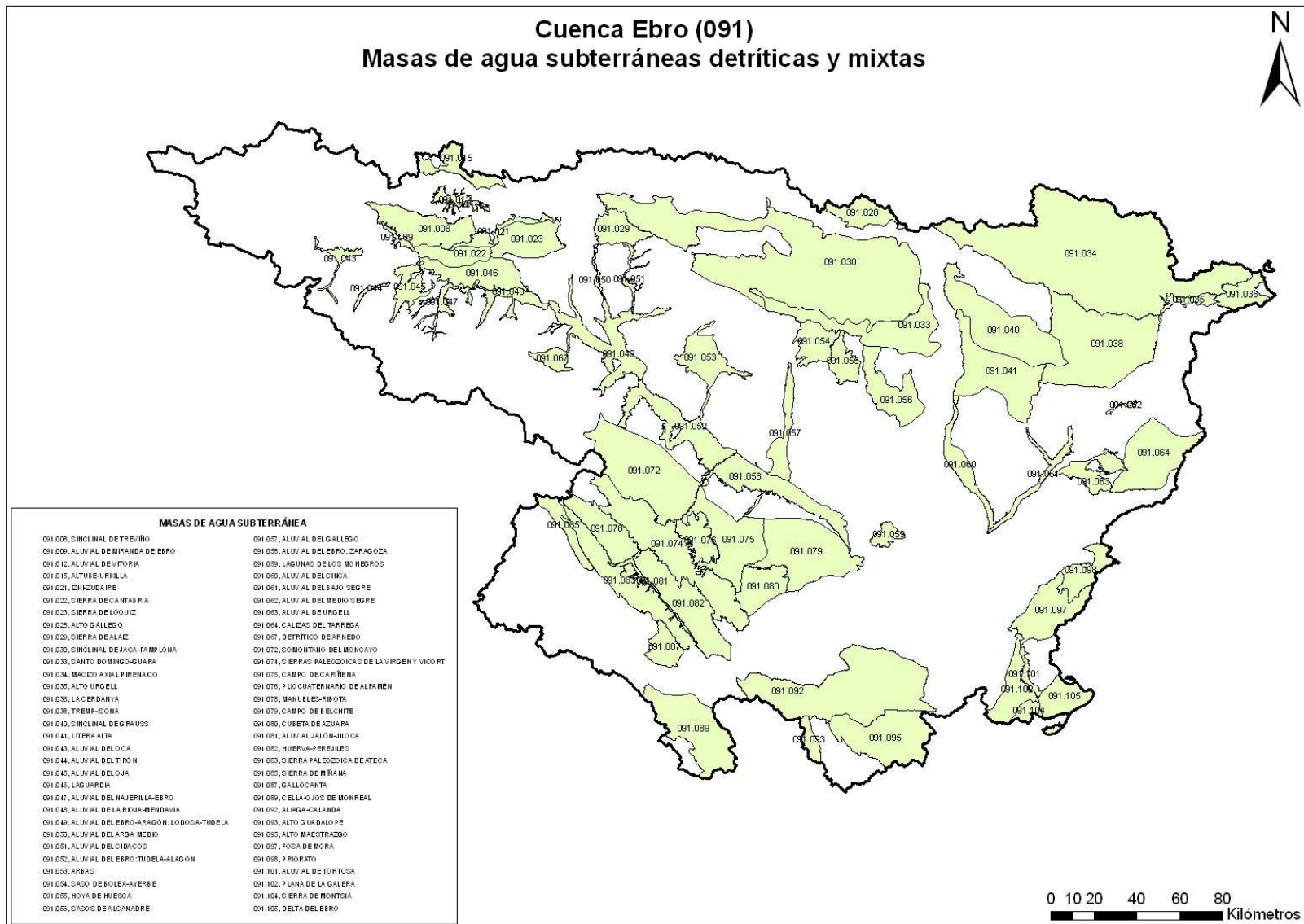
**Figura 7.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir



**Figura 8.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Segura



**Figura 9.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar



**Figura 10.** Localización y definición de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Ebro

## 2.2 Modificación de los límites

Una vez extraídas las masas de agua subterránea, se analizaron los límites de cada una de ellas. Fue necesario hacer pequeñas modificaciones que se detallan a continuación:

### 2.2.1. Demarcación del Miño-Sil:

Se observó que las masas 010.002 (Cuenca Baja del Miño) y 010.005 (Aluvial del Bajo Miño) no coincidían con el límite de la cuenca (extraído de la capa DEMARTER, como "EG09\_010\_AMB\_A.shp"). Por tanto se reajustaron los límites de las masas al límite de la cuenca.

### 2.2.2. Demarcación del Cantábrico:

El ámbito de la Cuenca del Cantábrico (capa "EG09\_016\_AMB\_A.shp" se obtuvo a partir de la capa "DEMARTER.shp". Con ambas capas, se comprobó que los límites de 8 masas situadas al Este y Sureste de la cuenca no coincidían con los límites de ésta. Estas masas eran:

- 012.001 (Eo-Navia-Narcea).
- 012.002 (Somiedo-Trubia-Pravia).
- 012.005 (Villaviciosa).
- 013.001 (Etxano).
- 013.002 (Oiz).
- 013.004 (Aramotz).
- 013.005 (Itxina).
- 013.016 (Macizos Paleozoicos Cinco Villas-Quinto Real Orientales).

Se procedió a adaptar el límite de estas masas haciéndolo coincidir con los límites de la Cuenca del Cantábrico.

### 2.2.3. Demarcación del Duero:

El ámbito de la Cuenca del Duero, capa "EG09\_020\_AMB\_A.shp" se obtuvo a partir de la capa "DEMARTER.shp". Con ambas capas, se comprobó que los límites de 11 masas situadas al Este y Sureste de la cuenca no coincidían con los límites de ésta. Estas masas eran:

- 020.002 (La Pola de Gordón).
- 020.012 (La Maragatería).
- 020.022 (Sanabria).
- 020.023 (Vilardevós-Laza).
- 020.028 (Verín).
- 020.033 (Aliste)
- 020.040 (Sayago).
- 020.053 (Vitigudino).
- 020.058 (Campo Charro).
- 020.063 (Ciudad Rodrigo).
- 020.065 (Las Batuecas).

Se procedió a adaptar el límite de estas masas haciéndolo coincidir con los límites de la Cuenca del Duero.

#### 2.2.4. Demarcación del Tajo:

No se hace ninguna modificación en los límites de las masas.

#### 2.2.5. Demarcación del Guadiana:

Se reajustaron los límites de la masa 040.020 (Ayamonte) al límite de la cuenca (extraído de la capa DEMARTER, como "EG09\_040\_AMB\_A.shp").

Por indicaciones de la Dirección del estudio, el ámbito de la masa 040.005 (Rus-Valdelobos) no se modificó, sobresaliendo de la Cuenca del Guadiana.

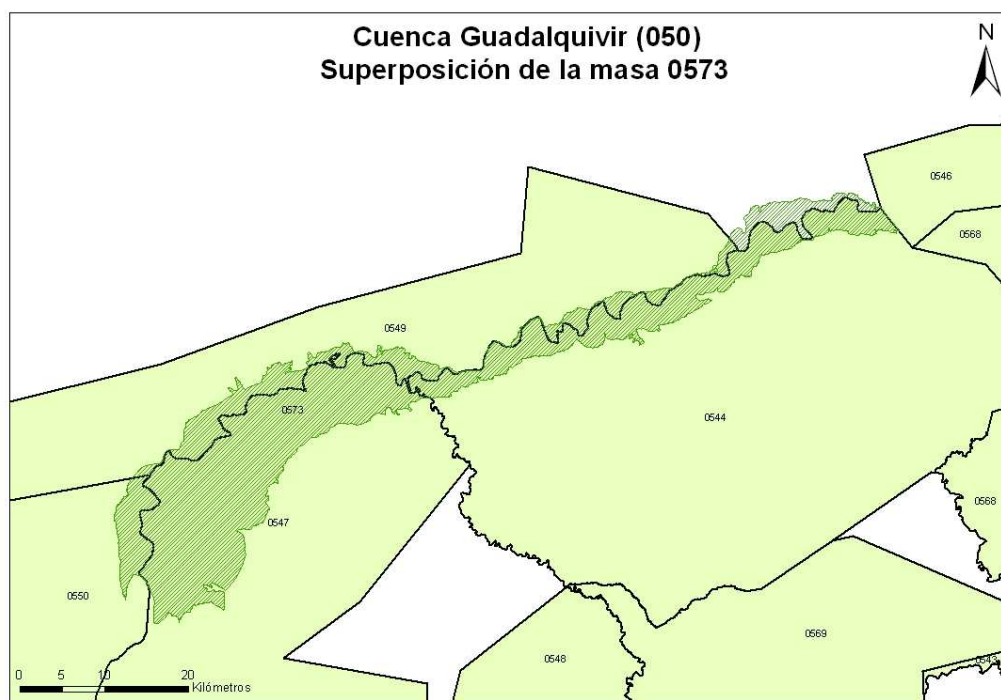
#### 2.2.6. Demarcación del Guadalquivir:

Se observó que las masas 050.049 (Gerena-Posadas) y 050.051 (Almonte-Marismas del Guadalquivir) no coincidían con el límite de la cuenca (extraído de la capa DEMARTER, como "EG09\_050\_AMB\_A.shp"). Por tanto se reajustó el límite de ambas masas al límite de la cuenca.

Por otro lado la masa 050.073 (Aluvial del Guadalquivir-Sevilla) se superpone a las masas 050.044 (Altiplanos de Écija), 050.047 (Sevilla-Carmona), 050.049 (Gerena-Posadas) y 050.050 (Aljarafe) como se indica en la figura 11. Se ha optado por determinar la vulnerabilidad de la masa 050.073, mientras que en las restantes sólo se ha determinado la vulnerabilidad en las áreas en las que no hay superposición.

Asimismo la masa 050.043 (Sierra y Mioceno de Estepa) se ha dividido en dos sectores, un sector detrítico cuya vulnerabilidad se estudia mediante el método DRASTIC Reducido y un sector carbonático cuya vulnerabilidad la ha obtenido el equipo que estudia este tipo de masas.





**Figura 11.** Detalle de la superposición de la masa 050.073 a las masas 050.044, 050.047, 050.049 y 050.050.

### 2.2.7. Demarcación del Segura:

Se observó que las masas 070.036 (Vega Media y Baja del Segura), 070.042 (Terciario de Torrevieja), 070.052 (Campo de Cartagena), 070.053 (Cabo Roig) y 070.061 (Águilas) no coincidían con el límite de la cuenca (extraído de la capa DEMARTER, como "EG09\_070\_AMB\_A.shp"). Por tanto se reajustaron los límites de la masa al límite de la cuenca.

### 2.2.8. Demarcación del Júcar:

El ámbito de la Cuenca del Júcar (capa llamada "EG09\_080\_AMB\_A.shp" se obtuvo a partir de la capa "DEMARTER.shp". Con ambas capas, se comprobó que los límites de 11 masas situadas al Este y Sureste de la cuenca no coincidían con los límites de ésta. Estas masas eran:

- 080.101 (Hoya de Alfambra).
- 080.106 (Plana de Cenia).
- 080.107 (Plana de Vinaroz).
- 080.110 (Plana de Oropesa-Torreblanca).
- 080.127 (Plana de Castellón).
- 080.128 (Plana de Sagunto).
- 080.141 (Plana de Valencia Norte).
- 080.142 (Plana de Valencia Sur).
- 080.151 (Plana de Jaraco).
- 080.152 (Plana de Gandía).

- 080.157 (Sierra de la Oliva).
- 080.163 (Oliva-Pego).
- 080.164 (Ondara-Denia).
- 080.179 (Depresión de Benisa).
- 080.180 (Jávea).
- 080.184 (San Juan-Benidorm).
- 080.190 (Bajo Vinalopó).

Se procedió a adaptar el límite de estas masas haciéndolo coincidir con los límites de la Cuenca del Júcar.

#### 2.2.9. Demarcación del Ebro:

Se reajustaron los límites de las siguientes masas al límite de la cuenca (extraído de la capa DEMARTER, como "EG09\_091\_AMB\_A.shp"): 091.015 (Altube-Urkilla), 091.034 (Macizo Axial Pirenaico), 091.036 (La Cerdanya), 091.064 (Calizas del Tárrega), 091.072 (Somontano del Moncayo), 091.074 (Sierras Paleozoicas de la Virgen y Vicort), 091.078 (Manubles-Ribota), 091.083 (Sierra Paleozoica de Ateca), 091.085 (Sierra de Miñana), 091.089 (Cella-Ojos de Monreal), 091.092 (Aliaga-Calanda), 091.093 (Alto Guadalope), 091.095 (Alto Maestrazgo), 091.097 (Fosa de Mora), 091.098 (Priorato), 091.102 (Plana de la Galera), 091.104 (Sierra de Montsiá) y 091.105 (Delta del Ebro).



**Figura 12.** Ejemplo de discordancias entre los límites de las masas y el límite de la cuenca

### 3 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

#### 3.1 Litología de la zona no saturada

La capa correspondiente a la Litología de la zona no saturada para la elaboración del método DRASTIC Reducido se ha obtenido del **Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España a escala 1:200.000** elaborada en el año 2006 por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

#### 3.2 Suelo vegetal

Se utilizaron los siguientes mapas de suelos y escala indicados en la tabla adjunta.

Demarcación	Mapa origen para la obtención de la capa de suelo	Escala
Miño-Sil Cantábrico Duero Tajo Guadiana Júcar Ebro	Mapa de Suelos de España. Instituto Geográfico Nacional (IGN)	1:1.000.000
Guadalquivir	Mapa de Suelos de Andalucía (SINAMBA)	1:400.000
Segura	Mapa de Suelos de España. Instituto Geográfico Nacional (IGN) y Mapa de Suelos de Murcia.	1:1.000.000 y 1:100.000

Tabla 13. Mapas utilizados para el factor Suelo

#### 3.3 Espesor de la zona no saturada

Los datos relativos a este factor corresponden a las medidas existentes de los niveles piezométricos en pozos y piezómetros, aunque también se han considerado los procedentes de galerías, manantiales, lagunas y bordes costeros. Se ha utilizado el Modelo Digital de Elevaciones (25x25) del CEDEX, cruzándolo con los mapas de isóneas (generados con la información de piezometría) para obtener, de la diferencia de ambas capas, el espesor de la zona no saturada.

Para realizar esta tarea se trabajó con los registros de niveles en puntos de agua -pozos, sondeos y manantiales- recogidos en la Base de Puntos de Agua -base de datos AGUAS- de la Dirección de Hidrogeología y Aguas subterráneas del IGME. También se contó con datos de piezometría del Ministerio de Medio Ambiente y de las Confederaciones Hidrográficas del Guadalquivir, Ebro, Guadiana, Duero, Júcar y Tajo.

Se ha analizado la información de piezometría según el siguiente tratamiento para depurarla y homogeneizarla para su utilización:

- Se han generado tablas en Excel con las series históricas de medidas del nivel piezométrico para cada piezómetro.

- Se ha calculado la media, el valor mínimo y el número de medidas para cada piezómetro.

- Se han representado gráficamente con herramientas de Excel las series de medidas históricas y se han eliminado algunos datos en función a los siguientes criterios:

- medidas de niveles dinámicos.
- medidas negativas para piezómetros no surgentes.
- datos que se alejan de la tendencia de la serie histórica (saltos bruscos puntuales).
- datos antiguos que no concuerdan con medidas más actuales.

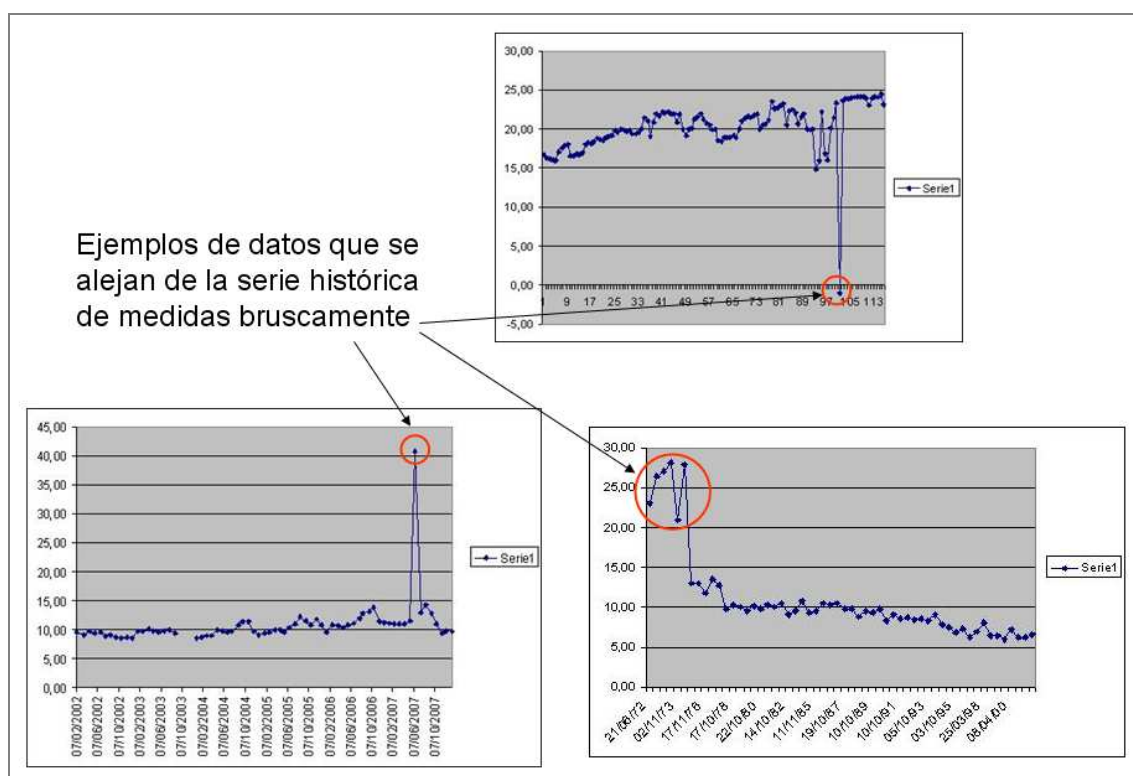
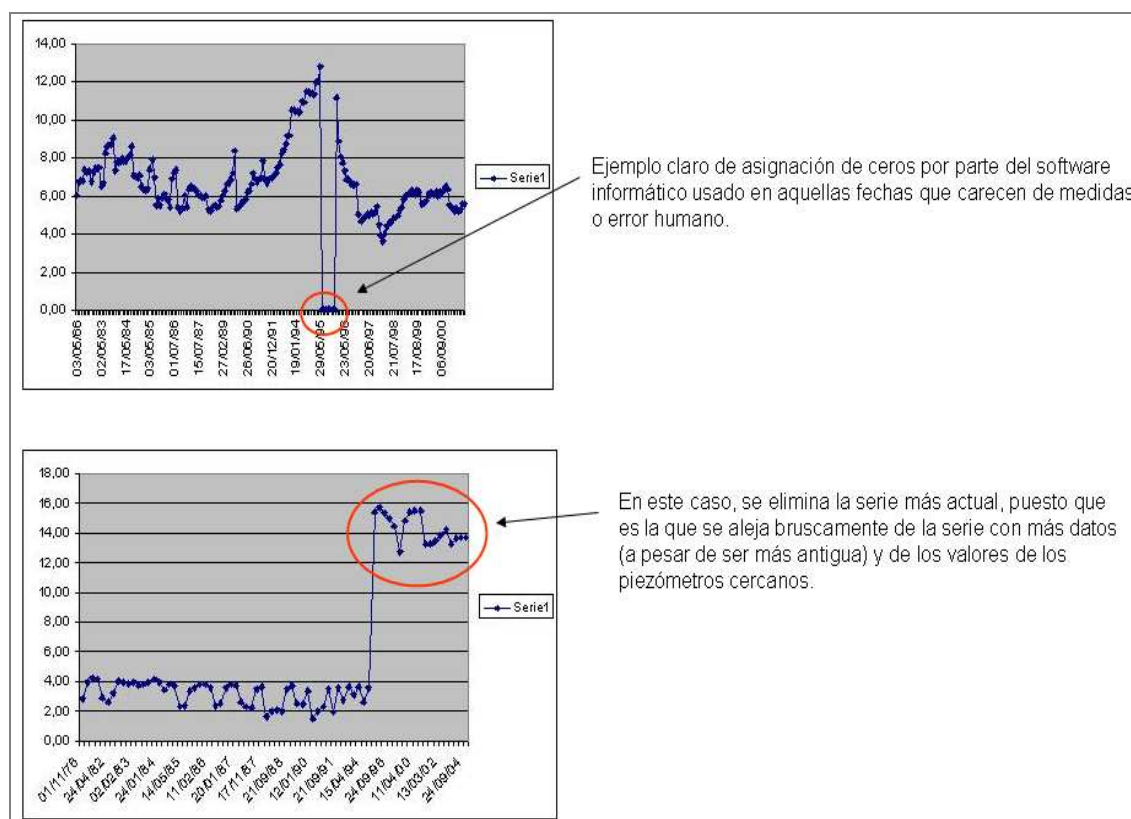


Figura 13. Ejemplo de representación y eliminación de datos de piezometría



**Figura 14.** Ejemplo de representación y eliminación de datos de piezometría

Una vez tratada la información, se han recalculado los valores de la media, el mínimo y el número de medidas y con estas tablas se han generado las capas de piezometría a partir de las cuales se han realizado las isopiezas para cada masa.

Debido a que no concuerdan los datos de la cota topográfica de los piezómetros con la del Modelo Digital de Elevaciones, se ha procedido a asignar la cota topográfica de cada piezómetro a partir de este modelo en función de su localización.

Con la cota del MDE en cada piezómetro obtenemos el nivel piezométrico, restando a la cota del piezómetro la mínima profundidad piezométrica que supone el máximo nivel piezométrico y por tanto el menor espesor de la zona no saturada y la mayor vulnerabilidad. Se opta por la opción más conservadora, y siempre del lado de la seguridad frente a la existencia de una posible contaminación del agua subterránea.

Una vez tenemos las diferentes capas de piezometría (MMA, IGME y Confederaciones) con todas las correcciones hechas y con el valor en cada punto de la cota según el Modelo Digital de Elevaciones, se pasa a unir los piezómetros de las distintas fuentes generando la capa: "piezo\_UNION\_peninsula".shp. A partir de esta se hacen extracciones de piezómetros para las diferentes masas de la cuenca.

Además de los piezómetros se utilizó una capa de manantiales del IGME, a la que también se le dio la cota del MDE a cada manantial. Por último se amplió la información con puntos de asistencia para el dibujo de las isopiezas en ríos ganadores y masas de agua superficial.

Con esta información se dibujaron las isopiezas de las masas detríticas y mixtas de cada una de las Demarcaciones Hidrográficas que posteriormente se restaron al MDE (25x25) para obtener el espesor de la zona no saturada.

### **3.4 Recarga neta**

Se recibió el fichero "SIMPA Inv Rec Hidricos Reg Natural". Dentro de éste hay una carpeta llamada "z\_Estadísticas variables por celdas" y dentro de ella, encontramos la carpeta "InfiltracionMedia" de la que cargamos la capa "infil40\_05". Esta capa contiene la infiltración media de España (desde el año 1940 hasta el año 2005) en mm/año. Tiene un tamaño de celda de 1000x1000, debido a esto, se tiene poca información en algunas masas que son demasiado pequeñas. También se pierde información en los bordes de las masas. Por ello se ha transformado esta capa a un tamaño de celda de 25x25, obteniendo una capa llamada "simpa25". Esta transformación ha consistido únicamente en evaluar en ArcGIS la capa inicial 1000x1000, con un tamaño de celda 25x25 y generar la nueva capa, y donde anteriormente había un único píxel (1000x1000) con un único valor, tendremos 1600 píxeles (40 píxeles x 40 píxeles, cada uno de ellos de tamaño 25x25) con el valor del píxel a partir del que se generan. De esta forma tendremos todas las capas temáticas con la misma resolución.

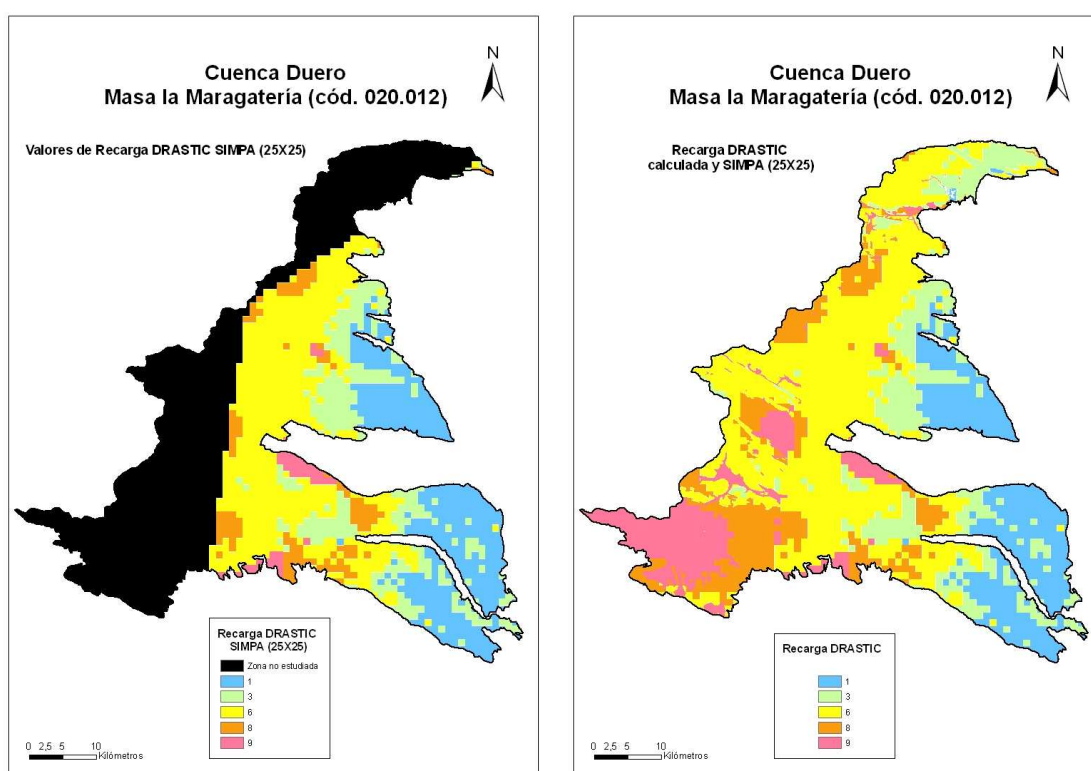
Se hizo una extracción de la Recarga SIMPA para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de cada Demarcación Hidrográfica. Se observó que la recarga sólo estaba evaluada para las antiguas unidades hidrogeológicas, que tenían otros límites. Allí donde no se evaluó, el SIMPA daba un valor de recarga de 0. Para estimar la recarga en esas zonas se hizo lo siguiente:

1. Identificación de las zonas donde la recarga no estaba evaluada.
2. Cálculo de la lluvia útil. Para ello se calculó la precipitación menos la evaporación real (esta información se obtiene del DVD del SIMPA, en la carpeta "Estadísticas variables por celdas").
3. En las zonas a evaluar se multiplica la capa lluvia útil, por un porcentaje que depende (tabla 14) de la Litología DRASTIC en cada píxel, obteniendo así la "Recarga Calculada" en mm/año.

Valor DRASTIC de Litología	RECARGA Porcentaje Lluvia útil
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60
7	70
8	80
9	90
10	100

**Tabla 14.** Porcentaje de infiltración en función al valor de Litología DRASTIC.

La figura 15 muestra un ejemplo de la estimación de la recarga en las zonas en las que no se evaluó mediante SIMPA.



**Figura 15.** Ejemplo de “Recarga Calculada”.

A continuación se procedió a unificar la información de recarga del SIMPA y la estimada, en las zonas donde no se evaluó anteriormente, obteniendo una capa de recarga para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de cada Demarcación Hidrográfica. (mm/año).

## 4 ELABORACIÓN DE CAPAS TEMÁTICAS

### 4.1 Asignación de rangos y valores

A continuación se describe el procedimiento de asignación de rangos de zonificación y valores numéricos correspondientes a cada uno de los factores de vulnerabilidad anteriormente reseñados.

#### 4.1.1. Litología de la zona no saturada

A partir del Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España a escala 1:200.000 se aplicaron los siguientes tratamientos para obtener la correspondiente capa temática de vulnerabilidad, válida para el método DRASTIC Reducido.

En primer lugar se obtuvo la clasificación del factor Litología de la zona no saturada, basada en la adaptación que el IGME realizó del factor I de DRASTIC en el estudio MOPTMA-CE (1994), en 10 grupos designados con letras (A, B, C, D, E, F, G, H, I y J) los cuales se describen a continuación:

- A) **Arcillas, margas y limos.** A este grupo corresponden depósitos de partículas de tamaño limo y arcilla que poseen un efecto de barrera retardante del desplazamiento de los materiales contaminantes. Por tanto, un alto contenido en arcillas proporcionaría un bajo riesgo potencial frente a la contaminación.
- B) **Esquistos/pizarras.** Se trata de rocas consolidadas tabulares que pueden fracturarse y, por tanto, su riesgo potencial aumenta con el grado de fracturación de los mismos.
- C) **Calizas y dolomías. Yesos.** Se refiere a calizas y/o dolomías masivas que contienen menos capas que las secuencias de calizas tableadas o en alternancia con areniscas y pizarras. El potencial dependerá del grado de fracturación ya que éste facilitará el movimiento del contaminante.
- D) **Areniscas.** Se consideran dentro de este grupo aquellos depósitos de arenisca de potencia mayor a los de alternancia de calizas, areniscas, arcillas, margas y calizas margosas. Presentan porosidad primaria y secundaria. El grado de fracturación y la porosidad primaria de la arenisca serán los factores determinantes del riesgo potencial.
- E) **Alternancia de calizas, areniscas, arcillas, margas y calizas margosas.** Son secuencias de capas delgadas de rocas sedimentarias que presentan porosidad primaria, pero con grado de fracturación como factor condicionante. El riesgo potencial de medio-bajo por la alternancia de materiales permeables con materiales que poseen menos permeabilidad.
- F) **Arenas y gravas con contenido en arcilla.** Se trata de depósitos de materiales de tamaño medio-grueso con un alto contenido en arcillas que disminuyen la transmisividad y, por tanto, la permeabilidad. El riesgo potencial, entonces, será menor.
- G) **Rocas metamórficas e ígneas.** No poseen permeabilidad primaria significativa, sin embargo, será su grado de fracturación el que permitirá



el movimiento de los materiales contaminantes en mayor o menos medida y, por tanto, ese grado condicionará el riesgo potencial.

- H) **Arenas, gravas y conglomerados.** Los materiales de pequeño tamaño se presentan en pequeñas cantidades. El tamaño de grano condicionará el riesgo potencial frente a la contaminación, de forma que depósitos de menor tamaño de partícula no clasificados tendrán un potencial menor que depósitos de mayor tamaño bien clasificados.
- I) **Basaltos (volcánicas).** Se trata de rocas ígneas extrusivas consolidadas que poseen planos, fracturas y porosidad vesicular. Se trata de un caso particular de “Rocas metamórficas e ígneas” en el que el riesgo potencial viene determinado por la densidad de aberturas interconectadas que presentan. El riesgo potencial será alto porque hay poca oportunidad de atenuación una vez que el material contaminante entra en el sistema de fracturas.
- J) **Calizas y dolomías karstificadas.** Se trata de materiales calizos que has sufrido procesos de disolución y karstificación y presentan cavidades y fracturas interconectadas. Es un caso especial de “Calizas y dolomías, y yesos” en el cual el riesgo potencial aumenta con el grado de karstificación del sistema.

La metodología DRASTIC clasifica las litologías en 10 grupos (A-J) y asigna un rango de valores de vulnerabilidad a cada uno de ellos como muestra la siguiente tabla, por lo tanto cada material que aflora dentro de una masa de agua tendrá un valor de litología DRASTIC del 1 al 10 al que se le asigna un color del azul (mínima incidencia en la vulnerabilidad) al rojo (máxima incidencia)

Tipología	Descripción	Rango
A	Arcillas, margas y limos	1-2
B	Esquistos/pizarras	2-5
C	Calizas y dolomías, y yesos	2-7
D	Areniscas	4-8
E	Alternancia de calizas, areniscas, arcillas, margas y calizas margosas	4-8
F	Arenas y gravas con contenido en arcilla	4-8
G	Rocas metamórficas e ígneas	2-8
H	Arenas, gravas y conglomerados	6-9
I	Basaltos (volcánicas)	2-10
J	Calizas y dolomías karstificadas	8-10

**LITOLOGÍA DRASTIC (1-10)**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

**Tabla 15.** Valores de vulnerabilidad correspondientes al factor Litología de la zona no saturada

El primer paso consistió en incluir todas y cada una de las tipologías litoestratigráficas presentes en las masas de agua subterránea objeto de este estudio dentro de los 10 grupos descritos por el método DRASTIC Reducido. Una vez realizado este paso previo, se le asignó a cada litología un valor de vulnerabilidad de la capa de “Litología de la zona no saturada” en función de su permeabilidad y siempre dentro del rango asignado por el método para cada tipología. Así materiales incluidos dentro de un mismo grupo podrán tener valores DRASTIC diferentes en función de la permeabilidad que posean. El

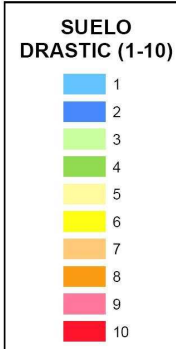
resultado se muestra en el Anexo I, en el que aparecen las 368 litologías del mapa base utilizado, clasificadas dentro de un grupo litológico DRASTIC (A-J) y con un valor de vulnerabilidad.

Una vez valorada la litología se hace una extracción para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de cada Demarcación Hidrográfica, obteniendo la capa "EG09\_XXX\_LIT\_A.shp" en la que se incluye una columna "PUNT\_DRAS" con la valoración DRASTIC para cada litología.

#### 4.1.2. Suelo vegetal

La valoración de vulnerabilidad del factor suelo vegetal puede llegar a ser compleja en la medida de los diversos aspectos a tener en cuenta. En primer lugar hay que considerar las características esenciales de los diferentes tipos de suelos, Para ello se ha tenido en cuenta la siguiente tabla en la que se asignó a cada uno de los perfiles un valor:

TIPO DE SUELO	VALOR
Arcilla no expansiva y desagregada	1
Suelo orgánico	2
Franco-arcillosa	3
Franco-limosa	4
Franco	5
Franco-arenosa	6
Arcilla expansiva y/o agregada	7
Turba	8
Arena	9
Grava	10
Delgado o ausente	10



The legend, titled "SUELO DRASTIC (1-10)", shows a vertical column of colored boxes corresponding to the values in the table. The colors are: 1 (light blue), 2 (medium blue), 3 (light green), 4 (medium green), 5 (light yellow), 6 (yellow), 7 (orange), 8 (dark orange), 9 (pink), and 10 (red).

**Tabla 16.** Valor de vulnerabilidad correspondiente al factor Suelo vegetal

Cuando los tipos de suelos se deben valorar en función de su textura, se ha tenido en cuenta el tipo de textura dominante que se describe en las leyendas de los mapas de suelos utilizados en cada Demarcación Hidrográfica y, cuando no se dispone de este dato, se ha considerado la textura dominante de los suelos representados en los diferentes mapas de suelos.

En los Anexos II, III y IV se indican las valoraciones DRASTIC de los diferentes suelos de los mapas utilizados y una explicación justificativa de la valoración.

Una vez valorados los suelos de cada mapa (Anexo II) se hace una extracción para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de las diferentes Demarcaciones, obteniendo las capas "EG09\_XXX\_SUE\_A.shp" en la que se incluye una columna "PUNT\_DRAS" con la valoración DRASTIC para cada suelo.

### 4.1.3. Espesor de la zona no saturada

Esta capa se trabajó a nivel de masa. Con la información sobre piezometría de cada masa (piezómetros, manantiales, puntos de apoyo en algunos ríos ganadores y en masas de agua superficial) obtenemos mediante una herramienta de ArcGIS, IDW (Inverse Distance Weighted) las isopiezas para cada masa de agua subterránea.

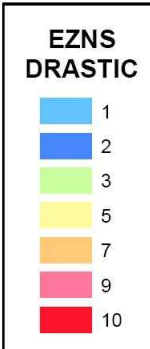
A continuación se restan las isopiezas al MDE (25x25) de la masa, obteniendo el espesor de la zona no saturada en metros.

La herramienta IDW es una aplicación que se puede usar a partir de dos datos de piezometría en una masa, pero se obtienen buenas isopiezas para masas de agua subterránea con muchos piezómetros y regularmente distribuidos por toda ella. Esta herramienta conserva el valor de nivel piezométrico medido en campo en cada piezómetro al dibujar las isopiezas. El inconveniente de la herramienta IDW es que al restar las isopiezas al MDE, para obtener el espesor de la zona no saturada (en el siguiente paso), se obtienen algunas zonas con valor del espesor negativo. Esto se solventa, dando a estas zonas el valor del mínimo espesor de la zona no saturada según el método DRASTIC.

A todas las zonas impermeables (según el mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España utilizado) se le asignaron directamente espesores mayores a 30 metros (para obtener un valor DRASTIC 1, que indica mínima vulnerabilidad debida a este factor).

Una vez obtenido el mapa de espesores para cada masa de agua subterránea, se procedió a la asignación de rangos y valores para este factor siguiendo la siguiente tabla de equivalencias del método:

Rango (m)	Valor del Factor
>30	1
23-30	2
15-23	3
9-15	5
4,5-9	7
1,5-4,5	9
< 1,5	10



**Tabla 17.** Rangos y valores del factor Espesor

Para ello se clasificaron los valores según la tabla y se le asigna el valor DRASTIC correspondiente a ese intervalo, obteniendo la capa de Espesor DRASTIC por masas. A continuación y ya que el cálculo de la vulnerabilidad se hace también para toda la Demarcación, se unen los espesores de todas las masas en una única capa raster ("eg09\_XXX\_esp").

#### 4.1.4. Recarga neta

Una vez obtenida la capa de recarga mediante el procedimiento explicado en el apartado 3.4 con unidades de mm/año y con tamaño de celda 25x25 se procede a la asignación de rangos y valores para este factor aplicando la siguiente tabla de equivalencias indicada por el método:

Rango (mm/año)	Valor del Factor
0 – 51	1
51 – 102	3
102 – 178	6
178 – 254	8
> 254	9

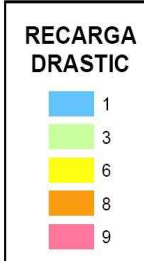


Tabla 18. Rangos y valores del factor Recarga neta

Para ello se clasificaron los valores según la tabla y se le asigna el valor DRASTIC correspondiente a ese intervalo, obteniendo la capa de Recarga DRASTIC ("eg09\_XXX\_rec").

## 4.2 Elaboración de mapas temáticos

Para la obtención de los mapas temáticos se utilizó el programa Arcgis 9.2, donde la información está estructurada y organizada en distintas coberturas o capas de acuerdo con cada una de las materias temáticas consideradas.

La elaboración del mapa de vulnerabilidad se realiza a partir de la superposición de distintos mapas o capas temáticas que participan en su cálculo, a cada una de las cuales se le asigna un índice de ponderación.

Este tratamiento se realiza a partir de la discretización de las capas vectoriales, convirtiéndolas de ese modo en capas ráster, lo que permitirá aplicar el algoritmo de cálculo de vulnerabilidad a cada una de las celdas en que se ha dividido el territorio.

Finalmente el resultado será un mapa de vulnerabilidad en el que cada celda llevará asociado su índice de vulnerabilidad correspondiente a la suma de los valores de las celdas de cada capa superpuesta multiplicados por el índice de ponderación pertinente.

De esta manera la metodología de trabajo tiene dos partes diferenciadas:

## 1. Trabajo con capas vectoriales

Se refiere al desarrollado con las capas temáticas correspondientes a los factores Suelo vegetal y Litología de la zona no saturada. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Se asignaron, tanto para el factor Suelo vegetal como Litología de la zona no saturada, valores de vulnerabilidad a la contaminación a cada polígono, según las tablas 16 y 15 respectivamente. Para ello en cada una de las capas se generó una columna "PUNT\_DRAS" en la que se introdujeron los valores.

- Se utilizó la operación de superposición topológica CLIP para extraer la parte que queda incluida dentro de los límites de cada masa de agua subterránea detrítica y mixta.

- Por último, para poder ponderar los 4 factores del método DRASTIC Reducido, hay que tenerlos en formato ráster todos ellos, por lo tanto se transformaron las capas de litología y suelo vegetal a ráster según el campo "PUNT\_DRAS". Se generaron las capas "eg09\_XXX\_lit" y "eg09\_XXX\_sue".

Para la transformación a raster hay que referir todas las capas temáticas a una misma discretización con objeto de que las celdas equivalentes de cada capa se superpongan exactamente, por lo que estas coberturas vectoriales (litología y suelo vegetal) que se transforman a formato matricial tienen que adecuarse a la información matricial ya existente.

Para la discretización se utilizó el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), facilitado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, elaborado para toda España y con tamaño de celda es 25x25.

## 2.- Trabajo con capas ráster

El cálculo del índice de vulnerabilidad se realizó mediante la superposición de las capas correspondientes a los diferentes factores en formato ráster. Como se mencionó en el punto anterior, es fundamental referir todas las capas temáticas a una misma discretización con objeto de que las celdas equivalentes de cada capa se superpongan exactamente, por lo que las coberturas vectoriales que se transformaron a formato matricial tuvieron que adecuarse a la información matricial ya existente. Por ello también estas capas se refieren al MDE 25x25, elaborado para toda España.

A continuación se describen los pasos que se aplicaron:

- *Capas temáticas de Suelo vegetal y Litología de la zona no saturada*

Se generaron los grids (capas ráster) de cada una de las coberturas vectoriales referidas a los factores de malla del Modelo Digital de Elevaciones de manera que cada uno de estos grid sea perfectamente compatible con el

resto (que las celdas de una capa queden justo encima de las celdas de las otras capas).

- *Generación de la capa grid de Espesor de la zona no saturada*

A partir de los puntos se elaboraron mapas de isolíneas de nivel del agua mediante la herramienta IDW de ArcGIS 9.2 para cada masa de agua subterránea.

El espesor de la zona no saturada se obtuvo como la diferencia entre el Modelo Digital de Elevaciones y los grids de las isopiezas de cada masa de agua subterránea.

Se unió la información de espesores de todas las masas en una única capa para la cuenca.

A partir del dato de espesor de la zona no saturada en cada una de las celdas fue preciso asignar valores de vulnerabilidad, ya que el resto de las capas, con las que se va a cruzar en la ecuación del cálculo de vulnerabilidad, están referidas a estos valores. La asignación se hizo según la tabla 17.

- *Capa grid de Recarga neta*

En primer lugar se transformó la capa de Recarga del SIMPA, a un tamaño de celda 25x25. Después se estimó la recarga en las zonas donde el SIMPA no la había evaluado. Todo ello como se detalla en el apartado 4.4 y siempre la capa temática final de Recarga discretizada al MDE 25x25.

A partir del dato de recarga en cada una de las celdas fue preciso asignar valores de vulnerabilidad, ya que el resto de las capas, con las que se va a cruzar en la ecuación del cálculo de vulnerabilidad, están referidas a estos valores. La asignación se hizo según la tabla 18.

- *Capa grid del índice de vulnerabilidad natural*

El mapa de vulnerabilidad natural se ha obtenido para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de cada Demarcación Hidrográfica a partir de la aplicación de una ecuación, mediante operaciones de yuxtaposición, celda a celda, de cada una de las capas temáticas multiplicadas por el índice de ponderación correspondiente. Esta operación se llevó a cabo también con las utilidades incluidas en Arcgis.

## 5 ZONIFICACIÓN. CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD

Tal como se ha comentado anteriormente, la cartografía de vulnerabilidad se lleva a cabo mediante la superposición de capas de información o mapas temáticos, una por cada factor considerado. Dicha superposición, en la que cada capa tiene su índice respectivo de ponderación, se efectúa en el entorno de un Sistema de Información Geográfica, y tiene como resultado la representación cartográfica de la zonificación del territorio en áreas con mayor o menor vulnerabilidad.

Los mapas de vulnerabilidad natural se han realizado aplicando un índice ponderado indicado en el método DRASTIC Reducido.

La fórmula correspondiente a la vulnerabilidad natural es la siguiente:

$$V_n = S_v S_p + L_v L_p + E_v E_p + R_v R_p$$

Donde  $v$  = valor de cada factor  
 $p$  = índice de ponderación o peso

Los pesos, están comprendidos entre 1 y 5, con valores mayores para los factores que se han considerado más relevantes en la vulnerabilidad. En la tabla siguiente figuran los pesos asignados.

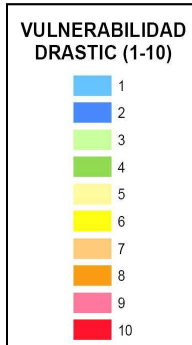
Sigla	Factor	Peso
S	Suelo vegetal	3
L	Litología de ZNS	4
E	Espesor de ZNS	5
R	Recarga neta	4

**Tabla 19.** Pesos asignados al cálculo del índice de vulnerabilidad

Los valores obtenidos están comprendidos entre 16 y 156. Estos valores se agruparán según unos rangos y tendrán una equivalencia con valores DRASTIC según la siguiente tabla:

Rango	Valor
16-30	1
30-44	2
44-58	3
58-72	4
72-86	5
86-100	6
100-114	7
114-128	8
128-142	9
142-156	10

**VULNERABILIDAD DRASTIC (1-10)**



**Tabla 20.** Rangos y valores del índice de vulnerabilidad natural

Una vez agrupados y asignados los valores se obtiene la capa "eg09\_XXX\_vul", una capa raster que contiene los valores del índice de vulnerabilidad natural en las masas de agua subterránea detríticas y mixtas estudiadas.

## 6 RESULTADOS OBTENIDOS. CONCLUSIONES

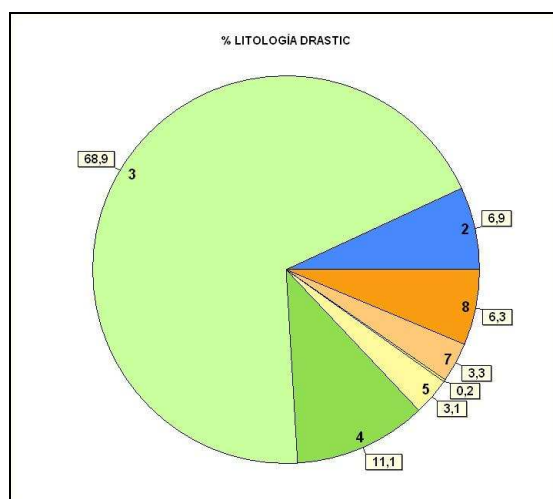
Se han realizado los mapas correspondientes a los 4 factores (Litología, Suelo vegetal Espesor de la zona no saturada y Recarga) y finalmente se obtiene el mapa de cartografía de vulnerabilidad de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de cada Demarcación Hidrográfica.

Esta misma información se ha obtenido para cada una de las masas que se han diferenciado en cada Demarcación Hidrográfica, aunque no se adjuntan en el texto.

Se ha calculado el porcentaje de los valores DRASTIC de cada factor utilizado para evaluar el índice de vulnerabilidad y se ha representado en un diagrama circular. También se incluyen los porcentajes de los valores DRASTIC de vulnerabilidad natural, resultantes de la ponderación de los 4 factores anteriores para toda la Demarcación Hidrográfica.

### 6.1 Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

#### 6.1.1. Litología de la zona no saturada (mapa 1)



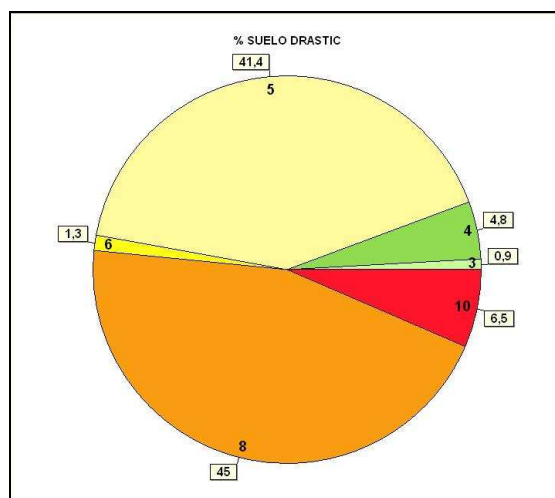
Hay un predominio de los valores de litología bajos (3 y 4) que suponen el 80% de la extensión de la Cuenca del Miño-Sil.

Los valores de Litología DRASTIC muy bajos (2) están asociados a materiales metamórficos como las pizarras y a otros materiales de baja permeabilidad y aparecen poco representados en la cuenca, sólo en un 7%.

Aproximadamente un 10% de la superficie de la cuenca tiene una litología con valores altos (7 y 8), ocupando casi la totalidad de las masas 010.004 (Cubeta del Bierzo) y 010.006 (Xinzo de Limia), gran parte de la masa 010.005 (Aluvial del Bajo Miño) y algunas zonas puntuales en el resto de las masas.



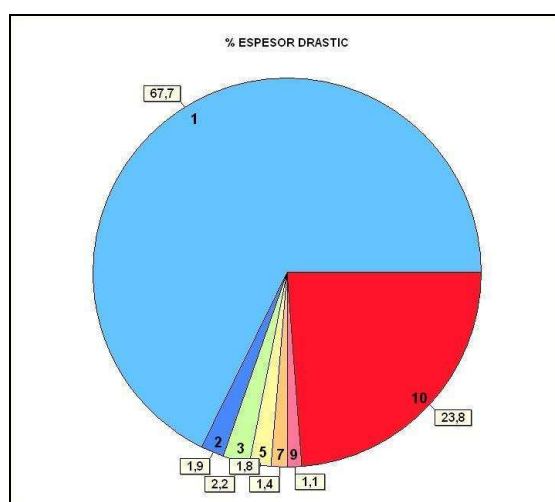
### 6.1.2. Suelo vegetal (mapa 2)



Más del 40% de la superficie de la Cuenca del Miño-Sil presenta valores de Suelo DRASTIC medios (5 y 6). En torno a un 45% presenta valores de suelo altos (8) distribuidos por toda la cuenca.

Los suelos con vulnerabilidad muy alta (10) aparecen poco representados, sólo alrededor del 7% de la superficie, y se encuentran principalmente en los bordes norte y sur de la masa 010.003 (Cuenca del Sil). También se observan dispersos de forma puntual por el resto de la cuenca.

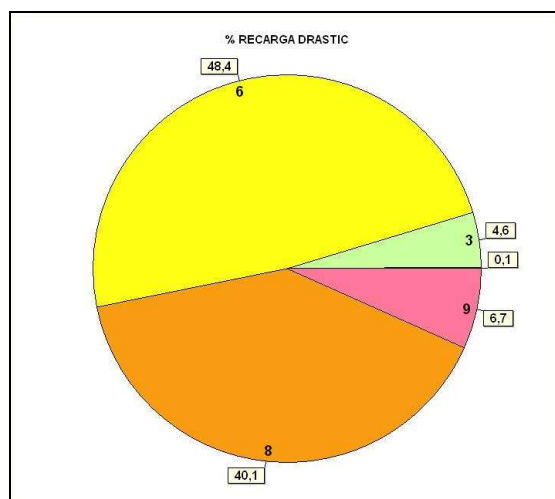
### 6.1.3. Espesor de la zona no saturada (mapa 3)



Hay un predominio (70% de la cuenca) de los valores del factor “Espesor de la zona no saturada” muy bajos (1 y 2).

Los valores muy altos de este factor (10) aparecen asociados a la red fluvial de la cuenca, ocupan casi la totalidad de las masas 010.004 (Cubeta del Bierzo), 010.005 (Aluvial del Bajo Miño) y 010.006 (Xinzo de Limia).

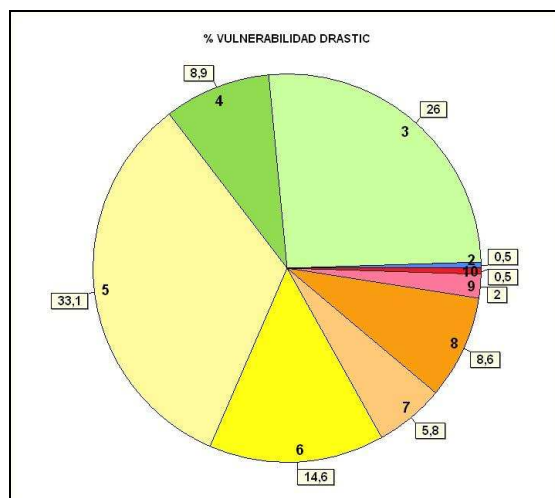
#### 6.1.4. Recarga neta (mapa 4)



Aproximadamente el 50% de la superficie de la cuenca presenta valores de recarga medios (6), asociados principalmente a las zonas centrales de las masas estudiadas.

Un 45% de la superficie presenta valores del factor Recarga altos (8) y muy altos (9), asociados en su mayoría a los bordes de las masas de agua subterránea.

#### 6.1.5. Vulnerabilidad natural (mapa 5)



En la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil hay un claro predominio de valores medios (5 y 6) y bajos (3 y 4) de vulnerabilidad con porcentajes del 48 y 35% respectivamente. Entre ellos representan aproximadamente el 83% de la cuenca.

El 15% de la superficie de las masas de estudio presentan una vulnerabilidad natural alta (7 y 8), asociada a cauces fluviales.

En cuanto a los valores de vulnerabilidad muy alta (9 y 10), aparecen sólo en un 3% aproximadamente. Se encuentran en la masa 010.006 (Xinzo de Limia), muy extensamente y en las masas 010.002 (Cuenca Baja del Miño) y 010.003 (Cuenca del Sil) localmente y asociados a zonas con cauces fluviales.

**Mapa 1.** Valores del factor Litología de la zona no saturada para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

**Mapa 2.** Valores del factor Suelo vegetal para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

**Mapa 3.** Valores del factor Espesor de la zona no saturada para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

**Mapa 4.** Valores del factor Recarga neta para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

**Mapa 5.** Índice de vulnerabilidad natural para las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil



## 7 REFERENCIAS

Aller, L.; Bennet, T.; Lehr, J.H.; Petty, R.J. y Hackett, G. (1987): DRASTIC a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. U.S. Environmental Protection Agency, Ada, OK. EPA Report 600/2-87-035; 1-455.

CEDEX y DGOHCA (2002): Cartografía de vulnerabilidad de acuíferos subterráneos a la contaminación en la cuenca hidrográfica del Duero.

CEDEX (Ministerio de Medio Ambiente) (2008): Modelo Digital de Elevaciones (25x25).

DGOHCA e IGME (2002): Cartografía de vulnerabilidad de acuíferos subterráneos a la contaminación en la cuenca hidrográfica del Guadalquivir.

Foster, S. (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. TNO-RIVM. Proceeding and information nº 38, Pag. 69-86. The Hague.

Foster, S. y Skinner, A. (1995): Groundwater protection: the science and practice of land surface zoning. In: Kovar, K. and Krásný, J. (eds.) *Groundwater quality, remediation and protection*. International Association of Hydrological Sciences (IAHS). Publ. 225.

Gogu, R.C. y Dassargues, A. (2000): Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods. *Environmental Geology*, 39 (6): 549-559.

IGME, Dirección de Hidrogeología y Aguas subterráneas: Base de Puntos de Agua -base de datos AGUAS.

IGME (2006): Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España a escala 1:200.000.

IGN. Mapa de Suelos de España 1:1.000.000.

Junta de Andalucía (1989). Mapa de Suelos de Andalucía 1:400.000 (SINAMBA)

MOPTMA-CE (1994): Inventario de recursos de agua subterránea en España. 2ª Fase: Vulnerabilidad de acuíferos. Cuenca del Guadalquivir.

Vrba, J. y Zaporozec, A. (1994): Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. International Contribution to Hydrogeology (IAH). Vol. 16. 131 pp; Hannover.

## **ANEXOS**

## ANEXO I: Valoración del Mapa Litoestratigráfico de España 1:200.000

FH	DESCRIPCIÓN	PERMEAB.	TIPO	VALOR
1	Rocas básicas metamorquizadas (metabasitas, anfíbolitas, serpentinitas)	BAJA	G	3
2	Rocas ácidas metamorquizadas (ortogneises, migmatitas). Gn.gland., metarriolitas (Olla Sapo). Gn.pera	BAJA	G	3
3	Rocas volcánicas cambro-ordovícicas y stocks subvolcánicos tardihercnicos	BAJA	I	3
4	Rocas volcánicas y subvolcánicas paleozoicas	BAJA	I	3
5	Rocas piroclásticas ("explosivas") paleozoicas	BAJA	I	3
6	Rocas plutónicas ácidas, hercínicas (granitos, granodioritas, cuarzdioritas)	BAJA	G	3
7	Rocas plutónicas básicas, hercínicas (gabros, dioritas, tonalitas, rocas ultramáficas)	MUY BAJA	G	2
8	Rocas filonianas ácidas, hercínicas (pérfidos, aplitas)	MUY BAJA	G	2
9	Rocas volcánicas ácidas (coladas dacíticas y tobas riolíticas)	BAJA	I	3
10	Rocas filonianas básicas e intermedias, hercínicas o tardihercínicas (diabasas, lamprófidos)	MUY BAJA	G	2
11	Filonos de cuarzo	MUY BAJA	G	2
12	Ofitas y rocas volcánoclasticas (Ofitas del Keuper)	BAJA	G	3
14	Tobas volcánicas del Jurásico	BAJA	I	3
15	Lamproítas	BAJA	I	3
16	Esquistos negros, pizarras, cuarcitas negras, migmatitas, anfíbolitas, paragneises. Serie Negra	MUY BAJA	B	2
17	Pizarras, areniscas, cuarcitas y, a veces, lentejones de carbonatos	BAJA	B	3
18	Rocas volcánicas ácidas y básicas, pizarras, areniscas y jaspes. Complejo volcano-sediment.	BAJA	I	3
19	Pizarras, grauvacas y areniscas, a veces con calizas y rocas volcánicas. Facies Culm	BAJA	B	3
20	Conglomerados, areniscas, lutitas rojas, carbón y rocas volcánicas básicas. Cuenca de Viar	BAJA	F	4
21	Ortoanfíbolitas. Complejo ofiolítico de Beja	MUY BAJA	G	2
23	Pelitas con metagrauvacas, ortocuarcitas, tobas (y metabasaltos, en la base).Fm. Pulo do Lobo	MUY BAJA	G	2
24	Pizarras y grauvacas. Flysch de Santa Iria	MUY BAJA	B	2
25	Rocas volcánicas ácidas, lutitas, areniscas y conglomerados. Complejo Volc.-Sed.Malcocinado	BAJA	I	3
26	Cuarcitas, pizarras, paragneises y micasquistos. Formación Albarrana	BAJA	G	3
27	Filitas y metareniscas. Formación Azuaga	MUY BAJA	B	2
28	Areniscas arcósicas, esquistos, lutitas, conglom. y rocas volc. Series Detríticas Inf. y Sup.	BAJA	B	3
29	Calizas marmóreas. Serie carbonatada de la Z. Ossa-Morena y Calizas de Urda	ALTA	C	7
31	Pizarras grises y moradas, y metavulcanitas básicas	MUY BAJA	B	2
32	Espilitas y basaltos. Serie volcánica de Umbría-Pipeta	MUY BAJA	I	2
33	Pizarras y areniscas. Formación Fatuquedo	MUY BAJA	B	2
34	Areniscas cuarcíticas, pizarras, limolitas, calizas y margas. Formación Barrancos	MEDIA	E	5
35	Pizarras ampelíticas, a veces con liditas (y areniscas: Fm. Cañamares y Alcolea)	MUY BAJA	B	2
36	Pizarras, areniscas, cuarcitas y, a veces, calizas y rocas volcánicas. Flysch de Terena	BAJA	B	3
37	Brechas, lutitas y areniscas. Cuenca de Valdeinferno	BAJA	D	4
38	Conglom., areniscas, lutitas, calizas y r. volcánicas. Alineac. Magmática de Villaviciosa	MEDIA	F	5
39	Rocas plut.y volcan. ácidas-básicas a ultramáf. Compl. Villaviciosa-La Coronada y Guadalbarbo	BAJA	I	3
40	Conglomerados, areniscas, lutitas, carbón y rocas volcánicas. Cuenca de Peñarroya	BAJA	F	4
41	Metasedimentos, gneises blastomiloníticos, anfíbolitas y eclogitas. Unidad Central Z.Ossa-Mor.	MUY BAJA	G	2
42	Esquistos. Fm. Esquistos del Cubito	MUY BAJA	B	2
43	Pizarras, grauvacas y esporádicos niveles carbonatados. Complejo Esquisto-grauváquico	BAJA	B	3
44	Calizas, dolomías, pizarras, calcoesquistos y brechas intraformacionales	BAJA	E	4
48	Areniscas, limolitas, pizarras, cuarcitas, congl., vulc. y esq. bandeados. Alternancia Inferior	BAJA	D	4
49	Cuarcitas, conglomerados, areniscas y lutitas. Serie P.rpura y Fm. Constante o Bornova	BAJA	D	4
50	Cuarcitas (C.Armoricana, F.Alto Rey, F.Culebra y Peñagorda) y alt.ctas-aren.-piz.(Fm.Pochico)	BAJA	G	3

51	Pizarras oscuras con interc.de aren., cuarc.y sills basált. Piz.Río, Piz.Calymene,Fm.Rodada 2	MUY BAJA	B	2
52	Ctas.,arenis.,piz., caliz.Fm.Ar.Calymene y Cantera,Piz.Guindo y Chavera,B.Mixtos,Cz.Urbana	BAJA	B	3
53	Cuarcitas, pizarras y, a veces, rocas volcánicas. Cuarcita de Criadero	BAJA	B	3
54	Areniscas, cuarcitas y pizarras (Capas de S.Pablo y Grupo Cerro Escudero). Brechas y congl.	BAJA	B	3
55	Calizas bioclásticas amarillentas (C.S.Pablo) y alternancias de calizas y pizarras	MEDIA	E	5
56	Pizarras y niveles de cuarcitas y vulcanitas (Capas de San Pablo)	BAJA	B	3
57	Pizarras con niveles de carbón (Cuenca de Puertollano)	BAJA	B	3
58	Areniscas, conglomerados y lutitas, rojos (Facies Buntsandstein)	BAJA	D	4
59	Cuarcitas feldespáticas. Cuarcitas de Dradelo	BAJA	G	3
60	Esquistos, paragneises, cuarcitas feldespáticas y mármoles	BAJA	G	3
61	Esq., paragn., metar., niv.carb./calcosilic.Esq.Villalcampo,Serie del Duero,Metased.Sist.Central	BAJA	G	3
62	Mármoles, calizas y rocas de silicatos cálcicos	MEDIA	C	5
64	Piz., cuarc. y arenis.(Capas de los Montes).Esq., piz. y cuarc. (F.Puebla, Cerezal, Sta.Eufemia)	BAJA	B	3
65	Pizarras y areniscas. Formaciones Villafior y Campillo	BAJA	B	3
66	Pizarras y cuarcitas. Fm. Casayo	BAJA	B	3
67	Calizas. Calizas de Aquiana	MEDIA	C	6
68	Pizarras. Fm. Rozadais	BAJA	B	3
69	Areniscas y pizarras. Fm. Losadillo	BAJA	B	3
70	Pizarras, ampelitas. E interc. de cuarcit., caliz. y metavulc.Capas de Garganta, Fm. Manzanal	BAJA	B	3
71	Areniscas, pizarras y calizas. Capas de Saceda. Fm. Almendra	MEDIA	D	5
72	Conglomerados, pizarras y grauvacas. Fm. San Clodio	BAJA	B	4
73	Esquistos,esq.grafit.,filitas,cuarc.,ampel.y liditas. Grupos Nogueira, Paraño y Fm. Rábano	BAJA	B	3
74	Anfibolitas, metagabros,eclogitas,granulitas máficas,metaperidotitas,serpentinitas y esq.verdes.	BAJA	G	3
75	Esq.,paragn.,cuarc.,metav.ácid.,micesq. Esq.Ordenes,C.Ortegal,Malpica-Tuy y Lalín-Forcarey	BAJA	G	3
76	Pizarras, esquistos, metareniscas y gneises anfibólicos. Serie de Villalba	BAJA	G	3
77	Areniscas,microconglom. y pizarras, con niv. carbonatados. Grupo Cándana y Aren. Herrería	BAJA	D	4
78	Calizas y dolomías. Calizas de Vegadeo y Láncara	ALTA	I	8
79	Pizarras, areniscas y cuarcitas. Serie de los Cabos	BAJA	B	3
80	Pizarras. Pizarras de Luarca y Sueve	MUY BAJA	B	2
81	Areniscas, pizarras y cuarcitas. Fm. Agüeira	BAJA	B	3
82	Cuarcitas. Cuarcita de Vega	BAJA	G	3
83	Brechas sedimentarias y niveles carbonosos	BAJA	F	4
84	Lutitas, areniscas y conglomerados	BAJA	F	4
85	Pizarras, areniscas y microconglomerados. Pizarras de Lancea	BAJA	B	3
86	Cuarcitas, pizarras y rocas volcanocl. y volcanosed. Cuarcita de Barrios y Fm. Oville	BAJA	B	3
87	Rocas volcanodetríticas	MUY BAJA	I	2
88	Areniscas ferrug., pizarras ampel. y areniscas. Areniscas de S.Pedro y Furada. Fm.Formigoso	BAJA	D	4
89	Calizas, dolomías y lutitas. Fm. Rañeces, Abadía y La Vid	MEDIA	E	5
90	Calizas arrecifales. Calizas de Santa Lucía y Moniello	ALTA	J	8
91	Pizarras y areniscas. Pizarras de Hurgas	MUY BAJA	B	2
92	Calizas. Calizas de Portilla y de Candás	ALTA	J	8
93	Areniscas, pizarras y conglomerados. Fm. Ermita, Fueyo y Nocedo	BAJA	D	4
94	Calizas y lutitas, rojas. Caliza Griotte, Calizas de Alba, Vegamián, Baleas y Barcaliente	MEDIA	E	5
95	Turbiditas.	MUY BAJA	A	2
96	Calizas. Calizas de Valdeteja	ALTA	J	8
97	Pizarras, lutitas, areniscas, carbón y calizas. Grupos Sama, Lena, etc.	MUY BAJA	B	2
98	Conglomerados. Fm. Curavacas	ALTA	H	8
99	Calizas. Calizas de Picos, Escalada, etc.	MUY ALTA	J	9

100	Calizas. Caliza de Puentelles	MUY ALTA	J	9
101	Conglomerados, areniscas, lutitas y carbón	BAJA	F	4
102	Cuarcitas, pizarr., areniscas, lutitas, conglom., caliz. y dolom. Paleozoico Sierra de la Demanda	BAJA	B	3
104	Cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas, calizas y dolomías. Paleozoico Ibérica Aragonesa	BAJA	E	4
105	Pizarras, areniscas, cuarcitas, calizas y margas	BAJA	E	4
106	Pizarras, limolitas y cuarcitas	BAJA	B	3
107	Cuarcitas, pizarras y areniscas	BAJA	B	3
108	Calizas, margas, cuarcitas y pizarras	BAJA	E	4
109	Pizarras, areniscas y pizarras arcillosas	MUY BAJA	B	2
110	Pizarras, cuarcitas y areniscas	BAJA	B	3
111	Pizarras, areniscas, conglomerados y carbón	BAJA	B	3
112	Areniscas y grauvacas	BAJA	D	4
113	Riolitas, cineritas y grauvacas. Zona de Molina de Aragón	BAJA	I	3
114	Lutitas, areniscas, conglomerados y tobas volcánicas	BAJA	F	4
115	Calizas. Zona de Molina de Aragón	MEDIA	C	6
116	Alternancias de pizarras, areniscas y cuarcitas	BAJA	B	3
117	Cuarcitas y pizarras	BAJA	B	3
119	Rocas volcánicas	BAJA	I	3
120	Conglomerados, areniscas y lutitas	BAJA	F	4
121	Pizarras	MUY BAJA	B	2
122	Calizas, areniscas y lutitas	BAJA	E	4
123	Cuarcitas, pizarras y calizas	BAJA	E	4
124	Calizas, pelitas y areniscas	MEDIA	E	5
125	Grauvacas y pizarras. Facies Culm.	MUY BAJA	B	2
126	Andesitas, riocitas e ignimbritas	MUY BAJA	I	2
127	Filitas, esquistos, cuarcitas, calizas, pizarras y corneanas (Rocas metamórficas)	MUY BAJA	B	2
128	Turbiditas, pelitas, areniscas y calizas	MUY BAJA	A	2
129	Conglomerados, grauvacas, pizarras y areniscas	BAJA	D	4
130	Calizas, calcoesquistos y pizarras	ALTA	E	7
131	Filitas, cuarcitas, micasquistos y yesos	MUY BAJA	G	2
132	Mármoles	MEDIA	C	6
133	Micasquistos, cuarcitas y gneises	MUY BAJA	G	2
134	Metabasitas (diabasas, serpentinitas, anfíbolitas)	BAJA	G	3
135	Mármoles	ALTA	C	7
136	Calizas, dolomías y mármoles	ALTA	J	8
137	Dolomías, calizas y margas (F. Muschelkalk)	MEDIA	C	6
138	Lutitas rojas, con niveles de yeso y dolomías	MUY BAJA	A	1
139	Lutitas rojas, areniscas, conglomerados, margas, dolomías y yesos	MUY BAJA	A	1
140	Areniscas	BAJA	D	4
141	Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)	MUY BAJA	A	2
143	Dolomías	ALTA	J	8
144	Dolomías y calizas	ALTA	J	8
145	Conglomerados, areniscas, arenas, y a veces calizas, dolomías y margas	BAJA	H	6
147	Calizas, dolomías y margas	ALTA	E	7
148	Lutitas y margas	BAJA	A	2
149	Lutitas, areniscas, conglomerados y, a veces, calizas arenosas	BAJA	A	2
150	Dolomías, calizas dolomíticas y calizas	MUY ALTA	J	9
152	Areniscas, arenas, calizas arenosas, margas, arcillas y margocalizas	BAJA	E	4
153	Areniscas, lutitas y margas	BAJA	D	4
155	Rocas volcánicas	MUY BAJA	I	2
156	Dolomías y calcarenitas	MUY ALTA	J	9

157	Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)	ALTA	C	7
158	Calizas grises con crinoides	ALTA	J	8
159	Margas, calizas bioclásticas y margosas. Fm. Margas Cerro del Pez, etc.	BAJA	E	4
160	Calizas generalmente oolíticas, con nódulos de sílex y, a veces, margas (Fm. Carb. de Chelva)	MEDIA	E	5
161	Margas, calizas y margocalizas	BAJA	E	4
163	Calizas oncolíticas y pisolíticas	MEDIA	C	6
164	Dolomías y calizas	ALTA	J	8
165	Calizas de oncolitos. Calizas de Higuieruelas	ALTA	J	8
166	Conglomerados, areniscas, limolitas y calizas oolíticas. Facies Purbeck	BAJA	H	6
167	Calizas, dolomías y margas. Facies Purbeck	MEDIA	C	6
169	Calizas, calizas margosas y margas. Facies Weald	BAJA	E	4
170	Ortoconglomerados, arcillas, margas y calizas	MEDIA	E	5
171	Arcillas y limolitas. Facies Weald	MUY BAJA	A	1
172	Calizas, dolomías, arcillas, areniscas y margas abigarradas. Facies Weald	MEDIA	E	5
173	Calizas arrecifales, con rudistas, calizas bioclásticas, dolomías y margas	MUY ALTA	J	9
174	Margas, calizas, arcillas y dolomías	MEDIA	E	5
175	Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F. Utrillas), a veces con dolomías (F. Ar. y Arc. Segovia)	MEDIA	F	5
176	Calizas oquerosas rojizas y margas blancas	MEDIA	C	6
177	Lutitas y areniscas (Facies Flysch)	MUY BAJA	A	2
178	Brechas y olistostroma	MEDIA	H	7
179	Areniscas y conglomerados	MEDIA	D	6
180	Calizas blancas con rudistas	ALTA	J	8
181	Calizas, calizas oolíticas, margas, brechas y dolomías	MEDIA	E	5
182	Dolomías	MUY ALTA	J	9
183	Calizas, calizas margosas y margas	MEDIA	E	5
184	Calizas, margas y areniscas	MEDIA	E	5
185	Arenas, areniscas, arcillas, calizas y margas. Facies Purbeck	BAJA	F	4
187	Calizas, margas, arcillas y areniscas	MEDIA	E	5
189	Margas, calizas y areniscas	BAJA	E	4
191	Margas y calizas	BAJA	E	4
192	Arenas, areniscas y calizas con Toucasias y orbitolinas	ALTA	D	7
193	Margas, calizas, calizas bioclásticas y/o arenosas y areniscas	MEDIA	E	5
194	Arenas y arcillas, con lignitos. Fm. Escucha	BAJA	F	4
196	Arenas, margas y calizas	MEDIA	E	5
197	Calizas, dolomías, margas (Dol. Villa de Ves, Caballar; F. Tabladillo, Hontoria; Mgas. Chera)	MEDIA	E	5
198	Dolomías masivas. Dolomías de la Ciudad Encantada	MUY ALTA	J	9
199	Margas con niveles dolomíticos. Fm. Margas de Alarcón	BAJA	A	2
200	Conglomerados y arcillas rojas (Zona de Sigüenza)	MEDIA	F	5
201	Calizas, dolomías, brechas dolomíticas y margas	ALTA	C	7
203	Arcillas, margas, yesos masivos y, localmente, arenas y gravas. Fm. Villalba de la Sierra	MEDIA	F	4
204	Calizas de gasterópodos, margas, margocalizas y, a veces, conglomerados y yesos	MEDIA	E	5
205	Conglomerados, arenas y limos con sílice	MEDIA	F	5
206	Dolomías, calizas y margas	ALTA	E	7
207	Calizas, margas, margocalizas, calcarenitas, calizas nodulosas y calizas oolíticas	MEDIA	E	5
208	Calizas, margas, arenas silíceas, arcillas, calcarenitas, margocalizas	BAJA	E	4
209	Calizas, calcarenitas, areniscas, margas y limos	MEDIA	E	5
211	Calizas, calizas con sílex, margocalizas, margas y margocalizas, con coladas basálticas	MEDIA	E	5
213	Margas, margocalizas, radiolaritas y rocas volcánicas	BAJA	A	2
214	Calizas, dolomías y margas	MEDIA	E	5
215	Margas y margocalizas, a veces con arenas	BAJA	A	2
216	Calizas	ALTA	J	8

217	Dolomías, calizas y arenas	ALTA	E	7
218	Calizas con nummulites, margas y areniscas	BAJA	E	4
219	Dolomías y, eventualmente, calizas	ALTA	J	8
220	Margocalizas y calizas	ALTA	E	7
221	Margas color salmón y margocalizas con sílex; margas blancas, verdes y rojas con int.calcareas.	BAJA	A	2
222	Dolomías, calizas oolíticas y margocalizas	MUY ALTA	J	9
223	Margas y margocalizas	MUY BAJA	A	1
224	Calizas con nummulites, margas y areniscas	MEDIA	E	5
301	Arenas y conglomerados	ALTA	H	8
302	Arcillas, margas y calizas	MEDIA	A	2
303	Arenas y arcillas	BAJA	F	4
305	Conglomerados, gravas, arenas y lutitas rojas	MUY ALTA	F	8
307	Gravas, arenas, lutitas. Calizas y margas	ALTA	F	7
308	Conglomerados, gravas, arenas y lutitas rojas	MEDIA	F	5
309	Basaltos, nefelinitas y volcanoclásticos	BAJA	I	3
310	Arenas, arcillas y conglomerados	MEDIA	F	5
311	Arenis.cuarc.,gravas silíc.,conglom.,arcillas rosadas, caliz.,limolitas, y a veces yesos (Garumn)	MEDIA	F	5
312	Arenis.y microcongl.silíc., con rubefacc.(Series Siderolíticas, Ar.de Salamanca, Ud.Torneros)	MEDIA	F	5
313	Arcosas, conglom. y arcillas (Ar. de Cabrerizos y Villamayor).Lut.y arenisc.rojas (F.Aldearrubia)	MEDIA	F	5
314	Margas y arcillas blancas. Margas de Sanzoles	BAJA	A	2
315	Calizas y margas. Calizas de Cubillos	MEDIA	E	5
316	Arenis., lim.y congl.ocres (Ar.Toro-Corrales,Limos de Geroma,Congl.Villalazán,G.Sup-Inf Paleóg.	MEDIA	H	7
317	Conglomerados y areniscas	BAJA	H	6
318	Arcillas y limos	BAJA	A	2
319	Brech.,conglom.,lut.(cantos plut.o paleoz)(F.Olalla,Calzadilla,Peñalba,Escalonilla,Mingorría,etc.)	BAJA	F	4
320	Conglomer.,areniscas y arcillas, rojos(Facies Roja de Toro y Aspariegos, Conglom. de Belver)	BAJA	F	4
321	Arcosas y lim.arc., blanc., gris-verd.u ocre, con costras (Pedraja Port.,Vill.Adaja,Pte.Runel...)	MEDIA	F	5
322	Lutitas arcósicas rojizas, con cantos cuarcíticos y arenas (Facies Peromingo)	BAJA	A	2
323	Lutitas rojas con niv.conglom.,arenis. y costras calcáreas(F.Sta María Campo y U.Detr.Aranda)	MEDIA	F	4
324	Conglomerados fcmtc.calcáreos, areniscas y arcillas rojas y pardas(Compl.Vegaquemada,etc.)	BAJA	F	4
325	Margas, margocalizas y arcillas (Facies Dueñas)	MUY BAJA	A	1
326	Margas yesíferas y yesos (Facies Villatoro)	BAJA	C	3
327	Calizas y margocalizas (Calizas "terminales" de Dueñas)	MEDIA	E	5
328	Limos y arenas ocre, con nivs.congl.y costras (F.Tierra de Campos, Serna, Villalp.-Sahag.)	MEDIA	F	4
329	Conglom.calcár. y arc.rojizas (F. Alar del Rey, Compl. Cuevas, Facies Covarrubias)	MEDIA	F	5
330	Calizas (Calizas "terminales de Tierra de Campos", al este de Burgos)	MEDIA	C	6
331	Margas, margocalizas y arcillas (Facies Cuestas)	BAJA	A	2
332	Calizas y dolomías (Calizas "intra-Cuestas", Calizas de ArÚvalo)	MEDIA	C	6
333	Margas yesíferas y yesos (Facies Cuestas)	BAJA	C	3
334	Arcillas rojas, con intercalaciones de areniscas, margas , calizas y costras (F. Tordómar)	MEDIA	E	4
335	Calizas y margas (Calizas del Páramo 1 o inferior)	MEDIA	E	5
336	Margas, limos, arenas y arcillas, ocre o rojas	BAJA	A	2
337	Gravas silíceas, conglomerados cuarcíticos y arenas (Ab.Cantoral,Guardo,Cegoñal,Vidanes)	BAJA	H	6
338	Calizas, margocalizas y brechas calcáreas y oncolíticas(Calizas del Páramo 2)	MEDIA	E	5
339	Conglomerados cuarcíticos, gravas y arenas silíceas y arcillas (Rañas y otros aluviales finineógenos)	MEDIA	F	5
340	Calizas, calcarenitas, dolomías y margas	ALTA	E	7
341	Megabrechas	ALTA	H	8

342	Lutitas y areniscas (Flysch)	MUY BAJA	A	1
343	Calizas y margas	MEDIA	E	5
344	Areniscas y lutitas. Areniscas de Gongolaz	BAJA	D	4
345	Conglomerados	MEDIA	H	7
346	Margas y margocalizas	BAJA	A	2
347	Sales potásicas	MUY BAJA	C	2
348	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	BAJA	D	4
349	Calizas, localmente con lutitas	BAJA	C	3
350	Lutitas, con intercalaciones de yesos y carbonatos	MUY BAJA	A	1
351	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas	MEDIA	H	6
352	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas, margas y niveles de yeso	MEDIA	H	6
353	Areniscas, lutitas, margas y, localmente, conglomerados	BAJA	F	4
354	Arcillas y margas, con intercalaciones de areniscas y calizas	BAJA	A	2
355	Yesos y arcillas, con alguna intercalación de halita	MUY BAJA	C	2
356	Arcillas, yesos, carbonatos, areniscas y, a veces, conglomerados	BAJA	A	2
357	Calizas, localmente con lutitas	BAJA	C	3
359	Conglomerados, areniscas y lutitas	MEDIA	F	5
360	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	BAJA	F	4
361	Lutitas con intercalaciones de areniscas	BAJA	A	2
362	Lutitas y areniscas, a veces con yesos y calizas	BAJA	A	2
363	Lutitas y margas, con intercalaciones de calizas y yesos	BAJA	A	2
364	Yesos con intercalaciones de lutitas	MUY BAJA	C	2
365	Calizas, localmente con lutitas	BAJA	C	3
366	Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas	MEDIA	F	5
367	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	BAJA	F	4
368	Lutitas con intercalaciones de areniscas	BAJA	A	2
369	Lutitas con intercalaciones de yesos y carbonatos	MUY BAJA	A	1
370	Yesos con intercalaciones de lutitas	MUY BAJA	C	2
371	Calizas, localmente con lutitas	BAJA	C	3
372	Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas	MEDIA	F	5
373	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	BAJA	F	4
374	Lutitas con intercalaciones de areniscas	BAJA	A	2
375	Lutitas con niveles de calizas y, a veces, yesos	BAJA	A	2
376	Yesos con intercalaciones de lutitas	MUY BAJA	C	2
377	Calizas, localmente con lutitas	BAJA	C	3
378	Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Costras a techo	MEDIA	F	5
379	Arenas y gravas. Fangos variolados	MEDIA	F	5
380	Conglomerados, limos, arenas y lutitas	MEDIA	F	5
381	Conglomerados, areniscas, lutitas y calizas	MEDIA	F	5
382	Calizas, margas y calizas margosas. Intercalaciones de lutitas y conglomerados	MEDIA	E	5
383	Yesos	MEDIA	C	6
386	Areniscas, conglomerados y calizas	MEDIA	E	5
387	Calizas y margas	MEDIA	E	5
388	Conglomerados, arenas y lutitas	BAJA	F	4
389	Calizas y margas	MEDIA	E	5
390	Brechas calcáreas, conglomerados, areniscas arcillas y calizas	ALTA	E	7
391	Yesos, margas, arcillas y calizas	BAJA	C	3
392	Conglomerados	MEDIA	H	7
393	Conglomerados y areniscas, con arcillas y limos rojos	MEDIA	F	5
394	Arcillas rojas y areniscas. Conglomerados y calizas, subordinados	BAJA	F	4
395	Arcillas, limos y arenas, con intercalaciones de areniscas y calizas	MEDIA	E	4
396	Margas y calizas	BAJA	E	4



397	Conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas y lignitos	BAJA	F	4
398	Arcillas con cantos y gravas, conglomerados y areniscas	MEDIA	E	4
399	Brechas calcáreo-dolomíticas, rojizas, generalmente con cemento calizo	MEDIA	C	5
400	Arcosas con cantos, conglomerados y arcillas	MEDIA	F	5
401	Lutitas y yesos, con arcillas y areniscas	BAJA	A	2
402	Arcosas a veces con cantos, con lutitas, margas, calizas y, localmente nód. de sílex y yeso	MEDIA	F	5
403	Lutitas, areniscas, conglomerados y, a veces, calizas	BAJA	F	4
404	Lutitas, margas blancas y niveles carbonatados	BAJA	A	2
405	Conglomerados y calizas travertínicas	MEDIA	H	7
406	Calizas y margas blancas, a veces con nódulos de sílex y lignitos	MEDIA	E	5
407	Calizas, calizas margosas y margas	MEDIA	E	5
408	Margas yesíferas y yesos, con arcillas, arenas y, eventualmente margas, calizas y sílex	BAJA	A	2
409	Niveles de sílex y sepiolita	BAJA	A	2
410	Calizas, dolomías y margas	MEDIA	E	5
411	Conglomerados, areniscas y lutitas	MEDIA	F	5
412	Arcosas gruesas, a veces con cantos, limos y fangos arcósicos	MEDIA	F	5
413	Margas, arcillas, yesos, conglomerados, areniscas	BAJA	A	2
414	Lutitas rojas y conglomerados. Lutitas y arenas ocreas, a veces	BAJA	A	2
415	Calizas y margas	MEDIA	E	5
416	Yesos y margas	MEDIA	C	4
417	Arcillas y lutitas (a veces, con cantos y yesíferas), areniscas y conglomerados	BAJA	A	2
418	Calizas, margas, areniscas y limolitas	MEDIA	E	5
419	Calizas (a veces nummulíticas), areniscas, conglomerados, margas y arcillas	BAJA	E	4
420	Conglomerados, arenas, arcillas, calizas y yesos	BAJA	F	4
421	Margas y margocalizas	BAJA	A	2
422	Calizas, margas, limolitas, areniscas y conglomerados	BAJA	E	4
423	Conglomerados poligénicos, areniscas y arcillas rojas	BAJA	F	4
424	Unidad olistostromica-tectonosomica	BAJA	A	2
425	Areniscas silíceas hacia la base, y margas blancas a techo	MUY BAJA	D	3
426	Calizas de algas, y margas blancas	MEDIA	E	5
427	Calcarenitas	MUY ALTA	J	8
428	Turbiditas	BAJA	A	2
429	Margas ("Margas Azules")	MUY BAJA	A	1
430	Conglomerados, gravas, arenas y limos (Formación Roja)	ALTA	F	7
431	Conglomerados, brechas calcáreas, calcarenitas, areniscas y arenas (Facies de borde)	ALTA	H	8
432	Margas ("Azules"), areniscas, arenas y, a veces, yesos	MUY BAJA	A	1
433	Calcarenitas, arenas, gravas, limos y arcillas	MEDIA	F	5
434	Conglomerados, areniscas y calcarenitas (Facies de borde)	ALTA	H	8
435	Conglomerados, arenas, arcillas, calizas, travertinos y yesos (Facies fluvio-lacustres)	MEDIA	F	5
436	Rocas volcánicas peralcalinas	BAJA	I	3
437	Conglomerados, arenas y limos	MEDIA	H	6
438	Calizas arrecifales y calcarenitas	ALTA	J	8
439	Conglomerados, arenas y limos	MEDIA	H	6
440	Conglomerados, arenas y limos rojos	MUY ALTA	H	8
441	Yesos, con arcillas yesíferas y, a veces, margas y limolitas	BAJA	C	3
442	Limos con intercalaciones de margas. Calcarenitas y conglomerados	MEDIA	E	4
443	Conglomerados, areniscas y lutitas (Flysch)	BAJA	F	4
444	Dolomías, calizas y margas	ALTA	E	7
701	Gravas cuarcíticas, arenas silíceas y arcillas (Depósitos de rañas y otros aluviales finineógenos)	MEDIA	F	5
702	Costras calcáreas. Dalles y costras laminares bandeadas y multiacintadas	ALTA	C	7
703	Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glaciares, piedemonte y superficies)	ALTA	F	7

704	Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	ALTA	F	7
705	Bloques, cantos, limos y arcillas (Depósitos de ladera, coluviones, morrenas)	ALTA	F	7
706	Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	MUY ALTA	H	8
707	Arcillas (Rellenos de depresiones kársticas)	MUY BAJA	A	1
708	Travertinos	MUY ALTA	J	10
709	Arenas, limos arenosos y arcillas amarillentas	ALTA	F	7
710	Conglomerados, arenas y arcillas	MEDIA	F	5
711	Bloques, cantos, arcillas (Depósitos glaciares, canchales, coluviones de montaña)	BAJA	F	4
712	Limos, arcillas, materia orgánica y sales (Depósitos de estuario, marismas y sedim. Litorales)	BAJA	A	2
713	Arenas y gravas (Cordones litorales y playas)	ALTA	H	8
714	Arcillas, limos y cantos, turba (Depósitos de áreas endorreicas, dep. lacustres, turberas)	BAJA	A	2
716	Gravas, arenas, limos, arcillas, limolitas, calizas (Cuaternario indiferenciado)	ALTA	F	7
717	Rocas volánicas de Olot (tobas volcánicas, basaltos, brechas piroclásticas)	MUY BAJA	I	2
718	Coladas lávicas de basaltos, nefelinitas, etc. (Campos de Calatrava)	BAJA	I	3
719	Rocas piroclásticas (Campos de Calatrava)	ALTA	I	7
720	Rocas freatomagmáticas (Campos de Calatrava)	ALTA	I	7
1540	Areniscas	BAJA	D	4
1541	Calizas y dolomías	MUY-ALTA	J	9
1542	Margas	MUY BAJA	A	1
1543	Calizas, margas y calcarenitas	MEDIA	E	5
5000	Masa de agua superficial	(-)		
5001	Masa de agua superficial	(-)		
5002	Masa de agua superficial	(-)		
5555	Masa de agua superficial	(-)		

## **ANEXO II: Valoración de la vulnerabilidad a la contaminación de las unidades edafológicas del Mapa de Suelos de Andalucía a escala 1:400.000**

A. Guerra-Merchán. Departamento de Geología. Universidad de Málaga

### **INTRODUCCIÓN**

La valoración de vulnerabilidad del factor suelo vegetal puede llegar a ser compleja en la medida en que son diversos los aspectos a tener en cuenta. En primer lugar hay que considerar las características esenciales de los diferentes tipos de suelos. Para ello se ha teniendo en cuenta la siguiente tabla:

TIPO DE SUELO	VALOR
Arcilla no expansiva y desagregada	1
Suelo orgánico	2
Franco-arcillosa	3
Franco-limosa	4
Franco	5
Franco-arenosa	6
Arcilla expansiva y/o agregada	7
Turba	8
Arena	9
Grava	10
Delgado o ausente	10

**Tabla 1.- Valor de vulnerabilidad correspondiente al factor suelo vegetal.**

Cuando los tipos de suelos se deben valorar en función de su textura, se ha tenido en cuenta el tipo de textura dominante que se describe en la leyenda del mapa de suelos de Andalucía y, cuando no se dispone de este dato, se ha considerado la textura dominante de los suelos representados en los Mapas de suelos de las hojas del LUCDEME dentro de Andalucía.

Otro aspecto a tener en cuenta es que las unidades edáficas del mapa de suelos de Andalucía a escala 1:400.000 consisten en asociaciones de unidades taxonómicas, en las que aparecen uno o varios suelos dominantes, acompañados de uno o varios suelos como inclusiones. De esta forma, el valor asignado tiene un peso mayor sobre el tipo o tipos de suelos dominantes. No obstante, se han considerado también los tipos de suelos que aparecen como inclusiones, para valorar de forma relativa y comparativamente aquellas unidades que presentan similares tipos de suelos dominantes. En la tabla 2 se reflejan una serie de criterios concernientes a este aspecto.

Valor	Descripción
1	Unidades con texturas arcillosa o arcillo limosa, que contienen arcillas tipo esmectítico, illítico y caolinítico
2	Unidades con texturas más francas que franco-arcilloso, pero las arcillas no son del tipo esmectítico, illítico y caolinítico
3	Unidades exclusivamente con suelos dominantes que presenten horizonte árgico (luvisoles y planosoles)
4	Unidades que además de otros suelos (por ejemplo cambisoles y xerosoles), presentan como dominantes suelos con horizonte árgico (sobre todo luvisoles)
5	Unidades con cambisoles, regosoles y xerosoles con textura franca, siempre y cuando no presenten suelos con horizonte árgico.
6	Unidades con cambisoles y regosoles con textura más gruesa que franca, siempre y cuando no estén asociados a otros suelos que por sus características deban ser valorados más bajos o más altos
7	Unidades con vertisoles como suelos dominantes, o bien, suelos como los cambisoles vérticos, que también presentan abundantes grietas de desecación
8	Unidades que presentan histosoles como suelos dominantes
9	Unidades con textura arenosa o que presentan arenosoles como suelos dominantes
10	Unidades que presentan litosoles (leptosoles) como suelos dominantes

Tabla 2.- Criterios relacionados con la textura y las asociaciones de suelos dominantes.

## VALORACIÓN DE LAS UNIDADES

### Unidades 1 a 3

En estas tres unidades los suelos que aparecen como dominantes son fluvisoles. La diferenciación entre ellos se basa en que el material edáfico sea calcáreo (fluvisol calcáreo) o no sea calcáreo y presente una saturación en bases cambiables igual o superior al 50% (fluvisoles eútricos).

Este tipo de suelo se forma sobre sedimentos recientes, que continuamente están recibiendo aportes sedimentarios. Son muy abundantes en las llanuras fluviales, conos de deyección y valles de las áreas montañosas, con pendientes inferiores al 2%. Los perfiles son poco evolucionados y poco diferenciados, tipo AC. El horizonte propiamente edáfico es el horizonte A, debajo del cual puede aparecer uno o varios horizontes tipo C que se corresponden más que con horizontes, con los estratos de los sedimentos fluviales, por lo que el espesor real de suelo es bajo. La mayor parte de estos suelos están formados sobre los depósitos de gravas fluviales y presentan una textura gruesa (franca, franco-arenosa o arenosa), con una permeabilidad alta. La valoración más correcta por el tipo de suelo dominante sería entre 9 y 10. No obstante, estas unidades presentan ciertas diferencias en lo que respecta a las inclusiones.

En las unidades 1 y 3, los fluvisoles están acompañados de otros tipos de suelos, mientras que en la unidad 2, sólo aparecen fluvisoles. Los suelos que acompañan a los fluvisoles son más evolucionados. En el caso de la unidad 1, el suelo consiste en un cambisol eútrico, que presenta un perfil ABwC, está más alterado y suele presentar una textura más fina. Para la unidad 3, el suelo que aparece es xerosol cálcico (calcisol en la nomenclatura de la FAO de 1990), el cual se caracteriza por presentar un perfil ACK o ABwCk. En este caso se trata de un suelo que presenta acumulación en profundidad de carbonato cálcico. La presencia de los horizontes Bw y Ck presupone una disminución de la permeabilidad, por lo que comparativamente se considera más apropiado asignar un valor 9 para las unidades 1 y 3, y asignar un valor 10 para la unidad 2, en la que solamente aparecen fluvisoles.

#### Unidades 4 a 14

Estas unidades se caracterizan por presentar como suelo dominante regosoles, aunque según la unidad van acompañados de otros suelos diferentes. Para valorar a estas unidades se van a tener en cuenta: suelos acompañantes como dominantes e inclusiones, textura dominante y tipo de roca original.

La unidad 4 presenta como suelos dominantes regosoles y como inclusión arenosoles. Se forma sobre materiales arenosos y los suelos presentan una textura gruesa. Las texturas gruesas se corresponden con la arenosa y la arenosa-franca. Su valoración debería ser superior a 6 (que corresponde a la textura franco-arenosa) e inferior a 9 (que se asigna a unidades que presentan como suelos dominantes arenosoles, ver unidades 20 y 64). Dado que se trata de suelos poco evolucionados y poco potente en lo que respecta al solum (horizontes tipo A y B) y están sobre un material arenoso, se opta por darle una valoración 8.

Las unidades 5 y 6 son prácticamente iguales. La diferencia consiste en que en la unidad 5, el suelo tipo ranker (leptosol dístrico en la clasificación de la FAO de 1990) aparece como inclusión, mientras que en la unidad 6 aparece asociado a los otros tipos de suelos. A diferencia de la anterior, estas dos unidades presentan litosoles (leptosoles líticos en la clasificación de la FAO de 1990). Este tipo de suelo se caracteriza por ser muy delgado (espesor inferior a 30 cm), lo que apuntaría a darle una valoración más alta. Estos suelos van a dominar en las zonas altas con mayor pendiente. Por el contrario, en las zonas de ladera y zonas más bajas, donde la pendiente es menor, pasarán a predominar los regosoles (AC) y cambisoles (ABwC). Además, según consta en la memoria del mapa, estos suelos presentan una textura media a gruesa. Todo ello justifica una valoración superior a la anterior. De esta forma, se opta por darle a ambas un valor 9, dejando el valor 10 para las unidades donde predominen los litosoles (leptosoles).

La unidad 11 se parece a las dos anteriores en la presencia como suelos dominantes de regosoles y litosoles (leptosoles). En cambio se

diferencia en que los cambisoles aparecen como inclusiones. Los suelos de esta unidad presentan perfiles de tipo AR (leptosoles) y AC (regosoles), con espesores muy bajo. Su valoración es 10.

Las unidades 13 y 14 son idénticas a nivel de suelos dominantes (regosoles calcáreos y cambisoles cálcicos). Se diferencian a nivel de las inclusiones. En el caso de la unidad 13, los suelos se forman sobre margas y margocalizas terciarias y muestran textura arcillosa o arcillo-limosa. Por otra parte, las arcillas son de tipo esmectítico, illítico y caolinítico, por lo que su valoración es 1. La unidad 14 se forma sobre margas, yesos y calizas triásicas y terciarias. Los suelos de referencia del catálogo de suelos de Andalucía desarrollados sobre margas, correspondientes a esta unidad, corresponden a regosoles y presentan texturas franco-arcillo-arenosa y limosa. Además, esta unidad presenta como inclusión a luvisoles, que son suelos con horizonte árgico (rico en arcilla por lavado). Al presentar texturas más finas que franco-limosa se le asigna un valor 3.

En las unidades 9 y 10, los suelos dominantes son exclusivamente regosoles y no aparecen inclusiones. En general son suelos poco potentes y poco evolucionados, que se deben valorar en función de la textura. En relación con el tipo de roca y grado de evolución, cabe esperar como más probable, que las texturas sean medias a gruesas, por lo que se les asigna un valor 6. En cambio, en las restantes unidades (7, 8 y 12), los regosoles están acompañados, también como suelos dominantes, por otros suelos algo más evolucionados, como son los xerosoles (calcisoles, cambisoles o luvisoles en la clasificación de la FAO de 1990) en las unidades 7 y 12, o los cambisoles en la 8 y 12. La existencia de estos suelos más evolucionados, podría inducir a pensar en que las texturas sean algo más fina y se les pueda asignar un valor inferior. No obstante, este aspecto podría ser contrarrestado por el hecho de que en las unidades 7 y 12 aparecen litosoles (leptosoles) como dominantes o inclusiones, los cuales al ser suelos muy delgados, apuntarían hacia un valor mayor. De esta forma, se considera compensado los dos aspectos y se asigna un valor 6 para las unidades 7 y 12. Mención aparte merece la unidad 8, que aunque es muy parecida a las dos anteriores (7 y 12), en ésta aparecen también luvisoles como suelos dominantes. Dado que los luvisoles son suelos con un horizonte árgico (rico en arcilla por lavado), cabe esperar texturas más finas, por lo que su valoración sería algo más baja, asignándole un valor 4. Se deja el valor 3 para cuando son los luvisoles los suelos dominantes en asociación con suelos más evolucionados que los regosoles, o se trata de texturas más finas que franco-limosas.

#### Unidades 15 a 19

Estas unidades se caracterizan por el predominio de los litosoles, que por lo general, a penas superan los 10 cm (leptosoles líticos de la clasificación de la FAO de 1990). Otra característica a destacar es el relieve de estas unidades, que es fuertemente socavado, con pendientes que supera el 25%. Este aspecto condiciona que sean frecuentes los afloramientos rocosos. Así pues, el valor que le corresponde a estas

unidades sería 10. No obstante, la unidad 15 y 19, presentan también como suelos dominantes, aunque no tanto como los litosoles, a suelos más evolucionados del tipo luvisol. Estos suelos aparecen ocupando las zonas más bajas de las laderas y de los valles de montaña. Esta diferencia podría justificar que estas dos unidades sean valoradas con un 9.

#### Unidad 20

Esta unidad presenta un claro predominio de arenosoles, los cuales aparecen asociados a cambisoles, gleysoles y rankers arenosos (leptosoles dístricos, según FAO 1990). Dado que esta unidad se desarrolla sobre sedimentos arenosos profundos, la textura de los suelos es muy gruesa, y por tanto, su valoración debe ser 9.

#### Unidades 21 a 23

Estas unidades se localizan sobre margas y margocalizas con un relieve entre plano y ondulado, lo que condiciona que se desarrollen como suelos dominantes los vertisoles. Estos suelos se caracterizan por presentar un alto contenido en arcillas expansibles causantes de la formación de anchas y profundas grietas cuando se secan. La existencia de abundantes grietas, anchas y profundas, facilitan la penetración de los contaminantes, por lo que el valor que se le asigna es algo superior a los suelos que se valoran por su textura. Su valoración es 7.

#### Unidad 24

Esta unidad está desarrollada sobre sedimentos arcillosos fluvio-marinos de relleno de estuarios o marismas. El suelo dominante es solonchak, caracterizado por el contenido en sales más solubles que el yeso. Dada la naturaleza del material original, la textura de estos suelos es muy fina (arcillosa). Al presentar una textura más fina que franco-arcillosa su valoración debe ser inferior a 3. Así pues, se le asigna una valoración 2.

#### Unidades 25 a 30

En estas unidades los suelos dominantes son los xerosoles, que son suelos con un régimen de humedad árido. Los horizontes que pueden presentar estos suelos son: A (ócrico), B (cámbico Bw o árgico Bt) y C (cálcico o petrocálcico, gípsico o petrogípsico). En clasificaciones más modernas de la FAO, este tipo de suelo se incluiría en los cambisoles, luvisoles, calcisoles o gipsisoles, respectivamente según los horizontes tipo B y C indicados.

En la unidad 25, los suelos presentan un perfil A Bwk Ck, con horizonte B cámbico, textura franca y horizonte petrocálcico a menos de 50 cm de profundidad. Por la textura habría que asignarle un valor 5. No obstante, en relación con la presencia del horizonte petrocálcico (horizonte de acumulación de carbonato cálcico y fuertemente cementado), se

presupone una disminución de la permeabilidad en profundidad, por lo que se le asigna un valor 4.

Las unidades 26 a 29 están desarrolladas al igual que la anterior sobre conglomerados, arenas y limos del Terciario y Cuaternario. También van a presentar, por lo general texturas medias (franca), pero a diferencia de la anterior, no presentan horizonte petrocálcico. De esta forma, se les asigna un valor 5. No obstante, la unidad 29 presenta una notable diferencia con las otras tres (26, 27 y 28). Se trata de una unidad en la que aflora la roca madre en mayor extensión, sobre todo en los barrancos. Esto condiciona que en esta unidad aparezcan litosoles (leptosoles) como suelos dominantes acompañando a xerosoles. Por ello se considera conveniente asignarle un valor ligeramente superior, es decir, 6.

La unidad 30 presenta notables diferencias con respecto a las anteriores. Por una parte, los xerosoles, como suelos dominantes, se sitúan sobre una costra caliza de gran espesor que aparece a una profundidad de 40-50 cm (podría caracterizar un horizonte petrocálcico). También aparecen como suelos dominantes xerosoles lúvicos, que en clasificaciones más modernas se incluyen dentro de los luvisoles. Estos suelos se caracterizan por presentar un horizonte argílico (acumulación de arcilla). Estos dos aspectos hace disminuir considerablemente la permeabilidad del suelo, por lo que, en comparación con la unidad 25, se le asigna un valor 3.

#### Unidades 31 a 49

Todas estas unidades se caracterizan por presentar cambisoles como suelos dominantes que ocupan mayor extensión. En un principio, la valoración debe realizarse en relación con la textura. No obstante, también se va a considerar el material original y, sobre todo, el tipo de suelos que aparecen como dominantes acompañando a los cambisoles.

Las unidades 31 a 34 y 39 se desarrollan sobre materiales de naturaleza silicatada, bien sean metamórficos o magmáticos. Los suelos dominantes son los cambisoles, los demás que aparecen como dominantes ocupan mucha menos extensión, pero no lo suficientemente baja para considerarlos inclusiones. Los cambisoles de estas unidades suelen presentar textura franco-arenosa o franca, por lo que les corresponde un valor 6/5 respectivamente. Salvo en las unidades 32 y 33, que aparecen luvisoles ocupando poca extensión, se puede considerar que los suelos que le siguen en importancia a los cambisoles son los regosoles y rankers (leptosol dístico), los cuales son suelos menos potentes y menos evolucionados, en todo caso con texturas más gruesas y mayor contenido en fragmentos de roca dentro del perfil. En relación con ello, se opta por asignar el valor mayor, es decir, 6.

Las unidades 35 a 38 y la 46 y 47 se caracterizan por presentar luvisoles como suelos dominantes, después de los cambisoles. La existencia del horizonte argílico en los luvisoles, con una textura fina, generalmente



arcillosa, contribuye a disminuir la permeabilidad de los suelos. De esta forma, para estas unidades se considera más adecuado asignar un valor inferior al correspondiente a la textura media. Así pues, se asigna el valor 4, dejando el valor 3 para las unidades donde predominen los luvisoles.

Las unidades 40 a 45 se caracterizan por el predominio de cambisoles cálcicos en relación con la naturaleza carbonatada del material original. En general, los suelos que acompañan a los cambisoles (regosoles, fluvisoles, leptosoles) son suelos poco evolucionados, sin ningún carácter determinante a la hora de realizar la valoración. El tipo de textura más frecuente en los suelos de esta unidad es la franca, por lo que se les asigna un valor 5.

Las unidades 48 y 49 se caracterizan por presentar como material original arcillas y margas, con un relieve colinado. El tipo de material original ha condicionado que en estas unidades, junto con los cambisoles, se desarrollen vertisoles y que los cambisoles sean del tipo vértico. La diferencia entre un cambisol vértico y un vertisol radica en que probablemente, las grietas desarrolladas en el cambisol vértico no adquieran las dimensiones requeridas para que el suelo se considere vertisol. En relación con estos aspectos, a estas dos unidades se le asigna también el valor 7, al igual que a las unidades 21 a 23.

#### Unidades 50 a 60

Estas unidades presentan como suelos dominantes luvisoles, que se caracterizan por presentar un horizonte argílico (acumulación de arcilla por lavado) saturado en bases cambiables. La existencia del horizonte argílico condiciona que parte del suelo presente una textura arcillosa o franco-arcillosa, lo que hace disminuir su permeabilidad. Teniendo en cuenta que los luvisoles son los suelos dominantes en todas estas unidades, la valoración que le corresponde es 3.

#### Unidades 61 y 62

Estas dos unidades se caracterizan por presentar como suelos dominantes planosoles. Estos suelos presentan un horizonte E álbico sobre un horizonte lentamente permeable, que suele ser un horizonte argílico. Esto hace que tengan bastante afinidad con los luvisoles. Por ello, a estas dos unidades se les asigna también un valor 3.

#### Unidad 63

Esta unidad está caracterizada por histosoles, que son suelos formados por acumulación de grandes cantidades de materia orgánica sin evolucionar en medios encharcados (turberas). A esta unidad le corresponde un valor 8.

#### Unidad 64

Esta unidad se caracteriza por presentar regosoles y arenosoles desarrollados sobre sedimentos arenosos de origen litoral o eólico. Los suelos presentan textura arenosa, por lo que se le asigna un valor 9.

COD	DESCRIPCION	VALOR
1	FLUVISOLES EUTRICOS; CAMBISOLES EUTRICOS	9
2	FLUVISOLES CALCAREOS (FLUVISOLES EUTRICOS)	10
3	FLUVISOLES CALCAREOS; XEROSOLES CALCICOS; CON INCLUSIONES DE REGOSOLES CALCAREOS	9
4	REGOSOLES EUTRICOS; REGOSOLES DISTRICOS E INCLUSIONES DE ARENOSOLES ALBICOS.	8
5	REGOSOLES EUTRICOS; LITOSOLES; CAMBISOLES EUTRICOS; INCLUSIONES DE RANKERS.	9
6	REGOSOLES EUTRICOS; LITOSOLES; CAMBISOLES EUTRICOS; RANKERS.	9
7	REGOSOLES EUTRICOS; XEROSOLES HAPLICOS; LITOSOLES.	6
8	REGOSOLES EUTRICOS; CAMBISOLES EUTRICOS; LUVISOLES ORTICOS; CON INCLUSIONES DE LITOSOLES.	4
9	REGOSOLES CALCAREOS; REGOSOLES EUTRICOS.	6
10	REGOSOLES CALCAREOS.	6
11	REGOSOLES CALCAREOS; LITOSOLES E INCLUSIONES DE CAMBISOLES CALCICOS.	10
12	REGOSOLES CALCAREOS; XEROSOLES CALCICOS ; INCLUSIONES DE LITOSOLES Y FLUVISOLES CALCAREOS.	5
13	REGOSOLES CALCAREOS; CAMBISOLES CALCICOS CON INCLUSIONES DE LITOSOLES	1
14	REGOSOLES CALCAREOS; CAMBISOLES CALCICOS CON INCLUSIONES DE LUVISOLES CROMICOS Y FLUVISOLES CALCAREOS.	3
15	LITOSOLES; REGOSOLES EUTRICOS; LUVISOLES CROMICOS E INCLUSIONES DE CAMBISOLES EUTRICOS.	9
16	LITOSOLES; REGOSOLES DISTRICOS.	10
17	LITOSOLES; XEROSOLES LUVICOS.	10
18	LITOSOLES; CAMBISOLES CALCICOS; XEROSOLES CALCICOS.	10
19	LITOSOLES; LUVISOLES CROMICOS; RENSINAS (CAMBISOLES CALCICOS).	9
20	ARENOSOLES ALBICOS; CAMBISOLES HUMICOS; GLEYSOLES DISTRICOS. A VECES INCLUSIONES DE RANKERS ARENOSOS.	9
21	VERTISOLES PELICOS; RENDSINAS; REGOSOLES CALCAREOS.	7
22	VERTISOLES PELICOS; VERTISOLES CROMICOS.	7
23	VERTISOLES CROMICOS; CAMBISOLES VERTICOS (CAMBISOLES CALCICOS; REGOSOLES CALCAREOS Y VERTISOLES PELICOS).	7
24	SOLONCHAKS TAKIRICOS Y GLEICOS.	2
25	XEROSOLES CALCICOS.	4
26	XEROSOLES CALCICOS; FLUVISOLES CALCAREOS; INCLUSIONES DE REGOSOLES CALCAREOS.	5
27	XEROSOLES CALCICOS; REGOSOLES CALCAREOS	5
28	XEROSOLES CALCICOS; REGOSOLES CALCAREOS; INCLUSIONES DE FLUVISOLES CALCAREOS.	5
29	XEROSOLES CALCICOS; LITOSOLES; INCLUSIONES DE FLUVISOLES CALCAREOS.	6
30	XEROSOLES CALCICOS; XEROSOLES LUVICOS CON INCLUISIONES DE REGOSOLES CALCÁRICOS Y FLUVISOLES CALCÁREOS	3
31	CAMBISOLES EUTRICOS; REGOSOLES EUTRICOS; LITOSOLES; INCLUSIONES DE RANKERS.	6
32	CAMBISOLES EUTRICOS; REGOSOLES EUTRICOS; LUVISOLES CROMICOS; E INCLUSIONES DE LITOSOLES.	6
33	CAMBISOLES EUTRICOS; RANKERS; LUVISOLES ORTICOS; CON INCLUSIONES DE LUVISOLES CROMICOS.	6
34	CAMBISOLES EUTRICOS	6
35	CAMBISOLES EUTRICOS; LUVISOLES CROMICOS; LITOSOLES; CON INCLUSIONES DE CAMBISOLES DISTRICOS Y RANKERS.	4
36	CAMBISOLES EUTRICOS; LUVISOLES CROMICOS; CAMBISOLES CALC.; INCLUSIONES DE REGOSOLES EUTRICOS; REGOSOLES CALC. Y LUVISOLES CAL.	4
37	CAMBISOLES EUTRICOS; LUVISOLES CROMICOS; LUVISOLES ORTICOS.	4
38	CAMBISOLES EUTRICOS; LUVISOLES CROMICOS; LUVISOLES ORTICOS.	4
39	CAMBISOLES DISTRICOS; PHAEZEMAS HAPLICOS; RANKERS; CAMBISOLES HUMICOS; REGOSOLES DISTRICOS (ESQUELETICO ARENOSO); LITOSOLES.	6
40	CAMBISOLES CALCICOS	5
41	CAMBISOLES CALCICOS; INCLUSIONES DE REGOSOLES CALCAREOS.	5
42	CAMBISOLES CALCICOS; INCLUSIONES DE REGOSOLES CALCAREOS; FLUVISOLES CALCAREOS Y LUVISOLES CALCICOS.	5
43	CAMBISOLES CALCICOS; REGOSOLES CALCAREOS; INCLUSIONES DE LITOSOLES; FLUVISOLES CALCAREOS; CAMBISOLES VERTICOS.	5
44	CAMBISOLES CALCICOS; REGOSOLES CALCAREOS; LITOSOLES; E INCLUSIONES DE RENDSINAS.	5
45	CAMBISOLES CALCICOS; CAMBISOLES GLEICOS; REGOSOLES CALCAREOS.	5
46	CAMBISOLES CALCICOS; LUVISOLES CROMICOS; REGOSOLES CALCAREOS.	4
47	CAMBISOLES CALCICOS; LUVISOLES CALCICOS; LUVISOLES CROMICOS; INCLUSIONES DE LITOSOLES Y FLUVISOLES CALCAREOS.	4

48	CAMBISOLES VERTICOS; REGOSOLES CALCAREOS; VERTISOLES CROMICOS; INCLUSIONES DE CAMBISOLES CALCICOS.	7
49	CAMBISOLES VERTICOS; VERTISOLES CROMICOAS; CAMBISOLES CALCICOS;	7
50	LUVISOLES ORTICOS; LUVISOLES GLEICOS.	3
51	LUVISOLES ORTICOS; LUVISOLES GLEICOS; CAMBISOLES EUTRICOS.	3
52	LUVISOLES CROMICOS; INCLUSIONES DE CAMBISOLES CALCICOS Y LITOSOLES.	3
53	LUVISOLES CROMICOS Y REGOSOLES.	3
54	LUVISOLES CROMICOS; REGOSOLES EUTRICOS; LITOSOLES; INCLUSIONES DE PHAOZEMS Y CAMBISOLES EUTRICOS.	3
55	LUVISOLES CROMICOS; LITOSOLES; REGOSOLES EUTRICOS; NITOSOLES DISTRICOS.	3
56	LUVISOLES CROMICOS; CAMBISOLES EUTRICOS; LITOSOLES	3
57	LUVISOLES CALCICOS; CAMBISOLES CALCICOS; CAMBISOLES EUTRICOS; LUVISOLES CROMICOS; REGOSOLES CALCAREOS E INCLUS. DE LITOSOLES.	3
58	LUVISOLES CALCICOS; CAMBISOLES CALCICOS; LUVISOLES CROMICOS; REGOSOLES CALCAREOS.	3
59	LUVISOLES CALCICOS; LUVISOLES CROMICOS; LUVISOLES GLEICOS.	3
60	LUVISOLES GLEICOS; LUVISOLES ORTICOS; CAMBISOLES EUTRICOS.	3
61	PLANOSOLES EUTRICOS; LUVISOLES GLEICOS; LUVISOLES PLINTICOS.	3
62	PLANOSOLES MOLICOS; VERTISOLES PELICOS; PHAEZEMS CALCAREOS Y RANKERS ARENOSOS.	3
63	HISTOSOLES EUTRICOS (SAPRICOS).	8
64	REGOSOLES DISTRICOS; ARENOSOLES CAMBICOS/ALBICOS.	9

**TABLA 3. Valoración del mapa de suelos de Andalucía 1:400.000 (SINAMBA)**

## **ANEXO III: Valoración de la vulnerabilidad a la contaminación de las unidades edafológicas del Mapa de Suelos de España a escala 1:1.000.000**

A. Guerra-Merchán. Departamento de Geología. Universidad de Málaga

### **INTRODUCCIÓN**

La valoración de vulnerabilidad del factor suelo vegetal se ha realizado teniendo en cuenta la siguiente tabla:

TIPO DE SUELO	VALOR
Arcilla no expansiva y desagregada	1
Suelo orgánico	2
Franco-arcillosa	3
Franco-limosa	4
Franco	5
Franco-arenosa	6
Arcilla expansiva y/o agregada	7
Turba	8
Arena	9
Grava	10
Delgado o ausente	10

**Tabla 1.- Valor de vulnerabilidad correspondiente al factor suelo vegetal.**

La valoración de las unidades de suelos del mapa de España a escala 1:1.000.000 se ha realizado teniendo en cuenta que se trata de asociaciones de unidades taxonómicas, por lo que se les ha asignado un valor en relación a la unidad o unidades taxonómicas dominantes (grupo 1 y grupo 2). Cuando se ha considerado conveniente, también se han tenido en cuenta los tipos de suelos asociados o inclusiones, los cuales han podido condicionar que la valoración aumente o disminuya ligeramente.

Cuando los tipos de suelos se deben valorar en función de su textura, se ha considerado el tipo de textura dominante que presentan los tipos de suelos, según datos del Atlas Nacional de España y Mapas de suelos de las hojas del LUCDEME.

### **VALORACIÓN DE LAS UNIDADES**

Unidades 1 a 28 (falta la 3)

Los suelos dominantes corresponden al orden alfisol, que se caracteriza por presentar un horizonte argílico (acumulación de arcilla por lavado) saturado en bases cambiables. Este orden es equiparable a los luvisoles y lixisoles de la FAO, aunque también entrarían en este orden

algunos suelos como planosoles, podzoluvisoles (o albeluvisoles, en clasificaciones más recientes), gleysoles y nitisoles.

Algunas de estas unidades presentan también alfisoles como suelos asociados o inclusiones (5, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25 y 27), mientras que otras presentan otros tipos de suelos, en general, menos evolucionados que corresponden a los siguientes órdenes:

- Inceptisoles (terminación ept): pueden corresponder fundamentalmente a diferentes tipos de cambisoles, umbrisoles, calcisoles o leptosoles algo evolucionados.
- Entisoles (terminación ent): pueden corresponder fundamentalmente a regosoles y leptosoles poco evolucionados, aunque también podrían estar representados fluvisoles, gleysoles y arenosoles.
- Mollisoles (terminación oll): pueden corresponder a leptosoles réndricos o mólicos, chernozem, phaeozem o kastañozem.
- Vertisoles (terminación ert): corresponden a vertisoles.

Según la nomenclatura de la FAO, estas unidades estarían representadas fundamentalmente por luvisoles crómicos o cálcicos, con suelos asociados del tipo de los cambisoles, calcisoles y regosoles. La existencia del horizonte argílico en los luvisoles (alfisoles en la clasificación americana) condiciona que parte del suelo presente una textura arcillosa o franco arcillosa, lo que hace disminuir su permeabilidad. No obstante, las arcillas de estos suelos no suelen ser muy expansiva. Teniendo en cuenta que los luvisoles (alfisoles) son los suelos dominantes en todas estas unidades, la valoración que le corresponde es 3.

### Unidad 31

El suelo dominante corresponde al orden andisol, que se caracteriza por presentar un alto contenido en materiales amorfos (vidrio volcánico). Este orden se corresponde prácticamente con los andosoles de la FAO.

En esta unidad la asociación corresponde a un inceptisol del tipo hapluted (cambisol según la FAO) y como inclusiones aparece un alfisol tipo haplustad (luvisol) y un entisol tipo usturthent (regosol). Según la tabla, el suelo dominante (andisol) y los asociados deben valorarse según su textura, la cual puede ser variada, siendo por lo general mediana o gruesa, por lo que se le asigna un valor 6.

### Unidad 35 a 61 (faltan las unidades 32, 33, 34, 44, 52)

Los suelos dominantes de estas unidades corresponden al orden aridisol, que son suelos característicos de las regiones áridas, presentando una gran variedad en el tipo de perfil y propiedades diagnósticas. Ello condiciona que en la clasificación de la FAO este orden esté repartido entre los calcisoles, gípsisoles, solonchak y solonetz, pudiendo incluirse también algunos cambisoles, luvisoles, planosoles y nitisoles.

En la unidad 35, el suelo dominante (paleargid) y la inclusión (haplargin) corresponden en la clasificación de la FAO a un luvisol, o en su caso a un planosol o nitisol. En cualquier caso se caracterizan por tener un horizonte argílico (acumulación de arcilla por lavado), por lo que la textura sería al menos franco arcillosa o más fina. En este caso le corresponde una valoración de 3.

De la unidad 36 a la 52, el suelo dominante es el haplocalcid que se caracteriza por presentar un horizonte cálcico (acumulación de carbonato cálcico secundario). Este tipo de suelo corresponde a los calcisoles (fundamentalmente háplicos) de la FAO y debe ser valorado en función de la textura, la cual puede llegar a ser muy diferente en relación con el tipo de roca y los procesos edafogénicos. No obstante, la presencia de carbonato cálcico, generalmente en forma de nódulos o concreciones, podría suponer una ligera disminución de la permeabilidad. Se le asigna un valor 5. Ahora bien, si consideramos que en las unidades 40 y 41 los suelos asociados corresponden a haplargin (luvisol) dentro del suborden argid, caracterizados por tener un horizonte argílico (acumulación de arcilla por lavado), de textura más fina y menor permeabilidad, la valoración más correcta para estas dos unidades sería 4.

La unidad 53 presenta como suelo dominante petrocalcid, que se caracteriza por presentar un horizonte petrocálcico (acumulación de carbonato cálcico secundario y fuertemente cementado). En la clasificación de la FAO se corresponde con los calcisoles pétricos. La disolución del carbonato cálcico en los horizontes superiores implica una cierta concentración en arcilla de descarbonatación, por lo que suele ser frecuente la textura franco arcillosa. Por otra parte, la existencia en profundidad de ese horizonte fuertemente cementado hace disminuir bastante la permeabilidad, por lo que su valoración es 3.

Las unidades 54 a 58 presentan como suelos dominantes haplocambid, que en la clasificación de la FAO corresponderían principalmente a cambisoles en regiones áridas. Estos suelos se valorarían en función de su textura, la cual puede ser muy diferente en relación con el tipo de roca y procesos edafogénicos. Al no disponer de más datos se le podría asignar una posible variación entre 3 y 6. Por lo general, para rocas del tipo arcillas y margas, las texturas de los suelos son algo más finas y se le podría asignar un valor 3/4. Dado que para el resto de las rocas, la textura suele ser más gruesa, la valoración más correcta para estas unidades podría ser 5. No obstante, la unidad 55 presenta como suelo asociado un haplargin (luvisol), que es un aridisol con horizonte argílico (acumulación de arcilla por lavado), lo que haría disminuir la textura y permeabilidad. Por ello, a esta unidad se le asigna un valor 4.

Unidades 62 a 145 (faltan las unidades 88, 97, 127)

En estas unidades los suelos dominantes corresponden al orden entisol, que son suelos muy poco evolucionados, cuyas propiedades están ampliamente determinadas por el material original. En la clasificación

americana es el último orden, por lo que estos suelos carecen de las propiedades que caracterizan a los demás órdenes. El perfil es AC. No se corresponde directamente con ningún tipo de la clasificación de la FAO, estando repartidos entre los leptosoles, regosoles, arenosoles, fluvisoles, antrosoles y gleysoles.

Los suelos de las unidades 62 a 65 corresponden al suborden aquent, que se caracterizan por estar saturados de agua todo o parte del año. Se corresponden con los gleysoles de la FAO. Estos suelos se desarrollan en zonas bajas y llanas, generalmente en llanuras fluviales o alrededor de humedales, con materiales bastante permeables. Todo ello vendría a justificar una valoración máxima, 10.

Los suelos de las unidades 66 a 76 corresponden al suborden fluvent, los cuales coinciden con los fluvisoles de la FAO. Este tipo de suelo se forma sobre sedimentos recientes, que continuamente están recibiendo aportes sedimentarios. Son muy abundantes en las llanuras fluviales. La mayor parte de estos suelos están formados sobre los depósitos de gravas fluviales y presentan una textura muy gruesa (franco arenosa a arenosa), con una permeabilidad alta. La valoración más correcta sería 10. Los tipos de suelos que aparecen como asociaciones o inclusiones son suelos poco evolucionados del tipo de los inceptisoles o entisoles (regosoles y leptosoles) que, por lo general, presentarán también texturas gruesas que justifican dicha valoración. No obstante, si la llanura aluvial estuviese formada o alimentada por materiales más finos, la textura de los suelos podría ser diferente (franca, franco-limosa o franco-arcillosa) y el valor que habría que asignar sería el de 3/4/5.

Los suelos dominantes de las unidades 77 a 140 se corresponden con el suborden orthent, que consiste en suelos poco evolucionados por la erosión continua ligada a una cierta pendiente. En la clasificación de la FAO se corresponden con los regosoles y leptosoles (excepto leptosoles réndricos, móllicos y úmbricos, que presentan mayor evolución). Al no existir una equivalencia exacta entre leptosoles y regosoles de la FAO con los grandes grupos de la clasificación americana, resulta complicado valorar estas unidades. En el supuesto de que en una unidad dominaran los leptosoles, al tratarse de suelos muy delgados (espesor inferior a 30 cm) la valoración sería 10. En el caso de los regosoles, el suelo es más potente y la valoración debe realizarse en función de la textura del suelo, la cual será diferente en relación con el tipo de roca original. De esta forma, para litologías finas (arcillas, limos, margas), o a veces carbonatada, la textura puede llegar a ser franco arcillosa o franco limosa y correspondería un valor 3/4. Para el resto de los tipos de rocas, la textura suele ser más gruesa (franca o franco-arenosa) y el valor sería algo más alto, 5/6.

Ante la falta de datos sobre el tipo de suelo dominante y el tipo de textura, se opta por asignar un valor intermedio, 8. No obstante, en las unidades 77 a 82 predominan los suelos del tipo cryorthent, los cuales se desarrollan en zonas montañosas con pendiente alta y temperaturas bajas. Estos factores condicionan que los suelos evolucionen poco y presenten

escaso espesor. Todo ello apunta a que en estas unidades predominen más bien los leptosoles, los cuales se caracterizan por no superar un espesor de 30 cm. Así pues, se considera más apropiado asignar a estas unidades un valor 10. Por otra parte, las unidades 89, 91, 94, 100, 102, 103, 109, 111, 117, 121, 122, 123, 124 y 139 presentan como suelos asociados o inclusiones suelos del orden alfisol o aridisol del tipo haplargid, los cuales se caracterizan por presentar el horizonte árgico rico en arcillas. Por ello, para estas unidades se considera adecuado bajar su valoración a 7.

#### Unidades 141 a 145

Los suelos dominantes de estas unidades se corresponden con el orden entisol, suborden psamment, caracterizados por presentar una textura arenosa o arenosa franca y menos del 35% de fragmentos de roca. Estos suelos se corresponden con los arenosoles de la FAO y se forman sobre materiales arenosos o que por alteración liberan mucha arena. A todas las unidades se le asigna un valor 9.

#### Unidad 146

Esta unidad está caracterizada por histosoles, que son suelos formados por acumulación de grandes cantidades de materia orgánica sin evolucionar en medios encharcados (turberas). A esta unidad le corresponde un valor 8.

#### Unidades 147 a 213 (faltan las unidades 174 y 211)

Los suelos dominantes de estas unidades corresponden al orden de los inceptisoles. Se trata de suelos que presentan una evolución de baja a media, con perfil típico ABwC, difícil de definir al tratarse de una clase muy heterogénea. Con respecto a la clasificación de la FAO, este tipo de suelo se identifica claramente con los cambisoles, pero se incluyen también otros tipos de suelos como los umbrisoles, gleysoles, calcisoles, gípsisoles, solonchk y leptosoles.

La unidad 147 presenta como suelo dominante un epiaquent, dentro del suborden aquent. Este tipo de suelo se caracteriza por presentar drenaje impedido, y por tanto, suelen estar encharcados. Esto implica que estos suelos tienen muy baja permeabilidad, por lo que el valor que se le asigna es 1.

Los suelos dominantes de las unidades 148 a 153 corresponden al suborden cryept, que se caracterizan por presentar un régimen de temperatura cryico (temperatura media anual menor de 8°C y sin presentar permafrost). En el territorio español ese régimen corresponde con zonas más bien montañosas y frías. Dentro de este suborden podemos encontrar suelos del tipo de cambisoles o umbrisoles según la clasificación de la FAO. La diferencia a nivel de grupo 1 consiste en que el suelo sea desaturado (dystrocryept, caso de umbrisoles según la clasificación de la FAO) o saturado (eutrocryept, caso de cambisoles según la FAO). La valoración de



estas unidades debe realizarse en relación con la textura. Como ya se ha indicado para otras unidades, ésta puede ser diferente en función del material original y los procesos edafogenéticos. De forma general, al tratarse de suelos con evolución intermedia se considera más razonable que presenten una textura media a gruesa, por lo que la valoración más apropiada sería 6. No obstante, las unidades 152 y 153 presentan como suelos asociados rendoll que se corresponden con los leptosoles réndricos de la FAO. Dado que estos suelos se caracterizan por presentar bajo espesor (inferior a 30 cm), se considera más apropiado asignar un valor 7 a estas dos unidades.

Para las demás unidades (154 a 213), la diferencia a nivel de suborden consiste en el régimen de humedad (usted: régimen de humedad ústico; xerept: régimen de humedad xérico; udepts: otros inceptisoles que no cumplen los requisitos de los demás). Dado que la FAO no tiene en cuenta el régimen de humedad, sino otros criterios, no existe una equivalencia a nivel de suborden. Así, dentro de estas unidades, como suelos dominantes podemos encontrar cambisoles, gleysoles, calcisoles, gípsisoles, solonchk y leptosoles. Según las posibles texturas, en relación con el tipo de roca, a estas unidades se les puede asignar un valor variable entre 3/4/5/6. No obstante, si se tiene en cuenta los tipos de suelos que aparecen como asociados o inclusiones, se pueden matizar las siguientes diferencias:

- Las unidades 159, 163, 164, 171, 172, 173, 176, 179, 181, 184, 185, 186, 187, 190, 197, 200, 205, 208, 209, 210 y 213 presentan suelos del orden alfisol y la unidad 157 del orden ultisol, que se caracterizan por tener un horizonte argílico (acumulación de arcilla por lavado) que condiciona que la textura sea más fina y disminuya, en general, la permeabilidad del suelo. En relación con ello, a estas unidades se le asignaría una valoración 4. El valor 3 se asigna cuando son dominantes los suelos con horizonte rico en arcilla (horizonte argílico).
- Las unidades 182, 183, 194, 195 y 204 presentan suelos del orden entisol, suborden psamments, que se caracterizan por presentar una textura arenosa o arenosa franca y menos del 35% de fragmentos de roca. Estos suelos se corresponden con los arenosoles de la FAO y se forman sobre materiales arenosos o que por alteración liberan mucha arena. Por ello, a estas unidades se le asigna, en comparación con las anteriores, una valoración algo más alta, 6.
- La unidad 170 presenta como asociación un vertisol (haploxerert), que se caracteriza por un alto contenido en arcillas expansibles, que al secarse se contraen y forman grietas de desecación por las que se facilita la filtración de los contaminantes. Así pues, para esta unidad se propone un valor 6. El valor 7 se asigna a las unidades que presentan vertisoles como suelos dominantes.
- Para las unidades restantes (154, 155, 156, 158, 160, 161, 162, 165, 166, 167, 168, 169, 175, 177, 178, 180, 188, 189, 191, 192, 193, 196,

198, 199, 201, 202, 203, 206, 207, 212), ante la falta de criterios se opta por darle una valoración intermedia 5.

#### Unidades 214 a 222

Los suelos dominantes de estas unidades corresponden al orden mollisol, que se caracteriza por presentar un horizonte A móllico y una saturación de bases superior al 50%. Fundamentalmente se corresponden con los chernozems, phaeozems y kastanozems de la clasificación de la FAO, aunque también se incluirían los leptosoles rendsicos (suborden rendoll) y otros como algunos tipos de planosoles y gleysoles que no aparecen en estas unidades.

La valoración de estas unidades se debe hacer en función de la textura, que al igual que para otros tipos de suelos, puede ser diferente según el material original y los procesos edafogenéticos. La valoración, por tanto, estaría comprendida entre 3 y 6. Al igual que para las unidades anteriores, si se tiene en cuenta los tipos de suelos que aparecen como asociados o inclusiones, se pueden matizar las siguientes diferencias:

- Las unidades 218, 220 y 222 presentan suelos del orden alfisol, que se caracterizan por tener un horizonte argílico (acumulación de arcilla por lavado) que condiciona que la textura sea más fina y la permeabilidad del suelo algo más baja. En relación con ello, a estas unidades se le asignaría una valoración 4.
- Para las unidades 214, 215, 216, 217, 219 y 221, a diferencia de las anteriores, se le podría asignar una valoración algo más alta: 6.

#### Unidad 223

Esta unidad está caracterizada por suelos del orden spodosol, que se caracteriza por presentar uno o varios horizontes espódicos (acumulación por migración de complejos orgánicos y/o sesquióxidos de hierro y aluminio). Este orden es semejante a los podsoles de la FAO.

Estos suelos se forman en un medio ácido, en el que por procesos de hidrólisis se destruyen los minerales de la arcilla. Este proceso condiciona que el suelo adquiera una textura gruesa (franco arenosa), por lo que su valoración es 6.

#### Unidades 224 a 226

Los suelos dominantes de estas unidades corresponden al orden ultisol, que se caracteriza por presentar un horizonte argílico y un carácter desaturado en bases cambiables. Fundamentalmente se corresponden con los acrisoles y alisoles de la clasificación de la FAO, aunque también se incluirían parte de los planosoles, podzoluvisoles (o albeluvisoles, en clasificaciones más recientes) y nitisoles.

Al igual que para otras unidades, destaca la presencia del horizonte argílico, que condiciona que los suelos tengan una textura fina (franco arcillosa o arcillosa), lo que hace disminuir la permeabilidad en profundidad. Así pues, su valoración es 3.

#### Unidades 227 a 235

Estas unidades se caracterizan por presentar vertisoles, que son suelos con alto contenido en arcillas expansibles causantes de la formación de anchas y profundas grietas cuando se secan. Se corresponden con los suelos del mismo nombre de la clasificación de la FAO.

La existencia de abundantes grietas, anchas y profundas, facilitan la penetración de los contaminantes, por lo que el valor que se le asigna es algo superior a los suelos que se valoran por su textura. Su valoración es 7.

id_mapa	orden	suborden	grupo1	grupo2	asocia1	asocia2	inclusion1	inclusion2	VALOR
1	ALFISOL	UDALF	HAPLUDALF		EUTRUDEPT		Dystrudept		3
2	ALFISOL	USTALF	HAPLUSTALF		HAPLUSTEPT				3
4	ALFISOL	USTALF	HAPLUSTALF	HAPLUSTULT			Haplustept	Dystrustept	3
5	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF				Epiaqualf	Epiaquent	3
6	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF				Rhodoxeralf		3
7	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT			3
8	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	(Haploxerert)		3
9	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	Calcixeroll	Haploxeroll	3
10	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	Epiaqualf		3
11	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	Rhodoxeralf		3
12	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		CALCIXEREPT	HAPLOXEROLL	Rhodoxeralf	Haploxerept	3
13	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		CALCIXEREPT	XEROPSAMMENT		Haploxerept	3
14	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		EPIAQUALF		Haploxerult		3
15	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		PALEXERALF		Epiaqualf		3
16	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		PALEXERALF		Rhodoxeralf		3
17	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		RHODOXERALF		Calcixerept	Haploxerept	3
18	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		RHODOXERALF		Palexeralf		3
19	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		RHODOXERALF	CALCIXEREPT		Haploxerept	3
20	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		RHODOXERALF	CALCIXEREPT	Xerorthent	Haploxerept	3
21	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		XERORTHENT		Calcixerept	Haploxerept	3
22	ALFISOL	XERALF	HAPLOXERALF		XERORTHENT		Rhodoxeralf		3
23	ALFISOL	XERALF	PALEXERALF		HAPLOXERALF		Epiaqualf		3
24	ALFISOL	XERALF	PALEXERALF		HAPLOXEREPT		(Calcixerept)		3
25	ALFISOL	XERALF	RHODOXERALF		HAPLOXERALF		Haploxeroll	Calcixeroll	3
26	ALFISOL	XERALF	RHODOXERALF		HAPLOXEREPT		Calcixerept		3
27	ALFISOL	XERALF	RHODOXERALF		HAPLOXEREPT		Haploxeralf	Calcixerept	3
28	ALFISOL	XERALF	RHODOXERALF		XERORTHENT		Haploxeroll		3
31	ANDISOL	USTAND	HAPLUSTAND		HAPLUSTEPT	HAPLUSTALF	Ustorthent		6
35	ARIDISOL	ARGID	PALEARGID				Haplargid		3
36	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID						5
37	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID				Calcigypsid	Haplogypsid	5

38	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID				Petrocalcid		5
39	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		CALCIGYPSID	HAPLOSALID	Haplogypsid		5
40	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		HAPLARGID				4
41	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		HAPLARGID		Haplosalid	Torriorthent	4
42	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		HAPLOCAMBID				5
43	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		HAPLOCAMBID		Haplargid		5
45	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		PETROCALCID				5
46	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		PETROCALCID	HAPLARGID			5
47	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		TORRIORTHENT				5
48	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		TORRIORTHENT		Haplargid		5
49	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		TORRIORTHENT		Haplosalid		5
50	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		TORRIORTHENT		Petrocalcid		5
51	ARIDISOL	CALCID	HAPLOCALCID		TORRIORTHENT	HAPLOCAMBID			5
53	ARIDISOL	CALCID	PETROCALCID				Haplocalcid	Haplargid	3
54	ARIDISOL	CAMBID	HAPLOCAMBID				Haplargid		5
55	ARIDISOL	CAMBID	HAPLOCAMBID		HAPLARGID		Torrifluent		4
56	ARIDISOL	CAMBID	HAPLOCAMBID		TORRIORTHENT				5
57	ARIDISOL	CAMBID	HAPLOCAMBID		TORRIORTHENT		Haplargid		5
58	ARIDISOL	CAMBID	HAPLOCAMBID		TORRIORTHENT		Haplosalid		5
59	ARIDISOL	GYPSID	CALCIGYPSID	HAPLOGYPSID	HAPLOSALID				5
60	ARIDISOL	GYPSID	CALCIGYPSID	HAPLOGYPSID	TORRIORTHENT				5
61	ARIDISOL	SALID	HAPLOSALID				Haplocalcid		5
62	ENTISOL	AQUENT	EPIAQUENT		EPIAQUEPT				10
63	ENTISOL	AQUENT	EPIAQUENT		EPIAQUEPT		Haplorthod	Haplorthod	10
64	ENTISOL	AQUENT	EPIAQUENT		EPIAQUEPT		Histosol		10
65	ENTISOL	AQUENT	SULFAQUENT		HAPLOSALID	HYDRAQUENT			10
66	ENTISOL	FLUVENT	TORRIFLUVENT	TORRIORTHENT					10
67	ENTISOL	FLUVENT	TORRIFLUVENT	TORRIORTHENT	HAPLOCALCID				10
68	ENTISOL	FLUVENT	UDIFLUVENT		FLUVAQUENT		Udorthent		10
69	ENTISOL	FLUVENT	USTIFLUVENT		FLUVAQUENT				10
70	ENTISOL	FLUVENT	USTIFLUVENT	USTORTHENT			Haplustept		10
71	ENTISOL	FLUVENT	XEROFLUVENT						10
72	ENTISOL	FLUVENT	XEROFLUVENT		HAPLOXEREPT		Haploxeroll	Calcixerept	10

73	ENTISOL	FLUVENT	XEROFLUVENT		XERORTHENT				10
74	ENTISOL	FLUVENT	XEROFLUVENT	EPIAQUENT					10
75	ENTISOL	FLUVENT	XEROFLUVENT	EPIAQUENT	XEROPSAMMENT		Xerorthent		10
76	ENTISOL	FLUVENT	XEROFLUVENT	XERORTHENT	HAPLOXEREPT				10
77	ENTISOL	ORTHENT	CRYORTHENT						10
78	ENTISOL	ORTHENT	CRYORTHENT				Dystrocryept		10
79	ENTISOL	ORTHENT	CRYORTHENT		(DYSTROCRYEPT)				10
80	ENTISOL	ORTHENT	CRYORTHENT		(DYSTROCRYEPT)		Histosol		10
81	ENTISOL	ORTHENT	CRYORTHENT		EUTROCRYEPT	DYSTROCRYEPT	Haplocryalf	Cryrendoll	10
82	ENTISOL	ORTHENT	CRYORTHENT	DYSTROCRYEPT					10
83	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT						8
84	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT				Haplocalcid		8
85	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT				Haplocalcid	Calcigypsid	8
86	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT				Haplocalcid	Haplocambid	8
87	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT				Haplocambid		8
89	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT		HAPLARGID				7
90	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT		HAPLOCALCID				8
91	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT		HAPLOCALCID		Haplargid	Petrocalcid	7
92	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT		HAPLOCALCID		Haplosalid		8
93	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT		HAPLOCAMBID				8
94	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT		HAPLOCAMBID		Haplargid		7
95	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT		TORRIFLUVENT				8
96	ENTISOL	ORTHENT	TORRIORTHENT		TORRIPSAMMENT				8
98	ENTISOL	ORTHENT	UDORTHENT						8
99	ENTISOL	ORTHENT	UDORTHENT				Dystrudept		8
100	ENTISOL	ORTHENT	UDORTHENT				Hapludalf	Hapludoll	7
101	ENTISOL	ORTHENT	UDORTHENT		EUTRUDEPT				8
102	ENTISOL	ORTHENT	UDORTHENT		EUTRUDEPT		Hapludalf		7
103	ENTISOL	ORTHENT	UDORTHENT		UDIFLUVENT		Hapludalf		7
104	ENTISOL	ORTHENT	UDORTHENT	DYSTRUDEPT					8
105	ENTISOL	ORTHENT	UDORTHENT	DYSTRUDEPT			Eutrudept		8
106	ENTISOL	ORTHENT	USTORTHENT						8
107	ENTISOL	ORTHENT	USTORTHENT				Haplustept		8

108	ENTISOL	ORTHENT	USTORTHENT				Ustifluent		8
109	ENTISOL	ORTHENT	USTORTHENT		HAPLUSTEPT		Haplustalf	Haplustoll	7
110	ENTISOL	ORTHENT	USTORTHENT		USTEPT		Haplustult		8
111	ENTISOL	ORTHENT	USTORTHENT		USTEPT		Rhodustalf		7
112	ENTISOL	ORTHENT	USTORTHENT	DYSTRUSTEPT					8
113	ENTISOL	ORTHENT	USTORTHENT	DYSTRUSTEPT			Haplustept		8
114	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT						8
115	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT				(Haploxerept)		8
116	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT				Haplosalid		8
117	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT				Haploxeraf	Rhodoxeraf	7
118	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT				Haploxerept	Haplosalid	8
119	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		CALCIXEREPT		Calcixeroll		8
120	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		CALCIXEREPT		Haploxeroll	Haploxerept	8
121	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	Haploxeraf		8
122	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	Haploxeraf	Rhodoxeraf	8
123	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXERALF				8
124	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXERALF		Torriorthent		8
125	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXEREPT				8
126	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXEREPT		Haplorthod		8
128	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXEREPT		Haploxerert	Calcixerept	8
129	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXEREPT		Quartzipsamment		8
130	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXERERT		Calcixerept	Haploxerept	8
131	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXERERT	HAPLOXEROLL	Calcixerept		8
132	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		HAPLOXEROLL				8
133	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		XEROFLUVENT				8
134	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		XEROFLUVENT		Epiaquent		8
135	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		XEROFLUVENT		Haploxerept		8
136	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		XEROFLUVENT	HISTOSOL			8
137	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT		XEROPSAMMENT		Xerofluent		8
138	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT	DYSTROXEREPT					8
139	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT	DYSTROXEREPT	HAPLOXERALF				8
140	ENTISOL	ORTHENT	XERORTHENT	XEROFLUVENT	CALCIXEREPT	(HAPLOSALID)	Fluvaquent	Xeropsamment	8
141	ENTISOL	PSAMMENT	TORRIPSAMMENT		PETROCALCID				9

142	ENTISOL	PSAMMENT	USTIPSAMMENT		PSAMMAQUENT				9
143	ENTISOL	PSAMMENT	XEROPSAMMENT		HAPLOXERALF		Epiaquept		9
144	ENTISOL	PSAMMENT	XEROPSAMMENT		HAPLOXERALF		Xerorthent		9
145	ENTISOL	PSAMMENT	XEROPSAMMENT		XERORTHENT				9
146	HISTOSOL	HISTOSOL	HISTOSOL						8
147	INCEPTISOL	AQUEPT	EPIAQUEPT		HAPLOXEREPT		Haploxeralf		1
148	INCEPTISOL	CRYEPT	DYSTROCRYEPT			CRYORTHENT			6
149	INCEPTISOL	CRYEPT	DYSTROCRYEPT		CRYORTHENT				6
150	INCEPTISOL	CRYEPT	DYSTROCRYEPT		CRYORTHENT		(Eutrocryept)		6
151	INCEPTISOL	CRYEPT	DYSTROCRYEPT		CRYORTHENT		Eutrocryept		6
152	INCEPTISOL	CRYEPT	EUTROCRYEPT		RENDOLL				7
153	INCEPTISOL	CRYEPT	EUTROCRYEPT		RENDOLL		Haplocryalf		7
154	INCEPTISOL	UDEPT	DYSTRUDEPT						5
155	INCEPTISOL	UDEPT	DYSTRUDEPT			UDORTHENT			5
156	INCEPTISOL	UDEPT	DYSTRUDEPT		HAPLORTHOD	(UDORTHENT)	Haplohumod		5
157	INCEPTISOL	UDEPT	DYSTRUDEPT		HAPLUDULT				4
158	INCEPTISOL	UDEPT	DYSTRUDEPT		UDORTHENT				5
159	INCEPTISOL	UDEPT	DYSTRUDEPT		UDORTHENT		Hapludalf		4
160	INCEPTISOL	UDEPT	DYSTRUDEPT		UDORTHENT		Udifluent		5
161	INCEPTISOL	UDEPT	DYSTRUDEPT	UDORTHENT					5
162	INCEPTISOL	UDEPT	EUTRUDEPT				Udorthent		5
163	INCEPTISOL	UDEPT	EUTRUDEPT		HAPLUDALF		Hapludoll		4
164	INCEPTISOL	UDEPT	EUTRUDEPT		RENDOLL		Hapludalf		4
165	INCEPTISOL	USTEPT	DYSTRUSTEPT				Ustorthent		5
166	INCEPTISOL	USTEPT	DYSTRUSTEPT		HAPLORTHOD	(USTORTHENT)	Haplohumod		5
167	INCEPTISOL	USTEPT	DYSTRUSTEPT		USTORTHENT		Ustorthent		5
168	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT						5
169	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT				Haplustoll	Ustorthent	5
170	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		HAPLOXERERT	USTORTHENT			6
171	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		HAPLUSTALF		Haplustoll		5
172	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		HAPLUSTOLL		Rhodustalf		4
173	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		PALEUSTALF		Ustorthent		4
175	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		USTORTHENT				5



176	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		USTORTHENT		Rhodustalf		4
177	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		USTORTHENT		Ustifluent		5
178	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		USTORTHENT	DYSTRUSTEPT			5
179	INCEPTISOL	USTEPT	HAPLUSTEPT		USTORTHENT	DYSTRUSTEPT	Haplustalf		4
180	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT						5
181	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT				Haploxeralf		4
182	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT				Xerorthent	Xeropsamment	6
183	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		EPIAQUENT	XERORTHENT	Xeropsamment		6
184	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		HAPLOXERALF		Haplosalid		4
185	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		HAPLOXERALF		Xerorthent	Rhodoxeralf	4
186	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		HAPLOXERALF	HAPLOXEROLL	Rhodoxeralf		4
187	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		HAPLOXERALF	RHODOXERALF			4
188	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		HAPLOXERERT		Haplosalid		5
189	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		HAPLOXERERT	CALCIXERERT	Haplosalid		5
190	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		HAPLOXEROLL		Rhodoxeralf		4
191	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		HAPLOXEROLL	HAPLOXERERT			5
192	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		XEROFLUVENT		Haplosalid		5
193	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		XEROFLUVENT		Haploxeroll	Xerorthent	5
194	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		XEROPSAMMENT	HAPLOXERALF			6
195	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		XEROPSAMMENT	QUARTZIPSAMMENT	Xerorthent		6
196	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		XERORTHENT		Haplosalid		5
197	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		XERORTHENT		Haploxeralf		4
198	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT		XERORTHENT		Xerofluent		5
199	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	EPIAQUENT	EPIAQUEPT			5
200	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	HAPLOXERALF		Xerorthent		4
201	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	HAPLOXERERT				5
202	INCEPTISOL	XEREPT	CALCIXEREPT	HAPLOXEREPT	XERORTHENT				5
203	INCEPTISOL	XEREPT	DYSTROXEREPT				Xerorthent		5
204	INCEPTISOL	XEREPT	DYSTROXEREPT		XERORTHENT		Quartzipsamment		6
205	INCEPTISOL	XEREPT	HAPLOXEREPT				Haploxeralf	Rhodoxeralf	4
206	INCEPTISOL	XEREPT	HAPLOXEREPT				Haploxerert		5
207	INCEPTISOL	XEREPT	HAPLOXEREPT				Haploxeroll	Xerorthent	5
208	INCEPTISOL	XEREPT	HAPLOXEREPT		EPIAQUENT	EPIAQUALF	Haploxeralf		4

209	INCEPTISOL	XEREPT	HAPLOXEREPT		HAPLOXEROLF	QUARTZIPSAMMENT	Rhodoxeralf		4
210	INCEPTISOL	XEREPT	HAPLOXEREPT		HAPLOXEROLF	XERORTHENT			4
212	INCEPTISOL	XEREPT	HAPLOXEREPT		XERORTHENT	DYSTROXEREPT			5
213	INCEPTISOL	XEREPT	HAPLOXEREPT		XERORTHENT	DYSTROXEREPT	Haploxeralf		4
214	MOLLISOL	UDOLL	HAPLUDOLL		UDORTHENT				6
215	MOLLISOL	UDOLL	HAPLUDOLL	RENDOLL	UDORTHENT				6
216	MOLLISOL	USTOLL	HAPLUSTOLL		HAPLUSTEPT				6
217	MOLLISOL	USTOLL	HAPLUSTOLL		USTORTHENT				6
218	MOLLISOL	XEROLL	CALCIXEROLL		HAPLOXEROLL	HAPLOXEROLF	Rhodoxeralf		4
219	MOLLISOL	XEROLL	HAPLOXEROLL		CALCIXEROLL	HAPLOXEREPT	Calcixerept		6
220	MOLLISOL	XEROLL	HAPLOXEROLL		HAPLOXEROLF		Haploxerept		4
221	MOLLISOL	XEROLL	HAPLOXEROLL		XERORTHENT		Haploxerept		6
222	MOLLISOL	XEROLL	HAPLOXEROLL		XERORTHENT		Haploxerept	Rhodoxeralf	4
223	SPODOSOL	ORTHOD	HAPLORTHOD	HAPLORTHOD	DYSTRUDEPT				6
224	ULTISOL	USTULT	HAPLUSTULT		DYSTRUSTEPT		Ustorthent		3
225	ULTISOL	XERULT	HAPLOXERULT		DYSTROXEREPT		Xerorthent		3
226	ULTISOL	XERULT	HAPLOXERULT		EPIAQUEPT	EPIAQUENT	Xerorthent		3
227	VERTISOL	UDERT	HAPLUDERT		UDORTHENT		Udept		7
228	VERTISOL	USTERT	HAPLUSTERT		USTORTHENT	USTEPT	Calciustert		7
229	VERTISOL	XERERT	HAPLOXERERT	CALCIXERERT			Haploxeroll		7
230	VERTISOL	XERERT	HAPLOXERERT	CALCIXERERT			Haploxeroll	Haploxeralf	7
231	VERTISOL	XERERT	HAPLOXERERT	CALCIXERERT	HAPLOXEROLF				7
232	VERTISOL	XERERT	HAPLOXERERT	CALCIXERERT	HAPLOXEREPT	CALCIXEREPT			7
233	VERTISOL	XERERT	HAPLOXERERT	CALCIXERERT	HAPLOXEREPT	CALCIXEREPT	Haploxeroll	(Calcixeroll)	7
234	VERTISOL	XERERT	HAPLOXERERT	CALCIXERERT	HAPLOXEREPT	CALCIXEREPT	Xerorthent		7
235	VERTISOL	XERERT	HAPLOXERERT	CALCIXERERT	XERORTHENT	HAPLOXEREPT	Calcixerept		7

**TABLA 2. Valoración del mapa de suelos de España 1:1.000.000 (IGN)**

## **ANEXO IV: Valoración de la vulnerabilidad a la contaminación de las unidades edafológicas del Mapa de Suelos de Murcia a escala 1:100.000**

A. Guerra-Merchán. Departamento de Geología. Universidad de Málaga

### **INTRODUCCIÓN**

La valoración de vulnerabilidad del factor suelo vegetal puede llegar a ser compleja en la medida en que son diversos los aspectos a tener en cuenta. En primer lugar hay que considerar las características esenciales de los suelos (espesor, textura, estructura, composición, etc.). Para ello se ha teniendo en cuenta la siguiente tabla:

TIPO DE SUELO	VALOR
Arcilla no expansiva y desagregada	1
Suelo orgánico	2
Franco-arcillosa	3
Franco-limosa	4
Franco	5
Franco-arenosa	6
Arcilla expansiva y/o agregada	7
Turba	8
Arena	9
Grava	10
Delgado o ausente	10

**Tabla 1.- Valor de vulnerabilidad correspondiente al factor suelo vegetal.**

De esta forma, a cada perfil de suelo, una vez se conocen sus características, se le puede asignar un valor de vulnerabilidad. Cuando un tipo de suelo presenta unas características concretas e invariables, también se le puede asignar un valor concreto. No obstante, un gran número de tipos de suelos presentan características variables en relación con diversos factores (tipo de roca, grado de evolución, etc.). Esto implica que a la hora de asignar un valor a un tipo concreto de suelo, si no se conocen sus características, el valor de vulnerabilidad puede presentar un rango de variabilidad (Tabla 2).

Tipo de suelo	Valor	Tipo de suelo	Valor
Arenosoles	9	Phaeozems	3 a 6
Cambisoles	3 a 6	Rankers	9 a 10
Fluvisoles	9 a 10	Regosoles	3 a 6
Gleysoles	3 a 6	Rendsinas	9 a 10
Kastanozems	3 a 6	Solonchaks	3 a 6
Litosoles	10	Vertisoles	7
Luvisoles	3	Xerosoles	3 a 6

**Tabla 2.- Valor de vulnerabilidad de los tipos de suelos de Murcia**

Otro aspecto a tener en cuenta es que las unidades edáficas de los mapas de suelos consisten en asociaciones de unidades taxonómicas, en las

que aparecen uno o varios suelos dominantes, acompañados de uno o varios suelos como inclusiones. De esta forma, el valor asignado tiene un peso mayor sobre el tipo o tipos de suelos dominantes. No obstante, se han considerado también los tipos de suelos que aparecen como inclusiones, para valorar de forma relativa y comparativamente aquellas unidades que presentan similares tipos de suelos dominantes. En la tabla 3 se reflejan una serie de criterios concernientes a este aspecto.

Valor	Descripción
1	Unidades con texturas arcillosa o arcillo limosa, que contienen arcillas tipo esmectítico, illítico y caolinítico
2	Unidades con texturas más finas que franco-arcilloso, pero las arcillas no son del tipo esmectítico, illítico y caolinítico
3	Unidades exclusivamente con suelos dominantes que presenten horizonte árgico (luvisoles, planosoles, xerosoles lúvicos) Unidades exclusivamente con suelos dominantes que presenten horizonte petrocálcico (xerosoles petrocálcicos, cambisoles petrocálcicos)
4	Unidades que además de otros suelos (por ejemplo cambisoles y xerosoles), presentan como dominantes suelos con horizonte árgico (sobre todo luvisoles)
5	Unidades con cambisoles, regosoles y xerosoles con textura franca, siempre y cuando no presenten suelos con horizonte árgico.
6	Unidades con cambisoles y regosoles con textura más gruesa que franca, siempre y cuando no estén asociados a otros suelos que por sus características deban ser valorados más bajos o más altos
7	Unidades con vertisoles como suelos dominantes, o bien, suelos como los cambisoles vérticos, que también presentan abundantes grietas de desecación
8	Unidades que presentan histosoles como suelos dominantes
9	Unidades con textura arenosa o que presentan arenosoles como suelos dominantes Unidades que presentan como suelos dominantes fluvisoles en asociación con otros suelos más evolucionados del tipo cambisol, xerosol, solonchak, phaeozem, kastanozem
10	Unidades que presentan litosoles (leptosoles) o fluvisoles como suelos dominantes exclusivamente, o asociados a otros suelos poco evolucionados o poco potentes como regosoles, arenosoles, rendsinas

**Tabla 3.- Criterios relacionados con la textura y las asociaciones de suelos dominantes.**

## **VALORACIÓN DE LAS UNIDADES**

### Unidades 1 a 2

Estas unidades se caracterizan por la asociación de arenosoles y solonchaks. Al ser dominantes los arenosoles que se caracterizan por ser suelos muy arenosos con textura muy gruesa, su valoración es 9.

### Unidades 3 a 13

Estas unidades se caracterizan por presentar cambisoles cálcicos como suelos dominantes, en asociación con otros tipos de suelos diferentes. En un principio, la valoración debe realizarse en relación con la textura, lo que implica que podría variar entre 3 y 6, al igual que para todas las unidades que presenten cambisoles como suelos dominantes. La valoración que se le asigna a cada unidad se relaciona con el tipo de suelo que acompaña como dominante al cambisol cálcico y las inclusiones.

En las unidades 3, 4 y 5 los cambisoles cálcicos están asociados a cambisoles petrocálcicos que se caracterizan por presentar un horizonte petrocálcico (horizonte fuertemente cementado por carbonato cálcico). La presencia de este horizonte condiciona un descenso en la permeabilidad del suelo, por lo que se le asigna un valor 4. El valor 3 se asigna a las unidades que presentan exclusivamente este tipo de suelo como suelo dominante (unidades 156, 157 y 158).

En las unidades 6 y 7 los cambisoles cálcicos están asociados a fluvisoles calcáricos, los cuales se desarrollan sobre gravas y son muy permeables, por lo que se opta por asignarles un valor más alto que a las anteriores, es decir, 6. El mismo valor se aplica a las unidades 10, 11, 12 y 13 al estar los cambisoles cálcicos asociados a rendsinas, que son suelos poco potentes. En cambio, a las unidades 8 y 9, al estar asociados los cambisoles con regosoles calcáricos, se le asigna un valor intermedio 5.

### Unidad 14

Esta unidad está representada por la asociación cambisoles eútricos y regosoles eútricos. Su valoración es un 5 igual que la unidad 9 ya que tiene los mismos tipos de suelos a nivel de unidad principal (cambisol y regosol). La diferencia consiste en la naturaleza de la roca madre, que en el caso de esta unidad es silicatada y no carbonatada.

### Unidad 15 y 16

Estas dos unidades presentan la asociación de cambisol petrocálcico y rendsina. Se les asigna un valor 4 por la presencia del horizonte petrocálcico, al igual que las unidades 3, 4 y 5.

## Unidades 17 a 27

En estas unidades los suelos que aparecen como dominantes son fluvisoles calcáricos en asociación con otros tipos de suelos. Los fluvisoles se forman sobre sedimentos recientes, que continuamente están recibiendo aportes sedimentarios. Son muy abundantes en las llanuras fluviales, conos de deyección y valles de las áreas montañosas, con pendientes inferiores al 2%. Los perfiles son poco evolucionados y poco diferenciados, tipo AC. El horizonte propiamente edáfico es el horizonte A, debajo del cual puede aparecer uno o varios horizontes tipo C que se corresponden más que con horizontes, con los estratos de los sedimentos fluviales, por lo que el espesor real de suelo es bajo. La mayor parte de estos suelos están formados sobre los depósitos de gravas fluviales y presentan una textura gruesa (franca, franco-arenosa o arenosa), con una permeabilidad alta. La valoración más correcta por el tipo de suelo dominante sería entre 9 y 10. A estas unidades se les asigna un valor 9, reservando el valor 10 para unidades en las que predominen exclusivamente los fluvisoles y los demás suelos aparezcan como inclusiones (caso de unidades 160 a 163).

## Unidad 28

Esta unidad se caracteriza por la asociación gleysoles calcáricos y solonchaks gleicos. Se trata de una unidad afectada por el nivel freático que se encuentra a poca profundidad. Para la valoración de estos suelos sería necesario conocer la textura. A falta de ese dato, se opta por asignarle un valor intermedio 5.

## Unidades 29 a 74

Estas unidades se caracterizan por el predominio de los litosoles, los cuales aparecen asociados a otros tipos de suelos poco evolucionados como los regosoles o más evolucionados como los cambisoles, kastanozems, phaeozems o rendsinas. Por lo general, los litosoles a penas superan los 10 cm (leptosoles líticos de la clasificación de la FAO de 1990) y son característicos de relieves fuertemente socavados a montañosos, con pendientes que superan el 25%. Este aspecto condiciona que sean frecuentes los afloramientos rocosos. Así pues, el valor que le corresponde a estas unidades sería 10. No obstante, la presencia de suelos más evolucionados, también como suelos dominantes, como ocurre en las unidades 29 a 33 y 50 a 73, podría justificar que a estas unidades se les asigne un valor 9.

## Unidades 75 a 113

Estas unidades se caracterizan por presentar como suelo dominante diferentes tipos de regosoles, los cuales van acompañados de otros tipos de suelo, bien como asociados o como inclusiones. Los regosoles se deben valorar en relación con su textura y los valores oscilarían entre 3 y 6. Ante la falta de este dato, para valorar a estas unidades se va a tener en cuenta los tipos de suelos acompañantes como dominantes e inclusiones. De esta forma, a las unidades que presentan asociaciones de regosoles con cambisoles o

xerosoles que no sean petrocálcicos (75 a 79 y 83 a 100), se les asigna un valor intermedio 5. A las unidades que presentan asociaciones de regosoles con xerosoles petrocálcicos (101 a 104) se les asigna un valor más bajo (4) por la presencia del horizonte petrocálcico que condiciona que sea menor la permeabilidad del suelo. Las unidades que sólo presentan regosoles como suelos dominantes (80) o presentan regosoles litosólicos (regosoles poco potentes) (81, 82 y 105 a 113) se valoran algo más alto (6).

#### Unidades 114 a 115

En estas unidades destaca la presencia de rendsinas asociadas con xerosoles cálcicos. Dado que las rendsinas son suelos poco potentes se opta por asignarle un valor 9, al ir acompañadas de otros suelos algo más potentes como los xerosoles, reservando el valor 10 para las unidades en las que exclusivamente aparecen suelos poco potentes como dominantes.

#### Unidad 116

Esta unidad se caracteriza por presentar dos tipos de solonchaks. Su valoración, en relación con la textura, oscilaría entre 3 y 6. Se opta por asignarle un 6 por el hecho de presentar inclusiones de arenosoles (suelos arenosos muy permeables).

#### Unidades 117 a 135

En estas unidades los suelos dominantes son los xerosoles cálcicos, que son suelos con un régimen de humedad árido que presentan un horizonte de acumulación de carbonato cálcico (horizonte cálcico). En clasificaciones más modernas de la FAO, este tipo de suelo se incluiría en los calcisoles. En función de la textura se valorarían entre 3 y 6. La unidad 117 presenta fluvisol asociado a xerosol. Dado que el fluvisol es un suelo de gravas y con elevada permeabilidad, se le asigna un valor 6. En las unidades 118 y 119, los suelos que acompañan a los xerosoles son rendsinas, los cuales al ser poco potentes condicionan una valoración igualmente alta, 6. Las unidades 126 y 127 presentan como suelos asociados a xerosoles lúvicos (luvisoles en la clasificación de la FAO de 1990), mientras que en las unidades 128 a 135 aparecen xerosoles petrocálcicos (calcisoles pétricos en la clasificación de la FAO de 1990). En los primeros destaca la presencia de un horizonte árgico (horizonte rico en arcilla) y en los segundos un horizonte petrocálcico (horizonte fuertemente cementado por carbonato cálcico). En ambos casos se trata de horizontes que condicionan una disminución de la permeabilidad del suelo. Así pues, a todas esas unidades se les asigna un valor inferior, 4. Al resto de unidades (120 a 125) se les asigna un valor intermedio 5.

#### Unidades 136 a 145

Estas unidades se caracterizan por el predominio de cambisoles cálcicos con inclusiones de diferentes tipos de suelos. El tipo de textura más frecuente en este tipo de suelo es la franca, por lo que se les asigna un valor 5. No obstante, a las unidades que presentan inclusiones de suelos más permeables

como son los fluvisoles (137 a 139) o suelos poco potentes como son los litosoles (140 a 142), se les asigna el valor 6.

#### Unidades 146 a 148

Estas unidades presentan como suelos dominantes a cambisoles petrocálcicos (calcisoles pétricos en la clasificación de la FAO de 1990), los cuales se caracterizan por presentar un horizonte petrocálcico (horizonte fuertemente cementado por carbonato cálcico). Este horizonte condiciona una disminución de la permeabilidad del suelo, por lo que se le asigna un valor 3, por tratarse del suelo dominante.

#### Unidades 149 a 153

Estas unidades presentan fluvisoles como suelos dominantes. Dado que estos suelos se desarrollan sobre depósitos gruesos recientes (gravas y arenas), presentan alta permeabilidad, por lo que se les asigna un valor 10.

#### Unidad 154

El suelo de esta unidad (kastanozen cálcico) se caracteriza por presentar un horizonte A móllico y un horizonte cálcico o gípsico en los primeros 125 cm de profundidad. Su valoración debe realizarse en relación con la textura. Al no disponer de este dato se le asigna un valor intermedio 5.

#### Unidades 155 a 181

Estas unidades se caracterizan por presentar litosoles como suelos dominantes y diferentes tipos de inclusiones. Al tratarse los litosoles de suelos poco potentes, su valoración es 10. No obstante, a las unidades que presentan inclusiones de luvisoles (159), xerosoles lúvicos (173 y 179), xerosoles petrocálcicos (165, 174, 175 y 180) o cambisoles petrocálcicos (157) se les asigna un valor 9, por presentar horizontes árgico o petrocálcico, que hacen disminuir la permeabilidad del suelo.

#### Unidades 182 a 213

Estas unidades se caracterizan por presentar regosoles como suelos dominantes y diferentes tipos de inclusiones. Ante la falta de los datos de textura, se opta por asignar un valor intermedio 5, a excepción de las unidades que presentan como inclusiones a suelos muy permeables como son los fluvisoles (181 a 188) o suelos poco potentes como son los litosoles (189 a 206) o los regosoles son del tipo litosólicos (210 a 213). A esas unidades se le asigna un valor 6.

#### Unidades 214 a 222

Estas unidades presentan rendsinas como suelos dominantes y diferentes tipos de inclusiones. Las rendsinas son suelos poco potentes, con un horizonte A móllico sobre una roca carbonatada. A diferencia de los litosoles,



las rendsinas son algo más potentes y son suelos más evolucionados, con buena estructura edáfica, capaz de retener mayor cantidad de agua, por lo que se le asigna, comparativamente a las unidades con litosoles, un valor 9.

#### Unidades 223 a 228

Estas unidades se caracterizan por la presencia de diferentes tipos de solonchaks como suelos dominantes. Ante la falta de datos de textura se opta por asignarle un valor intermedio 5.

#### Unidad 229

Esta unidad presenta como suelo dominante vertisol. Estos suelos se caracterizan por presentar un alto contenido en arcillas expansibles causantes de la formación de anchas y profundas grietas cuando se secan. La existencia de abundantes grietas, anchas y profundas, facilitan la penetración de los contaminantes, por lo que el valor que se le asigna es algo superior a los suelos que se valoran por su textura. Su valoración es 7.

#### Unidades 230 a 259

Estas unidades presentan xerosoles cálcicos como suelos dominantes. Estos suelos se corresponden con los calcisoles de la clasificación de la FAO de 1990 y se caracterizan por tener un horizonte cálcico (acumulación de carbonato cálcico secundario) en los primeros 125 cm de profundidad. Su valoración debe realizarse en relación con la textura y oscilaría entre 3 y 6. Al desconocer este dato se opta por realizar una valoración comparativa en función de los suelos que aparecen como inclusiones. A las unidades 230 a 245 se les asigna un valor 6 al tratarse de inclusiones de fluvisoles (unidades 230 a 237), por ser suelos muy permeables o litosoles (unidades 238 a 245), por tratarse de suelos poco potentes. A las unidades 255 a 258 se les asigna un valor 4 por presentar inclusiones con horizontes que disminuyen la permeabilidad del suelo. Estos horizontes son: árgico (horizonte de acumulación de arcilla) en los xerosoles lúvicos (unidades 255 y 256) o petrocálcico (horizonte fuertemente cementado por carbonato cálcico) en los xerosoles petrocálcicos (unidades 257 y 258). A las demás unidades (246 a 254) se les asigna un valor intermedio 5.

#### Unidades 260 a 271

Estas unidades presentan xerosoles gípsicos como suelos dominantes. Estos suelos se corresponden con los gipsisoles de la clasificación de la FAO de 1990 y se caracterizan por tener un horizonte gípsico (acumulación de yeso secundario) en los primeros 125 cm de profundidad. Su valoración debe realizarse en relación con la textura y oscilaría entre 3 y 6. Al desconocer este dato se opta por realizar una valoración comparativa en función de los suelos que aparecen como inclusiones. A las unidades 261 a 264 se les asigna un valor 6 al tratarse de inclusiones de fluvisoles (unidad 261), por ser suelos muy permeables o litosoles (unidades 262 a 264), por tratarse de suelos poco potentes. A las demás unidades (265 a 271) se les asigna un valor 5.

## Unidad 272

Esta unidad presenta exclusivamente xerosoles lúvicos, que se corresponden con los luvisoles de la clasificación de la FAO de 1990. Estos suelos se caracterizan por presentar un horizonte árgico (acumulación de arcilla por lavado) saturado en bases cambiables. La existencia del horizonte árgico condiciona que parte del suelo presente una textura arcillosa o franco-arcillosa, lo que hace disminuir su permeabilidad, por lo que se le asigna un valor 3.

## Unidades 273 a 290

Estas unidades se caracterizan por presentar xerosoles petrocálcicos como suelos dominantes y diferentes tipos de inclusiones. Los xerosoles petrocálcicos se corresponden con los calcisoles pétricos de la clasificación de la FAO de 1990, los cuales presentan un horizonte petrocálcico en los primeros 125 cm desde la superficie. Este horizonte presenta fuerte cementación por carbonato cálcico, lo que hace disminuir la permeabilidad del suelo, por lo que se le asigna un valor 3.

## Unidad 291

Esta unidad corresponde a zona militar y no puede valorarse desde un punto de vista del suelo vegetal al no disponer de datos sobre el tipo de suelo.

## Unidades 292 y 293

Estas dos unidades se corresponden con zonas mineras. Por lo general, las zonas mineras suelen estar desprovistas de suelos o son poco potentes, por lo que se les asigna un valor 10.

## Unidad 294

Esta unidad corresponde con zona urbana. Al tratarse de un área urbanizada, por lo general, consiste en una zona impermeabilizada por la construcción de casas, calle, carreteras, etc., por lo que se le puede asignar un valor 1.

COD.	DESCRIPCIÓN	PUNT_DRAS
1	Asociación de Arenosoles álbicos y Solonchaks gleicos con inclusiones de Solonchaks órticos.	9
2	Asociación de Arenosoles álbicos y Solonchaks gleicos. En fase salina	9
3	Asociación de Cambisoles cálcicos y Cambisoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcárico	4
4	Asociación de Cambisoles cálcicos y Cambisoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles.	4
5	Asociación de Cambisoles cálcicos y Cambisoles petrocálcicos con inclusiones de Rendsinas órticas.	4
6	Asociación de Cambisoles cálcicos y Fluvisoles calcáricos.	6
7	Asociación de Cambisoles cálcicos y Fluvisoles calcáricos. En fase salina	6
8	Asociación de Cambisoles cálcicos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Rendsinas órticas.	5
9	Asociación de Cambisoles cálcicos y Regosoles calcáricos.	5
10	Asociación de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcá	6
11	Asociación de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas con inclusiones de Litosoles.	6
12	Asociación de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas con inclusiones de Regosoles calcáricos.	6
13	Asociación de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas.	6
14	Asociación de Cambisoles eútricos y Regosoles eútricos.	5
15	Asociación de Cambisoles petrocálcicos y Rendsinas órticas con inclusiones de Regosoles calcáricos.	4
16	Asociación de Cambisoles petrocálcicos y Rendsinas órticas.	4
17	Asociación de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	9
18	Asociación de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	9
19	Asociación de Fluvisoles calcáricos y Solonchaks órticos y gleicos.	9
20	Asociación de Fluvisoles calcáricos y Solonchaks órticos y gleicos. En fase salina	9
21	Asociación de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	9
22	Asociación de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles gípsicos. En fase salina	9
23	Asociación de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	9
24	Asociación de Fluvisoles cálcicos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xer	9
25	Asociación de Fluvisoles cálcicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	9
26	Asociación de Fluvisoles cálcicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	9
27	Asociación de Fluvisoles cálcicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litorródicos y R	9
28	Asociación de Gleysoles calcáricos y Solonchaks gleicos.	5
29	Asociación de Litosoles y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Rendsinas ór	9
30	Asociación de Litosoles y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	9
31	Asociación de Litosoles y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas órticas.	9
32	Asociación de Litosoles y Kastanosems cálcicos con inclusiones de Solonchaks móllicos.	9
33	Asociación de Litosoles y Phaeosems háplicos.	9
34	Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Cambisoles cálcicos y Rendsinas ór	10
35	Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	10
36	Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	10
37	Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles gípsicos. En fase salina	10
38	Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	10
39	Asociación de Litosoles y Regosoles calcáricos.	10
40	Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos con inclusiones de Rendsinas órticas y Phaeozems cál	10
41	Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos con inclusiones de Rendsinas órticas y Regosoles cal	10
42	Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos con inclusiones de Rendsinas órticas.	10
43	Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	10
44	Asociación de Litosoles y Regosoles litosólicos.	10
45	Asociación de Litosoles y Rendsinas arídicas con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	10
46	Asociación de Litosoles y Rendsinas arídicas con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	10
47	Asociación de Litosoles y Rendsinas arídicas.	10
48	Asociación de Litosoles y Rendsinas órticas con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	10
49	Asociación de Litosoles y Rendsinas órticas.	10
50	Asociación de Litosoles y Solonchaks gleicos con inclusiones de Arenosoles álbicos.	9
51	Asociación de Litosoles y Solonchaks litosólicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	9

52	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	9
53	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Kastanosems cálcicos y Phaeosems háp	9
54	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Rendsinas arí	9
55	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles gíp	9
56	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	9
57	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litorródicos.	9
58	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos y Rendsinas ar	9
59	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos.	9
60	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas arídicas.	9
61	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	9
62	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálicos.	9
63	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	9
64	Asociación de Litosoles y Xerosoles cálcicos. En fase salina	9
65	Asociación de Litosoles y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Solonchaks litosólicos.	9
66	Asociación de Litosoles y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Solonchaks órticos.	9
67	Asociación de Litosoles y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	9
68	Asociación de Litosoles y Xerosoles gípsicos.	9
69	Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	9
70	Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Rendsinas arídicas.	9
71	Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	9
72	Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálicos.	9
73	Asociación de Litosoles y Xerosoles petrocálicos. En fase salina	9
74	Asociación de Litosoles, Regosoles calcáricos y Regosoles litosólicos.	10
75	Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	5
76	Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	5
77	Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos.	5
78	Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas órticas.	5
79	Asociación de Regosoles calcáricos y Cambisoles cálcicos.	5
80	Asociación de Regosoles calcáricos y Regosoles eútricos con inclusiones de Cambisoles cálcicos y Cam	6
81	Asociación de Regosoles calcáricos y Regosoles litosólicos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	6
82	Asociación de Regosoles calcáricos y Regosoles litosólicos.	6
83	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y X	5
84	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	5
85	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En	5
86	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Fluvisoles ca	5
87	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Rendsinas arí	5
88	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles gíp	5
89	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	5
90	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas arídicas y Xero	5
91	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Solonchaks litosólicos y	5
92	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	5
93	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos. En fa	5
94	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálicos.	5
95	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	5
96	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos. En fase salina	5
97	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	5
98	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles.	5
99	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	5
100	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos.	5
101	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Fluvisoles calcárico	4
102	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Litosoles.	4
103	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	4

104	Asociación de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálicos.	4
105	Asociación de Regosoles calcáricos, Regosoles litosólicos y Regosoles eútricos.	6
106	Asociación de Regosoles eútricos y Regosoles litosólicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	6
107	Asociación de Regosoles litosólicos y Regosoles calcáricos con inclusiones de Litosoles.	6
108	Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	6
109	Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Luvisoles cá	6
110	Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	6
111	Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles. En fase salin	6
112	Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas.	6
113	Asociación de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos.	6
114	Asociación de Rendsinas áridicas y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	9
115	Asociación de Rendsinas áridicas y Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálicos.	9
116	Asociación de Solonchaks gleicos y Solonchaks órticos con inclusiones de Arenosoles álbicos.	6
117	Asociación de Xerosoles cálcicos y Fluvisoles calcáricos.	6
118	Asociación de Xerosoles cálcicos y Rendsinas áridicas con inclusiones de Regosoles calcáricos.	6
119	Asociación de Xerosoles cálcicos y Rendsinas áridicas.	6
120	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En f	5
121	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles.	5
122	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	5
123	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos con inclusiones de Regosoles calcáricos. En fa	5
124	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos.	5
125	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos. En fase salina	5
126	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles lúvicos con inclusiones de Litosoles.	4
127	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles lúvicos con inclusiones de Xerosoles petrocálicos.	4
128	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos	4
129	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles	4
130	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Litosoles.	4
131	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Litosoles. En fase sal	4
132	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	4
133	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálicos con inclusiones de Rendsinas áridicas.	4
134	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálicos.	4
135	Asociación de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálicos. En fase salina	4
136	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Cambisoles petrocálicos.	5
137	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	6
138	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles.	6
139	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles. En fase salina	6
140	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos.	6
141	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Rendsinas órticas.	6
142	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	6
143	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Regosoles Litosólicos.	5
144	Cambisoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	5
145	Cambisoles cálcicos.	5
146	Cambisoles petrocálicos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	3
147	Cambisoles petrocálicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	3
148	Cambisoles petrocálicos.	3
149	Embalses.	
150	Fluvisoles calcáricos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	10
151	Fluvisoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	10
152	Fluvisoles calcáricos.	10
153	Fluvisoles calcáricos. En fase salina	10
154	Kastanosems cálcicos.	5
155	Litosoles con inclusiones de Cambisoles cálcicos y Rendsinas órticas.	10

156	Litsoles con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	10
157	Litsoles con inclusiones de Cambisoles petrocálcicos.	9
158	Litsoles con inclusiones de Kastanosems cálcicos y Solonchaks móllicos.	10
159	Litsoles con inclusiones de Luvisoles cálcicos y Rendsinas órticas.	9
160	Litsoles con inclusiones de Phaeosems háplicos y Xerosoles cálcicos.	10
161	Litsoles con inclusiones de Phaeosems háplicos.	10
162	Litsoles con inclusiones de Phaeosems háplicos. En fase salina	10
163	Litsoles con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	10
164	Litsoles con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos.	10
165	Litsoles con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.	9
166	Litsoles con inclusiones de Regosoles calcáricos.	10
167	Litsoles con inclusiones de Regosoles litosólicos y Xerosoles cálcicos.	10
168	Litsoles con inclusiones de Rendsinas arídicas y Xerosoles cálcicos.	10
169	Litsoles con inclusiones de Rendsinas arídicas.	10
170	Litsoles con inclusiones de Rendsinas órticas.	10
171	Litsoles con inclusiones de Solonchaks litosólicos y Xerosoles gípsicos.	10
172	Litsoles con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos.	10
173	Litsoles con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles lúvicos.	9
174	Litsoles con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos.	9
175	Litsoles con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina	9
176	Litsoles con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	10
177	Litsoles con inclusiones de Xerosoles cálcicos. En fase salina	10
178	Litsoles con inclusiones de Xerosoles gípsicos y Rendsinas arídicas.	10
179	Litsoles con inclusiones de Xerosoles lúvicos.	9
180	Litsoles con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	9
181	Litsoles.	10
182	Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Rendsinas arídicas.	6
183	Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	6
184	Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos. En fase salina	6
185	Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.	6
186	Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos. En fase sal	6
187	Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	6
188	Regosoles calcáricos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En fase salina	6
189	Regosoles calcáricos con inclusiones de Litsoles y Fluvisoles calcáricos.	6
190	Regosoles calcáricos con inclusiones de Litsoles y Fluvisoles calcáricos. En fase salina	6
191	Regosoles calcáricos con inclusiones de Litsoles y Regosoles litosólicos.	6
192	Regosoles calcáricos con inclusiones de Litsoles y Xerosoles cálcicos.	6
193	Regosoles calcáricos con inclusiones de Litsoles y Xerosoles gípsicos.	6
194	Regosoles calcáricos con inclusiones de Litsoles y Xerosoles petrocálcicos.	6
195	Regosoles calcáricos con inclusiones de Litsoles y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina	6
196	Regosoles calcáricos con inclusiones de Litsoles.	6
197	Regosoles calcáricos con inclusiones de Regosoles eútricos y Regosoles litosólicos.	5
198	Regosoles calcáricos con inclusiones de Rendsinas arídicas y Xerosoles cálcicos.	5
199	Regosoles calcáricos con inclusiones de Rendsinas arídicas.	5
200	Regosoles calcáricos con inclusiones de Solonchaks órticos.	5
201	Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles gípsicos.	5
202	Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos.	5
203	Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	5
204	Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles cálcicos. En fase salina	5
205	Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	5
206	Regosoles calcáricos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	5
207	Regosoles calcáricos.	5











208	Regosoles calcáricos. En fase salina	5
209	Regosoles eútricos con inclusiones de Regosoles litosólicos y Cambisoles eútricos.	5
210	Regosoles litorródicos con inclusiones de Litosoles.	6
211	Regosoles litorródicos.	6
212	Regosoles litosólicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	6
213	Regosoles litosólicos con inclusiones de Litosoles.	6
214	Rendsinas áridicas con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	9
215	Rendsinas áridicas.	9
216	Rendsinas órticas con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	9
217	Rendsinas órticas con inclusiones de Cambisoles petrocálcicos.	9
218	Rendsinas órticas con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	9
219	Rendsinas órticas con inclusiones de Litosoles y Cambisoles cálcicos.	9
220	Rendsinas órticas con inclusiones de Litosoles.	9
221	Rendsinas órticas con inclusiones de Regosoles calcáricos.	9
222	Rendsinas órticas.	9
223	Solonchaks gleicos con inclusiones de Solonchaks órticos.	5
224	Solonchaks gleicos.	5
225	Solonchaks gleicos. En fase salina	5
226	Solonchaks órticos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Solonchaks gleicos.	5
227	Solonchaks órticos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	5
228	Solonchaks órticos.	5
229	Vertisoles crómicos con inclusiones de Cambisoles cálcicos.	7
230	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	6
231	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos. En fase salina	6
232	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles litorródicos.	6
233	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles litosólicos.	6
234	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Rendsinas áridicas.	6
235	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.	6
236	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	6
237	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos. En fase salina	6
238	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Fluvisoles calcáricos.	6
239	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos.	6
240	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles litosólicos.	6
241	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Rendsinas áridicas.	6
242	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles lúvicos.	6
243	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos.	6
244	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina	6
245	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Litosoles.	6
246	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Rendsinas áridicas.	5
247	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles gípsicos.	5
248	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.	5
249	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos. En fase salina	5
250	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	5
251	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos.	5
252	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Regosoles litosólicos. En fase salina	5
253	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas.	5
254	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles gípsicos.	5
255	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles lúvicos.	4
256	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles lúvicos. En fase salina	4
257	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos.	4
258	Xerosoles cálcicos con inclusiones de Xerosoles petrocálcicos. En fase salina	4
259	Xerosoles cálcicos.	5

260	Xerosoles cálcicos. En fase salina	5
261	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	6
262	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos.	6
263	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles y Regosoles calcáricos. En fase salina	6
264	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	6
265	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	5
266	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Regosoles calcáricos. En fase salina	5
267	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Solonchaks órticos.	5
268	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Regosoles calcáricos. En fase salina	5
269	Xerosoles gípsicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	5
270	Xerosoles gípsicos.	5
271	Xerosoles gípsicos. En fase salina	5
272	Xerosoles lúvicos.	3
273	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos.	3
274	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Regosoles calcáricos. En fase sal	3
275	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	3
276	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Fluvisoles calcáricos.	3
277	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles y Rendsinas áridicas.	3
278	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos.	3
279	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles y Xerosoles cálcicos. En fase salina	3
280	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Litosoles.	3
281	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Rendsinas áridicas.	3
282	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos y Xerosoles cálcicos.	3
283	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Regosoles calcáricos.	3
284	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas y Xerosoles cálcicos.	3
285	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Rendsinas áridicas.	3
286	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos.	3
287	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles cálcicos. En fase salina	3
288	Xerosoles petrocálcicos con inclusiones de Xerosoles lúvicos.	3
289	Xerosoles petrocálcicos.	3
290	Xerosoles petrocálcicos. En fase salina	3
291	Zona militar.	-
292	Zona Minera.	10
293	Zona Minera. En fase salina	10
294	Zona urbana.	1

**Tabla 3. Valoración del mapa de suelos de Murcia (1:100.000)**



### **ANEXO V: Código de colores para los factores DRASTIC y para el índice de vulnerabilidad (ArcGis 9.2)**

	<b>Valor</b>	<b>R</b>	<b>G</b>	<b>B</b>
 1	<b>1</b>	99	195	255
 2	<b>2</b>	71	136	255
 3	<b>3</b>	202	255	158
 4	<b>4</b>	144	219	79
 5	<b>5</b>	255	250	158
 6	<b>6</b>	255	255	20
 7	<b>7</b>	255	201	120
 8	<b>8</b>	250	157	17
 9	<b>9</b>	255	120	156
 10	<b>10</b>	255	20	44

Mapa de Vulnerabilidad DRASTIC Reducido de las masas de agua subterránea detríticas y mixtas de las  
Cuencas Intercomunitarias de España



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