

Cartografía hidrogeológica continua de la Cuenca del río Guadalquivir. Herramienta para el desarrollo de la DMA

Watershed Guadalquivir's Hydrogeological map. Tool for the development of WFD

Juan Antonio Luque ⁽¹⁾, Antonio González-Ramón ⁽¹⁾, Jesús Yesares ⁽²⁾, Gerardo Ruiz ⁽³⁾,
Crisanto Martín ⁽¹⁾, Juan José Durán ⁽⁴⁾ y Juan Carlos Rubio ⁽¹⁾

⁽¹⁾ IGME. Urb. Alcázar del Genil, 4 bajo, ed. Zulema, 18006 Granada, ja.luque@igme.es

⁽²⁾ C/ Camino de Ronda, 41, 18004 Granada, jesus.yesares@gmail.com

⁽³⁾ EGM. C/ Paseo de los Pinos, 6, 18110, Las Gabias, Granada, gruizp@egmweb.es

⁽⁴⁾ IGME. C/ Ríos Rosas, 23, 28004 Madrid, jj.duran@igme.es

ABSTRACT

We propose a watershed Guadalquivir's Hydrogeological map resulting from the synthesis and grouping of materials described in the Geode project. There are materials of the Internal Zones, Betic Zone, Prebetic Zone, Betic Basins, Central Iberian Zone, Ossa-Morena Zone and South Portuguese Zone. The short-term goal of this work has been to improve the hydrogeological information to support water management of the Guadalquivir's watershed. All hydrogeological information has been transformed for treatment in a GIS. It seeks to establish a cartographic database to manage and protect groundwater resources in accordance with the guidelines established by the Water Framework Directive. In the 60 water bodies identified, 5106 km² are limestone, between high and medium permeability; 15067 km² of detrital material, between high and medium permeability; 528 km² of fractured rock, and 15674 km² of low permeability materials. Out of the water bodies, 230 km² are limestone, 4629 km² of detrital materials; 1788 km² of fractured rock, and 14504 km² of low permeability materials.

Key-words: Hydrogeological map, management, Water Framework Directive, GIS.

RESUMEN

Se propone una cartografía hidrogeológica continua de toda la Cuenca del río Guadalquivir fruto de la síntesis y agrupación de materiales descritos en el proyecto Geode. En esta Cuenca están representados materiales de las Zonas Internas, Subbético, Prebético y Depresiones de las Cordilleras Béticas, así como la Zona Centroibérica, Ossa-Morena y la Zona Sudportuguesa. El objetivo a corto plazo de este trabajo ha sido mejorar la información hidrogeológica de apoyo a la planificación hidráulica de la Cuenca. Además, con esta actualización de la información hidrogeológica y su gestión en un entorno de SIG se pretende establecer una base cartográfica para gestionar y proteger los recursos hídricos subterráneos de acuerdo con las directrices que establece la Directiva Marco del Agua además de tener una base hidrogeológica sobre la que tomar decisiones sobre posibles modificaciones de las masas de agua actuales. En de las 60 masas de agua definidas se han diferenciado 5.106 km² de materiales carbonatados de media y alta permeabilidad; 15.067 km² de materiales detríticos de media y alta permeabilidad; 528 km² de rocas fracturadas y 15.674 km² de materiales de baja permeabilidad. Fuera de las masas de agua se localizan 230 km² de materiales carbonatados, 4.629 km² de materiales detríticos; 1.788 km² de rocas fracturadas y 14.504 km² de materiales de baja permeabilidad.

Palabras clave: Mapa hidrogeológico, gestión, Directiva Marco del Agua, SIG.

Geogaceta, 50-1 (2011), 87-90.
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 15 de Febrero de 2011

Fecha de revisión: 28 de Abril de 2011

Fecha de aceptación: 27 de Mayo de 2011

Introducción

La Directiva Marco del Agua, DMA (EC, 2000) ha obligado a los estados miembros a poner en marcha diferentes actuaciones que permitan una mejora sustancial del conocimiento de la situación de las aguas subterráneas en relación con su calidad y el grado de uso. En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) constituyen una herramienta fundamental para la gestión de la información generada. Por otra parte, entre otros objetivos de la DMA están la adecuada delimitación de las

masas de agua subterráneas (MASb), la mejora y la protección de los recursos hídricos, el establecimiento de redes de control, etc. En este contexto, es imprescindible una cartografía hidrogeológica continua que dé apoyo a las tareas necesarias que permitan cumplir con los objetivos mencionados, incluida la mejora del conocimiento sobre el funcionamiento de las MASb. En este sentido, en colaboración con la Confederación Hidrográfica del río Guadalquivir, se ha elaborado una cartografía hidrogeológica para los fines mencionados. Para ello, se ha tenido en cuenta información procedente trabajos realizados por el IGME en los últimos

años y las bases de datos de la propia Confederación. La información aportada por ambos organismos ha sido cuantitativa y cualitativa. No obstante, este trabajo se ha tenido que centrar en los criterios generales empleados para su elaboración y un resumen de los resultados obtenidos dado que la cartografía se ha realizado a escala 1/50.000 por lo que no se puede mostrar en este formato divulgativo. En la figura 1 se muestran las 60 MASb definidas a partir de Argüelles et al., (2003) y también se diferencian los dominios geológicos existentes que tienen su reflejo en la figura 2 con idénticas iniciales.

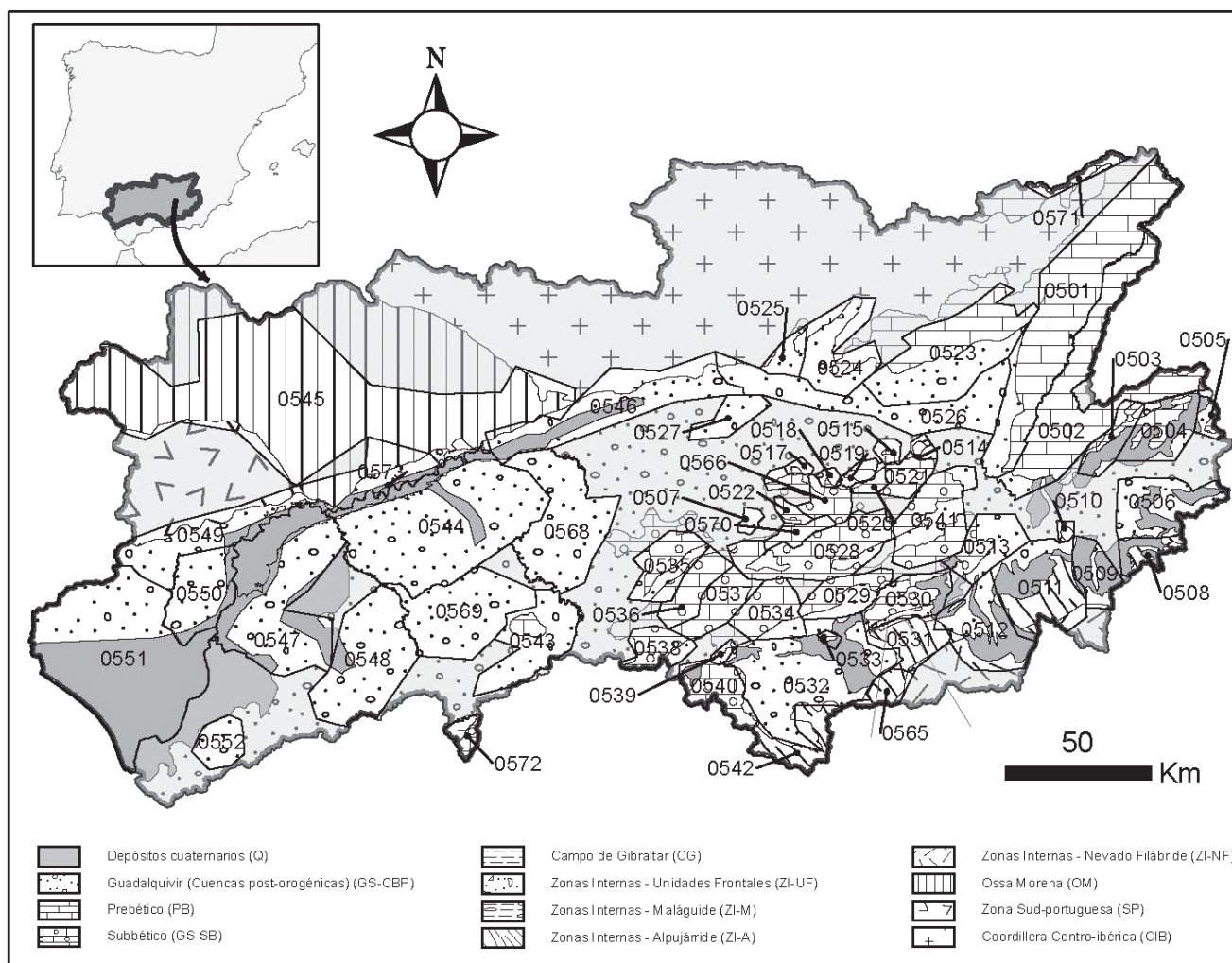


Fig. 1.- Localización de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir. Masas de agua diferenciadas y dominios geológicos presentes en la cuenca.
 Fig. 1.- Hydrographic Guadalquivir's Basin location. Distinguished water masses and geological domains in the watershed.

Se debe destacar que gracias a esta cartografía se podrán elaborar cubiertas de información hidrogeológica necesarias para apoyar la mejora de la gestión, la protección y la actualización de las masas de agua subterráneas en caso de que se decida llevar a cabo algún tipo de modificación de los límites actuales de las MASb o para abordar otras necesidades cartográficas relacionadas con la gestión y conocimiento de las aguas subterráneas.

Criterios utilizados

La cartografía que se presenta se ha realizado a partir del Proyecto Geode (IGME, diversos autores, en revisión). Para realizar la cartografía hidrogeológica se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

1. Se ha respetado la estructura de la leyenda geológica del Proyecto Geode (IGME,

diversos autores, en revisión) y usado sus simbologías. En este sentido, también se ha tenido en cuenta los dominios geológicos (fig. 1 y 2), pues los condicionantes paleogeográficos y las estructuras geológicas se reflejan en el comportamiento hidro-geológico de los materiales.

2. Las agrupaciones de términos geológicos se han realizado de tal manera que el resultado fuera coherente con la edad, la litología y el dominio geológico. Para ello se han utilizado colores de relleno dentro de la gama que por edad les corresponden a las litologías, pero diferenciando el dominio al que pertenecen. Finalmente, se han diferenciado 102 términos hidrogeológicos en la leyenda (fig. 2 y tabla II). En la figura 2 se muestran los términos hidrogeológicos numerados hasta el 102 y en la leyenda los seis grandes grupos diferenciados por litología y permeabilidad. En la tabla II se relacionan todos

los términos hidrogeológicos diferenciados.

3. Debido a la escala de trabajo y a los cambios de facies que se producen en algunos materiales, las categorías de permeabilidades asignadas han sido sólo baja, media y alta. De esta forma, la asignación de permeabilidad relativa está más próxima a las propiedades hidráulicas reales del conjunto de materiales agrupados. La permeabilidad baja se ha diferenciado con relleno de color, sin trama.

4. En algunos casos se han tenido que agrupar materiales con litologías variadas pero con edades y comportamientos hidrogeológicos parecidos. No obstante, en la descripción de los materiales se han incluido los más relevantes empezando por el de mayor superficie cartográfica. De esta manera, un afloramiento puntual de un material incluido en la agrupación y que pudiera tener un comportamiento hidrogeológico

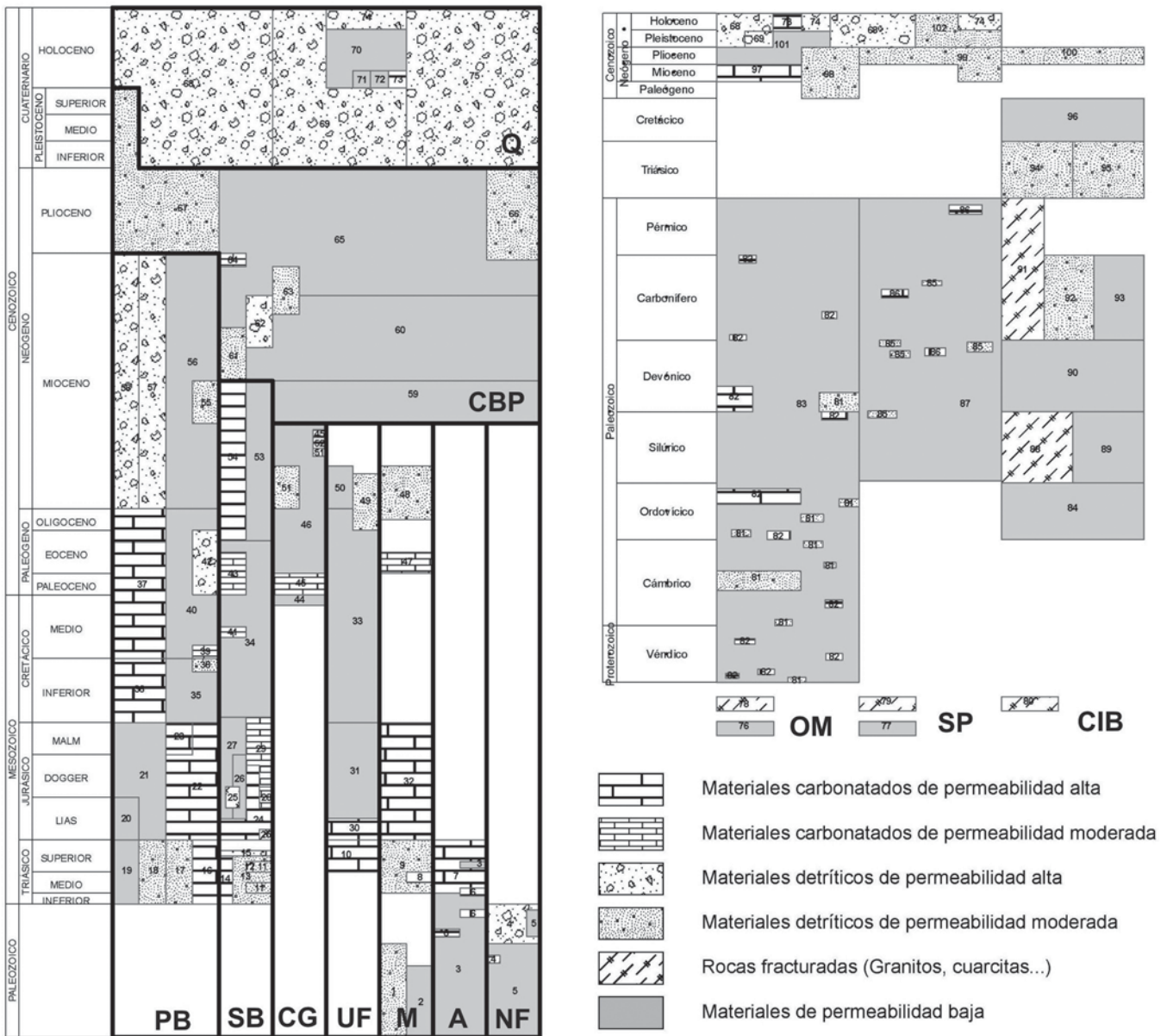


Fig. 2.- Leyenda hidrogeológica sintetizada. Están diferenciados todos los dominios geológicos (PB, GS-SB, CG, ZI-UF, ZI-M, ZI-A, ZI-NF, OM, SP, CIB) y los materiales de relleno de las cuencas béticas postorogénicas (Q, GS-CBP).

Fig. 2.- Synthesized Hydrogeological Legend. All geological domains are distinguished (PB, GS-SB, CG, ZI-UF, ZI-M, ZI-A, ZI-NF, OM, SP, CIB) and fillers from postorogenic Betic basin (Q, GS-CBP)

gico próximo al límite de la categoría asignada, quedaría contemplado sin que supusiera un error en la cartografía ni en la asignación.

Resultados y conclusiones

En la configuración actual de las masas de agua no se diferencian los materiales permeables, ni el grado de permeabilidad, ni se ajustan a los límites permeables de los afloramientos como indica la Directiva Marco. Con la cartografía realizada quedaría superado este problema y se sientan las bases para elaborar cartografías temáticas

con unas escalas y detalle adecuados a los objetivos de cada trabajo. Es destacable, además, la escala a la que se ha trabajado,

1/50.000, pues las realizadas con anterioridad consisten en síntesis cartográficas a 1/200.000 (IGME, 2007).

	Total cuenca	Dentro de masa	Fuera de masa
Superficies de agua	739.10	402.06	337.04
Baja permeabilidad	24,230.50	15,674.28	8,556.21
Carbonatados altos	4,855.58	4,650.20	205.38
Carbonatados moderados	479.02	455.59	23.43
Detríticos altos	9,961.21	7,766.65	2,194.56
Detríticos moderada	9,316.07	7,300.43	2,015.63
Rocas fracturadas	1,353.80	528.13	825.67
vacio	128.85	-	128.85
	51,064.13	36,777.35	14,286.78

Tabla I.- Resumen de materiales diferenciados (expresado en kilómetros cuadrados)
Table I.- Summary of materials (expressed in km²)

1	Pizarras, conglomerados y calizas (Paleozoico)	34	Margas y lutitas. Localmente turbiditas (Cretácico - Paleógeno)	66	Gravas, arenas y limos. Localmente margas y calizas (Mioceno-Plioceno)
2	Micaesquistos. Localmente cuarcitas y calizas (Paleozoico - Triásico)	35	Margas y ritmita margoso-calcarea (Cretácico inf.)	67	Gravas (Plioceno-Pleistoceno)
3	Micaesquistos. Localmente cuarcitas y calizas (Paleozoico - Triásico)	36	Dolomías y calizas (Cretácico inf.)	68	Aluviales cuaternarios (Cuaternario)
4	Mármoles (Paleozoico)	37	Calizas y dolomías (Cretácico sup.)	69	Depósitos de ladera (Cuaternario)
5	Micaesquistos. Localmente cuarcitas y calizas (Paleozoico - Triásico)	38	Arenas silíceas (Cretácico (Aptiense))	70	Marisma (Arcillas) (Cuaternario)
6	Mármoles (Paleozoico - Triásico inf.)	39	Calizas (Cenomaniense)	71	Suelos arcillosos (Cuaternario)
7	Rocas carbonatadas (Triásico)	40	Margas y margocalizas (Cretácico sup. -Paleógeno)	72	Turberas (Cuaternario)
8	Calizas y dolomías (Triásico)	41	Calizas (Cretácico superior)	73	Travertinos (Cuaternario)
9	Conglomerados (Triásico)	42	Calcarenitas (Paleoceno - Eoceno medio)	74	Materiales antrópicos (Cuaternario)
10	Calizas y dolomías (Triásico)	43	Calizas y calcarenitas (Paleógeno)	75	Depósitos eólicos y de playa (Cuaternario)
11	Conglomerados y areniscas. Localmente arcillas (Triásico)	44	Margas y lutitas. Localmente turbiditas (Cretácico - Paleógeno)	76	Otras rocas plutónicas de Ossa Morena.
12	Ofitas (Triásico)	45	Calizas y calcarenitas (Paleógeno)	77	Otras rocas plutónicas de la Zona Sud Portuguesa.
13	Arcillas y areniscas. Localmente yesos (Triásico)	46	Margas y arcillas (Paleógeno - Mioceno)	78	Rocas graníticas de Ossa Morena.
14	Dolomías y calizas (Triásico)	47	Calizas y margas (Eoceno)	79	Rocas graníticas de la Sud Portuguesa.
15	Yesos (Triásico)	48	Conglomerados y areniscas (Oligoceno - Mioceno)	80	Granitos y granodioritas (Carbonífero)
16	Dolomías y calizas (Triásico)	49	Calcarenitas y margas (Oligoceno - Mioceno)	81	Cuarcitas (Paleozoico)
17	Conglomerados triásicos (Triásico)	50	Margas y brechas. Localmente carbonatos (Mioceno)	82	Calizas y mármoles (Paleozoico)
18	Areniscas, arcillas y margas con yeso (Triásico)	51	Areniscas y margas. Turbiditas (Mioceno)	83	Paleozoico metamórfico y detrítico (Paleozoico)
19	Arcillas versicolores triásicas (Triásico)	52	Calizas y dolomías (Jurásico inf. - med.)	84	Pizarras Ordovícicas (Ordovícico)
20	Margas y ritmitas margoso - calcáreas (Jurásico inf.)	53	Margas y arcillas (Paleógeno - Mioceno)	85	Cuarcitas (Paleozoico)
21	Margas y calizas (Jurásico)	54	Calizas bioclásticas. Localmente conglomerados (Mioceno)	86	Calizas (Paleozoico)
22	Dolomías y calizas (Jurásico)	55	Olistolitos indiferenciados	87	Paleozoico metamórfico y detrítico (Paleozoico)
23	Calizas y dolomías (Jurásico sup.)	56	Margas (Mioceno)	88	Cuarcita del criadero (Silúrico)
24	Calizas y dolomías (Jurásico inf. - med.)	57	Conglomerados, arenas,... (Mioceno)	89	Pizarras silúricas (Silúrico)
25	Rocas volcánicas (Jurásico medio)	58	Calcarenitas (Mioceno)	90	Pizarras devónicas (Devónico)
26	Calizas y margas (Jurásico inf. y med.)	59	Unidad olistostrómica y unidades tectónicas (Mioceno)	91	Diques y filones (Carbonífero - Pérmico)
27	Calizas margosas, margas y calcilimolitas (Jurásico medio - sup.)	60	Margas con intercalaciones de limos y arenas (Mioceno)	92	Conglomerados carboníferos (Carbonífero)
28	Calizas nodulosas y tableadas (Jurásico inferior)	61	Areniscas y margas. Turbiditas (Mioceno)	93	Pizarras carboníferas (Carbonífero)
29	Calizas oolíticas y calizas (Jurásico medio - sup.)	62	Conglomerados, calizas y areniscas (Mioceno)	94	Conglomerados triásicos (Triásico)
30	Calizas y dolomías (Jurásico)	63	Conglomerados, areniscas y localmente limos (Mioceno)	95	Areniscas triásicas (Triásico)
31	Margocalizas, margas y calizas nodulosas (Jurásico)	64	Calizas de páramo (Mioceno - Plioceno)	96	Margocalizas, margas y calizas (Cretácico)
32	Calizas y dolomías (Jurásico)	65	Margas azules (Plioceno - Pleistoceno)	97	Calizas y conglomerados (Mioceno)
33	Margas y margocalizas (Cretácico - Paleógeno)			98	Conglomerados heterométricos (Paleógeno-Neógeno)
				99	Conglomerados (Neógeno)
				100	Conglomerados, arenas y arcillas miocénicos (Mioceno)
				101	Arcillas y cantos (Plioceno-Pleistoceno)
				102	Gossan (Cuaternario)

Tabla II.- Materiales diferenciados en el conjunto de la Cuenca Hidrográfica.

Table II.- Hydrogeological terms distinguished in the watershed.

La necesidad de revisar los límites actuales de las masas de agua queda reflejada en la tabla I, donde se observa que fuera de las masas de agua hay una cantidad importante de materiales permeables susceptibles de formar parte de una masa de agua o constituir otras nuevas.

Esta cartografía recoge e interpreta propiedades cualitativas y cuantitativas de los materiales aflorantes. En este sentido, y teniendo en cuenta que toda la información se ha gestionado en un entorno SIG, sería muy fácil obtener mapas más especializados (acuíferos, cartografías de vulnerabilidad, mapas más detallados de tipos de porosidad o mapas litológicos, entre otros).

Por tanto, basándose en la interpretación de información cualitativa y cuantita-

tiva de trabajos inéditos del IGME se propone una cartografía hidrogeológica base de trabajo para investigaciones posteriores y como herramienta de gestión y toma de decisiones de la Cuenca.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el contexto de una encomienda de gestión entre el IGME y la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2007-2009). Igualmente este trabajo se ha basado en la cartografía del Proyecto Geode. Se agradece a Francisco Javier Roldán y Carlos Marín sus consejos y apoyo, así como a otros miembros del equipo de trabajo del Proyecto Geode. Por último, se agradece a los revisores sus comentarios pues han permitido mejorar y enriquecer este trabajo.

Referencias

- Argüelles, A., González-Ramón, A., Silgado, A., Martín-Machuca, M., López-Geta, J.A., Rubio-Campos, J.C., López-Bravo, J. y Gómez-Sánchez, M. (2003). *Jornadas Agua y Globalización en el Mediterráneo. XI Congreso Mundial del Agua*. Granada
- European Union (2000). *Official Journal*, 2000/60/CE.
- European Union (2006). *Official Journal*, 2006/118/CE.
- IGME (2007). *Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España a escala 1:200.000*. CD.
- <http://www.igme.es/internet/SalaPrensa/cataProy/catalogoProy2009/catalogoProyectos2009.pdf>. En revisión.