

# LA CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA EN EL ITGE: EVOLUCIÓN, PRESENTE Y FUTURO

Por M. del Pozo Gómez (\*)

## RESUMEN

Con motivo de la celebración del 150 Aniversario de la fundación del ITGE se han organizado unos Talleres sobre cartografías temáticas, con el objetivo de realizar unas reflexiones críticas sobre el trabajo desarrollado hasta ahora y definir las líneas de futuro. En primer lugar se hace una reseña histórica de la cartografía hidrogeológica del ITGE, su desarrollo y sus logros para, posteriormente, hacer un repaso del proceso, formación y publicación de la cartografía hidrogeológica con espíritu autocrítico y, finalmente, hacer unas reflexiones sobre el futuro de esta cartografía en el ITGE, en el que los SIG deben adquirir un papel preponderante.

## ABSTRACT

On the occasion of the 150 anniversary of the I.T.G.E.'s foundation, a workshop on thematic cartography has been organised in order to reflect over the work developed so far, and to establish the guidelines for the future. Firstly, a brief historical description on the hydrogeological cartography generated by the I.T.G.E, its development and achievements, is made in order to review the development and publication procedures from a self-criticism point of view, and finally, reflect over the future of this cartography in the I.T.G.E, in which the S.I.G.'s role must be very important.

## INTRODUCCIÓN

Con motivo de la celebración en este año del 150 Aniversario de la fundación del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), la Dirección de este Organismo ha considerado de interés la programación de unos Talleres sobre cartografías temáticas en el mismo con objeto de realizar unas reflexiones críticas sobre el trabajo desarrollado hasta el momento y tratar de definir las líneas a seguir en el futuro.

La oportunidad de celebración de este taller es doble pues, además del motivo ya expresado, en estos momentos la tecnología digital ha puesto a punto nuevos métodos de almacenamiento, gestión y análisis de la información cartográfica, a la vez que se han desarrollado los procedimientos de dibujo y edición de mapas basados en esta misma tecnología, con una sustancial reducción de costes, por lo que este momento puede ser un punto de inflexión en el proceso de producción y edición de la cartografía hidrogeológica del ITGE.

(\*) Dirección de Aguas Subterráneas y geotécnia. Instituto Tecnológico Geominero de España. C/. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. Correo electrónico: m.delpozo@itge.mma.es

## RESEÑA HISTÓRICA DE LA CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA DEL ITGE

Puede decirse que la cartografía hidrogeológica en España comenzó en 1972 con la publicación del "Mapa Hidrogeológico Nacional", realizado en el marco del Plan Nacional de la Minería por el entonces Instituto Geológico y Minero de España (actualmente ITGE), como contribución de nuestro país al Decenio Hidrológico Internacional y en cumplimiento de las recomendaciones séptima y octava de la Carta del Agua, firmada en 1968 por la mayoría de los gobiernos europeos y como preparación de los programas del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS), que se desarrolló entre 1970 y 1983.

Esta publicación estaba compuesta de tres mapas:

- Mapa de lluvia útil (a escala 1:1.000.000)
- Mapa de reconocimiento hidrogeológico (escala 1:1.000.000).
- Mapa de síntesis de los sistemas acuíferos (escala 1:1.500.000).

Además de estos tres mapas, y dentro del mismo programa, se publicó, también en 1972, el Mapa de Vulnerabilidad a la contaminación de los mapas acuíferos de la España Peninsular, Baleares y Canarias (Primer esquema cualitativo) a escala 1:1.000.000.

Con este mapa no se pretendía poner de manifiesto el estado de la contaminación, en aquellos momentos, de los acuíferos subterráneos, pero sí exponer su grado de vulnerabilidad frente a posibles agentes contaminantes, suministrando criterios que contribuyeran a una mayor planificación del desarrollo económico.

Con el PIAS se llevó a cabo el estudio sistemático de las características hidrogeológicas de todas las cuencas españolas, determinando la ubicación de los acuíferos, evaluando su grado de explotación, sus características hidrodinámicas, la calidad y contaminación de las aguas subterráneas y estableciendo los valores de sus recursos y reservas, recomendando los esquemas más idóneos para su explotación y protección y sentando las bases para la integración de los recursos hidráulicos subterráneos en el marco de la planificación hidrológica global.

Los resultados de estos estudios fueron publicados por el ITGE como informes de síntesis a los que acompañaba una cartografía específica, a distintas escalas (1:200.000 ó 1:50.000), de las áreas cubiertas por el estudio correspondiente.

El Real Decreto 450/1979 de 20 de febrero, establecía, como una de las misiones específicas del Instituto Tecnológico Geominero de España (entonces IGME), la realización y publicación de la cartografía hidrogeológica nacional.

En base a los datos disponibles recogidos en los estudios de infraestructura y posterior control de los acuíferos, se consideró el gran interés que presenta la publicación de mapas de síntesis hidrogeológica a escalas 1:200.000 y 1:50.000 en forma de hojas de la cuadrícula topográfica oficial.

El objeto del Mapa Hidrogeológico a escala 1:200.000 es, por una parte, mostrar las características hidrogeológicas y de explotación de los principales acuíferos existentes y, por otra, ofre-

cer una información que permita la realización de estudios de mayor detalle en el ámbito de cada hoja. El tipo de usuario al que va dirigida esta serie es la de planificadores y gestores del agua subterránea.

La cartografía se realiza de acuerdo con las normas establecidas en 1974 por el Grupo de Trabajo de Aguas Subterráneas del Instituto de Hidrología, basadas en las normas UNESCO (IAH, IAHS y UNESCO, 1970) sobre mapas hidrogeológicos. Los mapas son por tanto cotejables y comparables a escala internacional con los producidos en el resto del mundo y especialmente en los países de la CEE.

Hasta este momento, se han publicado o están dispuestas para su edición un total de 36 hojas, es decir, aproximadamente el 39% del total de la cuadrícula oficial (93). Si se tiene en cuenta la superficie ocupada por los macizos hespéricos y otras áreas con escaso interés hidrogeológico, el número de hojas que quedan por realizar y que tienen "interés" se reducen a poco más de 20 (fig. 1).

Al mismo tiempo y en aquellas zonas donde la información hidrogeológica era más abundante y completa, o donde la problemática de las aguas subterráneas así lo aconsejaba, se fueron publicando mapas hidrogeológicos detallados a escala 1:50.000, en forma de hojas correspondientes a la cuadrícula topográfica oficial.

El número de hojas a escala 1:50.000 publicadas hasta el momento es únicamente de 11 (fig. 2).

La nueva orientación que a partir de 1990 se dió a la publicación de las hojas geológicas de la serie MAGNA, en la que se incluía como información complementaria la hidrogeología de la hoja (además de información sobre la minería, geofísica, etc.), supuso un cambio de orientación en la publicación sistemática de las hojas hidrogeológicas a escala 1:50.000, de forma que se pensó abandonar esta escala como serie y se reservara únicamente para aquellas hojas o regiones que presenten una problemática especial.

Una de las etapas cartográficas del ITGE a destacar es la publicación en 1990 del Mapa

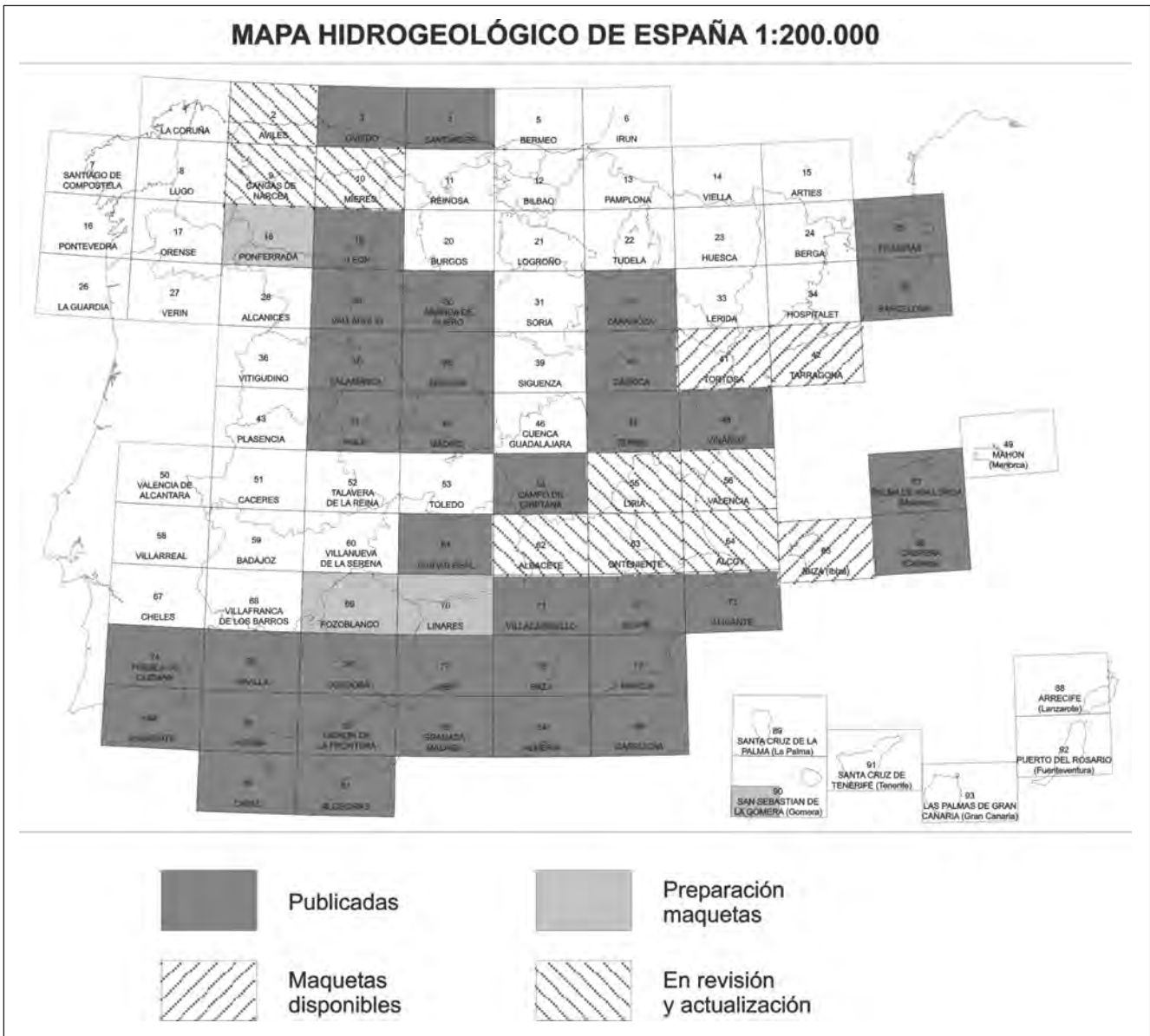


Fig. 1

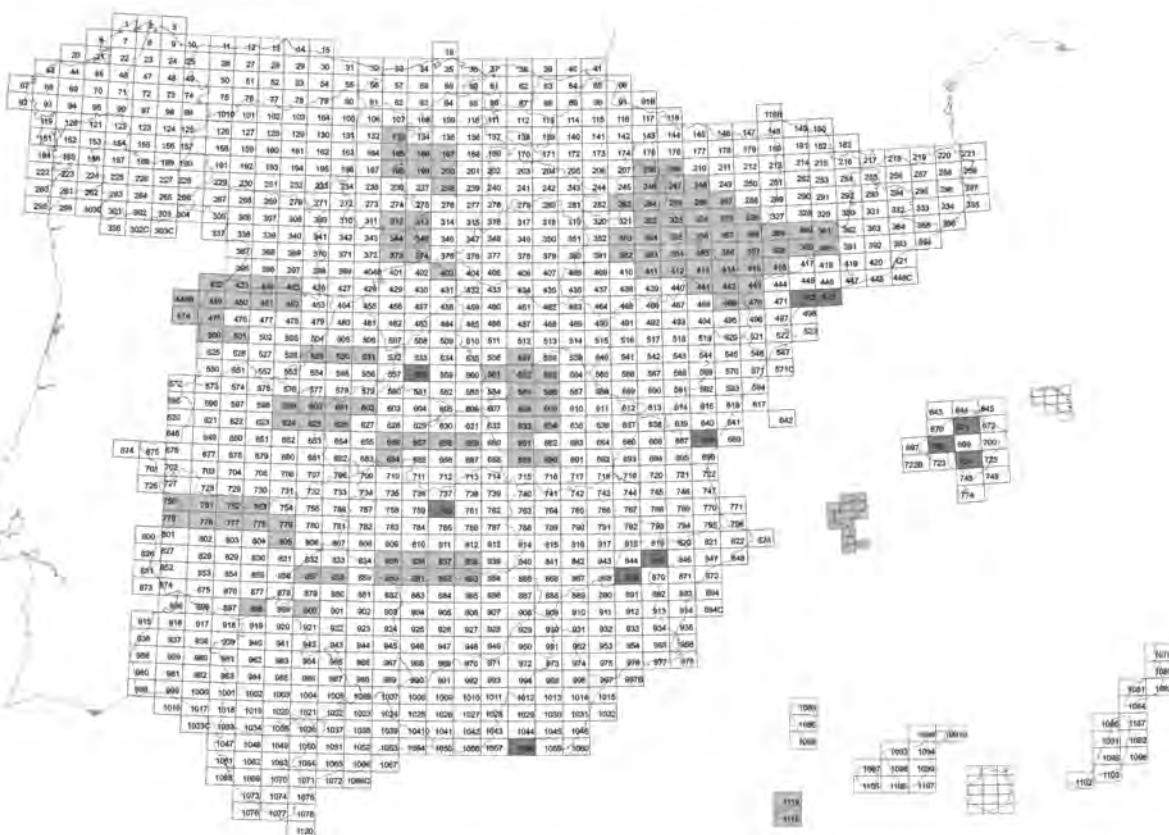
Hidrogeológico de España a escala 1:1.000.000, síntesis de los estudios de detalle realizados y cuyo objetivo es disponer de un documento que presenta una visión global y actualizada de las formaciones permeables y acuíferos.

Por otra parte el ITGE ha contribuido a la publicación de las hojas A5, A6 y B5 y B6 del Mapa Hidrogeológico Internacional de Europa

(Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Comisión del Mapa Geológico del Mundo) a escala 1:1.500.000.

Respondiendo a la misión de organismo consultivo que la ley de desechos y residuos sólidos urbanos de 19 de noviembre de 1975 (BOE 21 de noviembre, 1975) le concedía, el ITGE publicó, a modo preventivo, la serie de "Mapas de

MAPA HIDROGEOLÓGICO 1:50.000 y 1:25.000



Publicada Hoja complementaria de M.A.G.N.A.

Fig. 2

Orientación al Vertido”, en los que de forma fácilmente comprensible, se resalta el peligro de contaminación de las aguas subterráneas a partir de una mala ubicación de los puntos de vertido de los residuos sólidos urbanos.

El programa de publicación de mapas, preveía la cobertura de todas aquellas áreas del territorio nacional donde coincidieran núcleos urbanos de cierta importancia con acuíferos subterráneos aprovechables, fundamentalmente en las zonas

donde las aguas subterráneas representan una parte importante de los recursos hídricos totales.

El número de hojas a escala 1:50.000 de esta serie publicadas entre 1978 y 1989, es de 53 (fig. 3). La mayoría están situadas en el País Valenciano, en Asturias, Mallorca y Sevilla. El resto corresponden a hojas sueltas en zonas con cierta problemática: Murcia, Daimiel, ...

Además se publicaron 5 zonas a escala también a





(Ayamonte-Huelva). En ellas, la memoria no era tal, pues se reducía a una presentación de la serie y a una relación de la bibliografía consultada para la confección de la hoja. Eran hojas autoexplicativas en las que, tanto en la leyenda como en los cortes y en todas y cada uno de los gráficos y figuras que las componen, había suficiente explicación para que fueran comprensibles.

El método de preparación de originales y la posterior edición eran bastante rudimentarias. Eran hojas "delineadas".

Es a partir de la hoja siguiente, la de Sevilla (nº 75), publicada en 1984, cuando empiezan a utilizarse la metodología del esgrafiado de líneas con punta de zafiro sobre soporte de stabilene para, posteriormente, pasarlo a máscaras despeliculables y formación del color por tricomía (guía colortrol). El conjunto de positivos (6 colores) se pasa a planchas litográficas para su estampación

en offset, con lo que los productos así editados adquieren gran calidad. La memoria explicativa comienza a tener ya esta condición y tiene una estructuración semejante a la actual.

La cadencia de publicación de la serie 1:200.000 ha sido de aproximadamente 2,5 hojas por año como media hasta 1995, último año en que se produjo este hecho. Esto no quiere decir que esta publicación se haya producido de una forma continua, pues salvo en algunos períodos (1984-85 y 1988-89) en los que se publicaron hojas en años consecutivos, en el resto los períodos fueron más amplios, dos, tres y hasta cuatro años, correspondiendo al período necesario para la confección de maquetas, redacción de memorias y preparación de originales (fig. 4).

Por otra parte, las tres etapas necesarias para la edición de una hoja: confección de la maqueta y redacción de la memoria, preparación de origina-

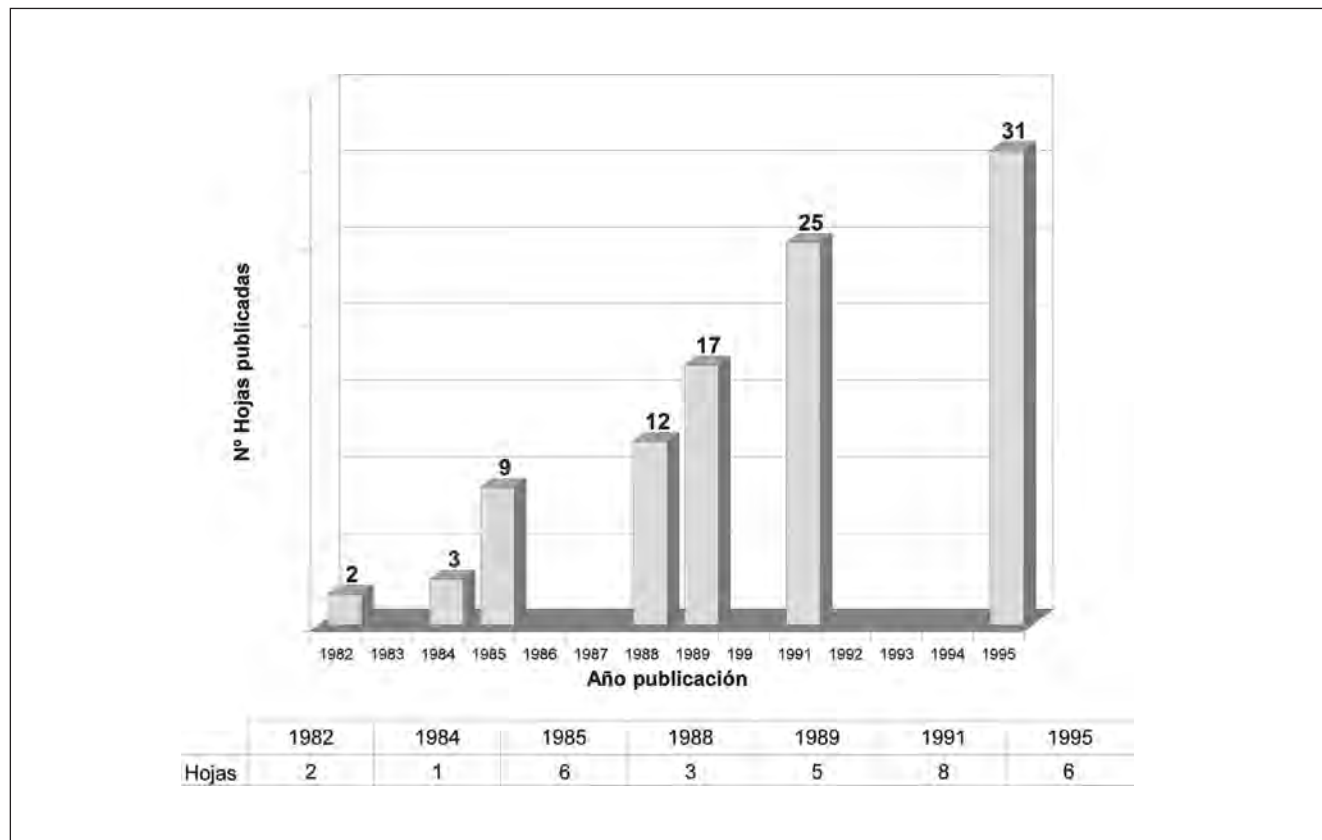


Fig. 4

les y tirada en imprenta, tampoco se han llevado a cabo siempre de una forma continua o inmediata. Esto se explica por que al ser necesarios tres expedientes de gasto para llevar a cabo cada una de estas etapas y, además, al depender estos expedientes de tres departamentos distintos dentro del ITGE, había que esperar, aparte del tiempo de tramitación de estos expedientes, la oportunidad de disponer de créditos suficientes para llevarlos a cabo. Así, en bastantes ocasiones, pasaba demasiado tiempo entre la confección de la maqueta y su publicación, con el grave problema que este hecho supone como se verá más adelante.

A partir de finales de los años 80, el coste de la confección de maquetas aumentó considerablemente. Esto era debido fundamentalmente a que ya había pasado mucho tiempo desde que se terminaron los estudios regionales del PIAS, y era necesario realizar una actualización de datos, especialmente los relativos al inventario, piezometría, calidad y usos y extracciones del agua.

Este hecho, unido a reducciones presupuestarias en la Administración que afectaron de manera especial al Organismo, a cambios en la Dirección del ITGE con directrices restrictivas en cuanto a la política de publicaciones, hizo que disminuyeran sensiblemente las inversiones en cartografía temática a partir del primer tercio de la década actual. Así, en el año 1995 se publicaron las últimas hojas de la serie 1:200.000 (y también de la 1:50.000), maquetadas y preparadas con anterioridad, y se dejaron 2 hojas maquetadas pendientes de preparación y publicación (Tortosa y Tarragona).

Desde el año 1992-93 no se han invertido tampoco recursos del capítulo 6 en la confección de maquetas de hojas hidrogeológicas. Únicamente se ha colaborado con medios propios en la preparación de las maquetas y en la redacción de las memorias de los mapas hidrogeológicos, a escala 1:100.000, de las islas de Ibiza, Formentera y El Hierro y ello aprovechando proyectos de la Dirección de Geología y Técnicas Básicas para el levantamiento de la geología, a escala 1:25.000, de dichas islas.

La circunstancia de que la publicación de la serie 1:200.000 se haya dilatado a lo largo de una etapa

de veinte años, y ello tan sólo para publicar menos de la mitad de las hojas de la misma, ha supuesto que el modelo inicial de hojas se haya ido cambiando con el tiempo, especialmente en lo que se refiere a la memoria y siempre con el ánimo de ir mejorándolo. El contenido de los mapas, tampoco se ha mantenido fijo ya que siempre este contenido dependía de la información disponible en la hoja y ésta, a su vez, respondía al interés hidrogeológico de la zona y a la demanda de sus recursos hídricos.

### FUTURO DE LA CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA DEL ITGE

La cartografía en soporte papel, y especialmente la cartografía hidrogeológica, presenta el gran inconveniente de que cuando se ha hecho la tirada del mapa ya se ha quedado anticuada.

Esto es así porque salvo unos pocos de los elementos cartográficos o datos a consignar en el mapa, que son invariables al ser características intrínsecas a la formación o soporte del acuífero (permeabilidad, transmisividad, límites..), la mayoría son temporales y variables con el tiempo.

En los últimos veinte años se han desarrollado los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, originados en los Estados Unidos, Canadá e Inglaterra fundamentalmente, y que hoy en España son una herramienta más de trabajo. Estos sistemas permiten tener la información geográfica, digitalizada y georreferenciada, relacionada con bases de datos externas que pueden contener toda la información referente a cada uno de los aspectos que interesen, independientemente de la fuente originaria de estos datos.

Una de las ventajas fundamentales del soporte informático de la cartografía es, además de facilitar el manejo, tratamiento y explotación de la información, la relativa sencillez con que se puede mantener actualizada esta cartografía: basta con mantener actualizada la base de datos.

Otra de las capacidades más importantes que caracterizan a esta tecnología es la integración de datos, ya sean de diferentes fuentes o formatos y que sumada a la capacidad de manipulación y

análisis se transforman en importantes herramientas para la toma de decisiones en el ámbito de la planificación y ordenación del territorio.

Acorde con los tiempos actuales, se hace necesario la utilización de estas técnicas informáticas dado que ofrecen, frente a los métodos tradicionales de producción de cartografía hidrogeológica, el disponer para proyectos posteriores de toda la información almacenada en el SIG, permitiendo la obtención de nueva cartografía temática específica.

Por estas razones, la Dirección de Aguas del ITGE preparó en julio de 1996 un borrador de lo que podría ser un "PLAN DE CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA A E:1:200.000 BAJO SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA".

El objetivo del Plan es la obtención como productos finales, de las hojas hidrogeológicas individuales a escala 1:200.000. Este proyecto formaría parte de otro más amplio cuyo objetivo sería la creación de una base de datos hidrogeológica (B.D.H.) continua y consistente del territorio nacional, que facilite la gestión, manipulación y análisis de la información desde cualquier punto de vista espacial o temático y que permita la obtención de diferentes productos cartográficos en formatos estandarizados o bajo demanda específica.

Por otra parte, esta cartografía hidrogeológica una vez integrada en el Sistema de Información Geográfica, estará a disposición de los diversos usuarios: especialistas, gestores y planificadores que trabajen en el tema de las aguas subterráneas, tanto de la Administración Central, Autonómica y Local, como de otros entes públicos y privados.

La ejecución del Plan requerirá disponer de la cartografía de síntesis hidrogeológica 1:200.000 elaborada y revisada para su posterior incorporación al SIG, por lo que la programación de los trabajos por orden de prioridades será la siguiente:

- 1) Realización de las hojas publicadas, en vías de publicación y en preparación de originales en formato digital.
- 2) Hojas de las que en la actualidad no se dispone

de la cartografía de síntesis hidrogeológica, cuya incorporación se llevaría a cabo según ésta se fuera elaborando. De este grupo se comenzaría con las seleccionadas como de interés hidrogeológico preferente.

El Plan se llevaría a cabo en dos etapas, que podrían ser simultáneas:

- . En la primera etapa se haría la integración en el SIG de las hojas hidrogeológicas publicadas. Esta integración podría ir acompañada de una actualización de los datos temporales de los acuíferos comprendidos en la hoja.
- . La segunda etapa consistiría en la elaboración de nuevas hojas de cartografía hidrogeológica bajo SIG a E:1:200.000.

El desarrollo de cada una de estas dos etapas requiere la realización de una serie de operaciones y trabajos que se organizan en varias fases. En la segunda etapa, las primeras fases llevarían a la cartografía de síntesis definitiva, es decir a la maqueta, y a la redacción de la memoria. Las fases siguientes, comunes a las dos etapas, serían: la *digitalización* y *codificación* de las diversas capas de información contenidas en la hoja; la *creación de bases de datos* e incorporación de datos alfanuméricos asociados a las capas de información; y la *composición* de la hoja mediante una programación específica.

Con el fin de desarrollar una metodología específica para poder alcanzar los objetivos previstos, a lo largo de 1996 la Dirección de Aguas llevó a cabo la incorporación al SIG de la hoja hidrogeológica de Madrid (nº 45), a modo de "hoja piloto".

Para tratar de subsanar el problema, ya citado anteriormente, de la disparidad de modelos de mapa de la serie, se tiene previsto definir previamente un modelo único de hoja en el que puedan integrar tanto las hojas ya publicadas como las de nueva generación.

Como complemento de este Plan, y en parte para cubrir las primeras fases de la segunda etapa, existe un proyecto actualmente abierto y en marcha, aunque todavía de forma tímida, denominado "PLAN DE CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA 1998-2001". El objetivo de



este proyecto es la preparación y confección de 15 maquetas y sus correspondientes memorias del Mapa Hidrogeológico Nacional, a escala 1:200.000 y de la isla de El Hierro a escala 1:100.000, para su posterior integración en un SIG y puesta a disposición de los usuarios.

De este proyecto se puede decir que hay en estos momentos 3 hojas terminadas, o a punto de terminarse, y se han iniciado los trabajos para la realización de otras 5.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUSTODIO, E. y LLAMAS, R.: Hidrología Subterráneas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona 1976.

ITGE (IGME):

- Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación de los mapas de lluvia útil, de reconocimiento hidrogeológico y de síntesis de los sistemas acuíferos. Memorias del Instituto Geológico y Minero de España. Tomo 81. 1972.
- Mapa Hidrogeológico de España a Escala 1:1.000.000. Madrid 1990.
- Mapa Hidrogeológico de España a E: 1:200.000. Hojas nº: 3,

4, 19, 25, 29, 30, 32, 35, 37, 38, 40, 44, 45, 47, 48, 54, 57-66, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80-81, 82, 83, 84-85, 86 y 87. Madrid 1982-1995.

- Mapa Hidrogeológico de España a Escala 1:50.000. Hojas nº: 472, 473, 558, 668, 671, 698, 724, 760, 845, 869 y 1068. Madrid 1982-1997.
- Mapa de Orientación al vertido de residuos sólidos urbanos. Escala 1:50.000. Hojas nº: 12, 13, 15, 27, 28, 30, 31, 51, 52, 53, 54, 55, 77, 472, 545, 546, 558, 571, 594, 616, 617, 640, 641, 668, 669, 671, 695, 696, 698, 699, 720, 722, 724, 737, 746, 747, 760, 769, 770, 771, 820, 821, 822, 823, 847, 848, 939, 984, 985, 1002, 1026 y 1075. Madrid 1978-1989.
- Mapa de orientación al vertido de residuos sólidos urbanos de la provincia de Madrid, 1982.
- Plan de Cartografía hidrogeológica a E: 1:200.000 bajo sistema de Información Geográfica. Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia. Inédito. 1996.
- Plan de Cartografía Hidrogeológica 1998-2001. Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia. 1998. Inédito.

MOPTMA-CEE (1993-1994): Inventario de Recursos de Agua Subterránea en España; 1ª Fase: Coberturas temáticas; 2ª Fase: Vulnerabilidad de Acuíferos. Cuenca del Guadalquivir. Inédito.

STRUCKMEIER, W.F. y MARGAT, J. (1995): Hidrogeological Maps. A Guide and a Standard Legend. IAH, volume 17.