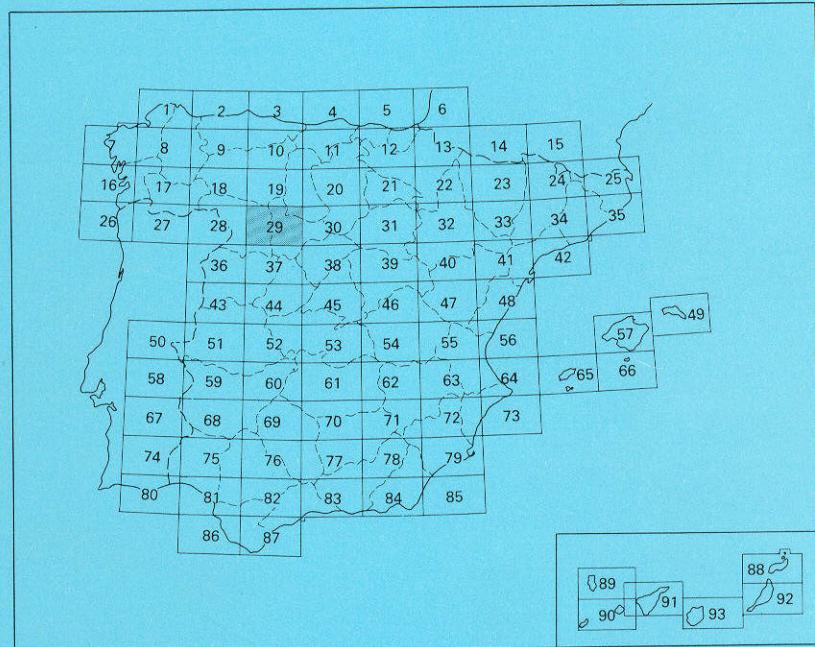


# MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

Primera edición



VALLADOLID

33732



## MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

# VALLADOLID

Primera edición

MADRID, 1989

33732

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un "Geological Survey of Spain", es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria y Energía, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R.D. 1270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

Con posterioridad a la realización de esta edición, el Instituto Geológico y Minero de España ha pasado a denominarse Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

En consecuencia, donde dice Instituto Geológico y Minero de España en esta edición, debe entenderse que se trata del Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

Fotocomposición: GEOTEM, S.A.  
Imprime: P. Montalvo, S.A.  
Depósito legal: M-12117-1989  
NIPO: 232-89-009-3

## ÍNDICE

1. PRESENTACION .....	5
2. MARCO GEOLOGICO .....	7
2.1. ESTRATIGRAFIA .....	7
2.2. TECTONICA .....	11
3. HIDROGEOLOGIA .....	13
3.1. ENCUADRE GENERAL DE LA HOJA .....	13
3.2. TERCIARIO DETRITICO .....	16
3.3. PARAMOS CALCAREOS .....	19
3.4. ARENALES .....	20
3.5. ALUVIALES .....	21
4. CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES .....	23
5. BIBLIOGRAFIA .....	29

SCX33

que se realizó a finales de los años 70, que incluyó 13 hojas de 1:250.000 y 1:500.000, que cubrían el centro de Andalucía, zona sur de la Península Ibérica, así como parte de la costa y estuaries que se encuentran en el sur de la Península Ibérica, en el sur de Andalucía, en el sur de la provincia de Cádiz y en el sur de la provincia de Málaga.

En la actualidad se continúa con la elaboración de mapas hidrogeológicos a escala 1:250.000 y 1:500.000, que cubren la zona sur de Andalucía, así como la cuadrícula hidrogeológica 032301, que comprende el sur de la provincia de Huelva y el sur de la provincia de Cádiz, que incluye el sur de Andalucía y el sur de la Península Ibérica.

## 1. PRESENTACION

Una de las misiones del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) es la realización y publicación de la cartografía hidrogeológica nacional, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 450/1979 de 20 de febrero.

Desde 1970 el IGME viene realizando 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 los estudios se vienen publicando por el IGME como informes de síntesis a los que acompaña una cartografía específica de las áreas cubiertas por el estudio correspondiente. La documentación completa que ha permitido la preparación de dichos documentos de síntesis, se reúne y publica en reducido número de ejemplares destinados a los Organismos oficiales.

En base a los datos disponibles, se ha considerado el gran interés que presenta la publicación de mapas de síntesis hidrogeológica a escala 1:200.000 en forma de hojas de la cuadrícula topográfica oficial, en aquellas regiones en las que la información es más completa y abundante.

El objetivo del Mapa Hidrogeológico a escala 1:200.000 es, por una parte mostrar en síntesis las características hidrogeológicas y de explotación de los acuíferos, y por otra ofrecer la información que permita la realización de estudios de mayor detalle.

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 y versión revisada (IAH, IAHS, UNESCO-1983) sobre mapas hidrogeológicos. Los mapas son por lo tanto cotejables a escala internacional con los producidos en el resto del mundo, y especialmente en los países de la Comunidad Económica Europea.

Los criterios de representación se han orientado en forma que el mapa pueda entenderse con una sucinta memoria explicativa. Con objeto de facilitar la labor de todo aquél que se interese en una información más detallada sobre la región cubierta por la Hoja, se incluye una lista de referencias bibliográficas, que comprende no sólo los libros o informes publicados, sino todos aquellos documentos editados en reducido número de ejemplares y disponibles para su consulta en el Centro de Documentación del IGME.

## 2. MARCO GEOLOGICO

La Hoja n.º 29 se sitúa en la mitad occidental de la Cuenca del Duero que constituye una gran cubeta con sedimentación de carácter continental, en la que predominan materiales detríticos del Terciario y Cuaternario, existiendo hacia el centro de la misma, sedimentos de carácter laquunar.

En el borde O. de la Hoja que nos ocupa, llegan a aflorar los materiales graníticos y metamórficos que constituyen en esta zona el sustrato Hercínico de la Cuenca del Duero. El resto de la zona está formado por los rellenos del Terciario y Cuaternario.

## 2.1. ESTRATIGRAFIA

### 2.1.1. Rocas Igneas y Paleozóicas

Las únicas rocas ígneas presentes en la Hoja se sitúan en el ángulo SO; son granitos adamellíticos de grano medio a grueso, porfíroides, con xenolitos. Están intruyendo una serie de gneises de dos micas que a medida que nos alejamos de los contactos pasan a micacitas. Tanto los gneises como las micacitas son de metamorfismo regional y presentan una marcada esquistosidad.

En el extremo occidental de la Hoja y al norte del Duero hay una serie formada por cuarcitas y pizarras, del Ordovícico y Silúrico, fuertemente plegadas, con direcciones estructurales NO-SE. Su potencia

es variable y difícil de calcular debido a sus condiciones de afloramiento.

Las zonas ígneas y metamórficas anteriormente descritas constituyen el borde de la cubeta de sedimentación terciaria del Duero.

## 2.1.2. Terciario

Dentro del Terciario se diferencian, a grandes rasgos, tres unidades geológicas que, en principio, se pueden asociar a otras tantas secuencias erosivo-sedimentarias:

- Facies Marginales del Eoceno-Oligoceno.
- Facies Centrales del Mioceno.
- Rañas y arenales Pliocuaternarios.

### Facies Marginales

Afloran en la mitad suroccidental de la Hoja y se agrupan en dos facies: Facies Montamarta y Facies Marginales (s.s.).

La Facies Montamarta se apoya en discordancia neta sobre el Sustrato Hercínico de la Cuenca. Está constituida por conglomerados de cuarzo y cuarcita de gran tamaño, con matriz arenosa, en bancos de hasta 1 m de potencia; presentan intercalaciones de areniscas silíceas con cantos de cuarzo, con estratificaciones cruzadas frecuentes. Las areniscas aumentan hacia el techo de la serie donde son predominantes.

Tanto el cemento de los conglomerados como el de las areniscas es silíceo y algo ferruginoso. El grado de cementación aumenta hacia el S. Estos depósitos parecen ser abanicos aluviales procedentes del Macizo Hercínico.

La potencia de esta facies es difícil de evaluar dados los frecuentes cambios de espesor y la falta de buenos afloramientos; se estima que está en torno a los 100 m. Su edad es difícil.

La Facies Marginal (s.s.) se sitúa sobre la Facies Montamarta. Consiste en una serie de conglomerados de cemento calcáreo, areniscas y limos arenosos, con estratificaciones cruzadas, laminaciones y, a veces, cantos blandos. Su color es pardo rojizo o amarillento. Hay frecuentes cambios laterales de conglomerados a areniscas y a limos.

La potencia de este conjunto, que está buzando hacia el centro de la cuenca, se estima superior a 300 m.

La edad atribuida a las Facies Marginales (s.s.) es Eocena-Oligocena de acuerdo con criterios estratigráficos y paleontológicos.

### Facies Centrales:

En discordancia neta; sobre las Facies Marginales afloran un conjunto de materiales de edad miocena: son las denominadas Facies Centrales que, a su vez, se pueden agrupar en dos facies:

- Facies Tierra de Campos (s.l.).
- Facies Margo-calcáreas.

### Facies Tierra de Campos (s.l.)

Se extiende fundamentalmente por la mitad N. de la Hoja. Se deposita en discordancia angular sobre las Facies Marginales, salvo en algunas zonas de la mitad norte del límite occidental, en que se sitúa sobre el sustrato paleozoico.

Se trata de un conjunto de carácter detritico constituido por arcillas, limos y arenas, que presenta abundantes cambios laterales de facies. Se aprecia una disminución del tamaño de grano de O. a E. a la vez que se produce un aumento de arcillas y limos y una disminución de los lentejones de arenas. Esto permite diferenciar una serie de facies: Facies Villafáfila-Valencia de Don Juan, Facies Villalpando-Sahagún y Facies Tierra de Campos (s.s.). Estas diferenciaciones carecen de interés práctico ya que debido al tránsito gradual entre unas y otras su diferenciación cartográfica no es posible. A efectos hidrogeológicos sólamente es importante tener en cuenta la mayor presencia de detriticos gruesos hacia el O.

La potencia aumenta hacia la zona E. de la Hoja. Aunque su base no llega a verse nunca, en función de datos de sondeo se le supone un espesor superior a 1.000 m.

De acuerdo con criterios litoestratigráficos a estas facies se les asigna una edad Vindoboniense aunque, al ser azoicas, no es posible una datación exacta.

#### **Facies Margo-Calcáreas**

Afloran en la mitad oriental de la Hoja donde alcanzan gran extensión.

Están concordantes con las Facies Tierra de Campos (s.l.) en las zonas centrales de la Cuenca del Duero. De acuerdo con la litología se pueden diferenciar dos facies dentro de ellas.

La Facies Cuestas: cuyo nombre se debe a que aflora en las ramblas de subida a los páramos. Consiste en una alternancia de margas, calizas margosas, margas yesíferas y yesos. Su potencia, en su borde más occidental es de unos 50 m, aumenta hacia el N.N.E. llegando a alcanzar espesores superiores a los 250 m.

La Facies Páramo: está situada sobre la Facies Cuesta formando las superficies de los páramos, a cota 900-1.000 m. Son calizas más críticas, en bancos de hasta 2 m, a veces con intercalaciones margosas. Suelen estar karstificadas. Su potencia en la Hoja oscila entre los 2 y 20 m aunque no es frecuente que supere los 15 m. Están datadas como Pontiense.

#### **Pliocuaternario**

Se incluyen como pliocuaternarias dos formaciones detriticas: los arenales y las rañas.

Los arenales afloran al sureste de la Hoja recubriendo amplias superficies. Su espesor medio es 5 m pero puede llegar a tener 20 m. Son arenas muy homométricas por lo que podrían tener un origen eólico.

Las rañas están constituidas por cantos de cuarcita redondeados con matriz de arenas y arcillas color rojizo. Su potencia varía entre 1 y 30 m.

#### **2.1.3. Cuaternario**

Está constituido por las terrazas y aluviones de los ríos. Están discordantes sobre los materiales anteriormente descritos, y ampliamente distribuidas por toda la Hoja. Los máximos desarrollados se alcanzan en los ríos Duero y Pisuerga.

Las terrazas tienen una potencia entre 4 y 7 m aunque excepcionalmente pueden alcanzar los 15 m. La potencia de los aluviales no suele rebasar los 10 m.

#### **2.2. TECTONICA**

La Hoja n.º 29 está integrada dentro de la Cuenca del Duero que, desde el punto de vista tectónico, forma parte de un conjunto más amplio y, está originada por un sistema de fracturas complejas de comprensión, distensión y, desgarre que han afectado a la península Ibérica.

En general, se admite que la Cuenca se formó al final del Cretácico. En el cuadrante suroccidental de la Hoja los materiales del Eocene-Oligoceno están buzando hacia el centro de la cuenca, bastante fuertemente.

Por lo demás, los materiales terciarios y cuaternarios que afloran no presentan deformaciones tectónicas de importancia.

### 3 HIDROGEOLOGIA

### 3.1 ENCUADRE GENERAL DE LA HOJA

La Hoja de Valladolid (E-1/200.000) se encuentra en la parte centro-occidental de la Cuenca Terciaria del Duero, que constituye la mayor unidad hidrogeológica de la Península. Esta cuenca se formó al rellenarse durante el Terciario la cubeta, que se originó a finales del Cretácico, con sedimentos depositados en un medio continental.

Entre los materiales de relleno predominan los de tipo detrítico (arenas, limos, arcillas, areniscas y conglomerados) excepto en una gran zona centro-oriental en la que existe además sedimentos de carácter evaporítico (margas yesíferas coronadas por calizas de páramo). El espesor de los sedimentos crece rápidamente desde los bordes hacia el centro, y de Oeste a Este de la Cuenca, alcanzando valores superiores a los 2.500 m en la parte oriental.

Como suele suceder en las cuencas continentales en las que la sedimentación fluvial ha jugado un importante papel, las arenas están dispuestas en capas lenticulares de escasa continuidad lateral, excepto quizás en la dirección de la corriente que las depositó. Su distribución espacial dentro de la Cuenca es aparentemente aleatoria y se pueden encontrar casi en cualquier lugar y a cualquier profundidad. Lo que diferencia unas zonas de otras es la frecuencia de los lentejones arenosos, la permeabilidad de los mismos, y, lo que quizás es más importante, la permeabilidad de la matriz que engloba los lentejones.

El Terciario se encuentra parcialmente recubierto por formaciones posteriores plioquaternarias y cuaternarias (rañas, terrazas, arenales, aluviales) que en algún caso tienen gran influencia en el funcionamiento hidrogeológico de la Cuenca.

En el conjunto sedimentario descrito se han distinguido dos tipos de acuíferos: acuíferos superficiales libres y acuíferos profundos confinados o semiconfinados. Excepto en los casos de las calizas de los páramos y algún otro particular, ambos tipos de acuíferos suelen estar estrechamente relacionados entre sí, por lo que su diferenciación es en algunos casos arbitraria.

En la unidad global de materiales detríticos de la cuenca del Duero, se han diferenciado por el I.G.M.E. los siguientes sistemas acuíferos (ver gráfico):

Sistema n.º 8: Terciario detrítico del Duero.

Sistema n.º 12: Terciario del área de Salamanca y Ciudad Rodrigo.

Sistema n.º 11: Terciario y Cretácico de la fosa de Segovia.

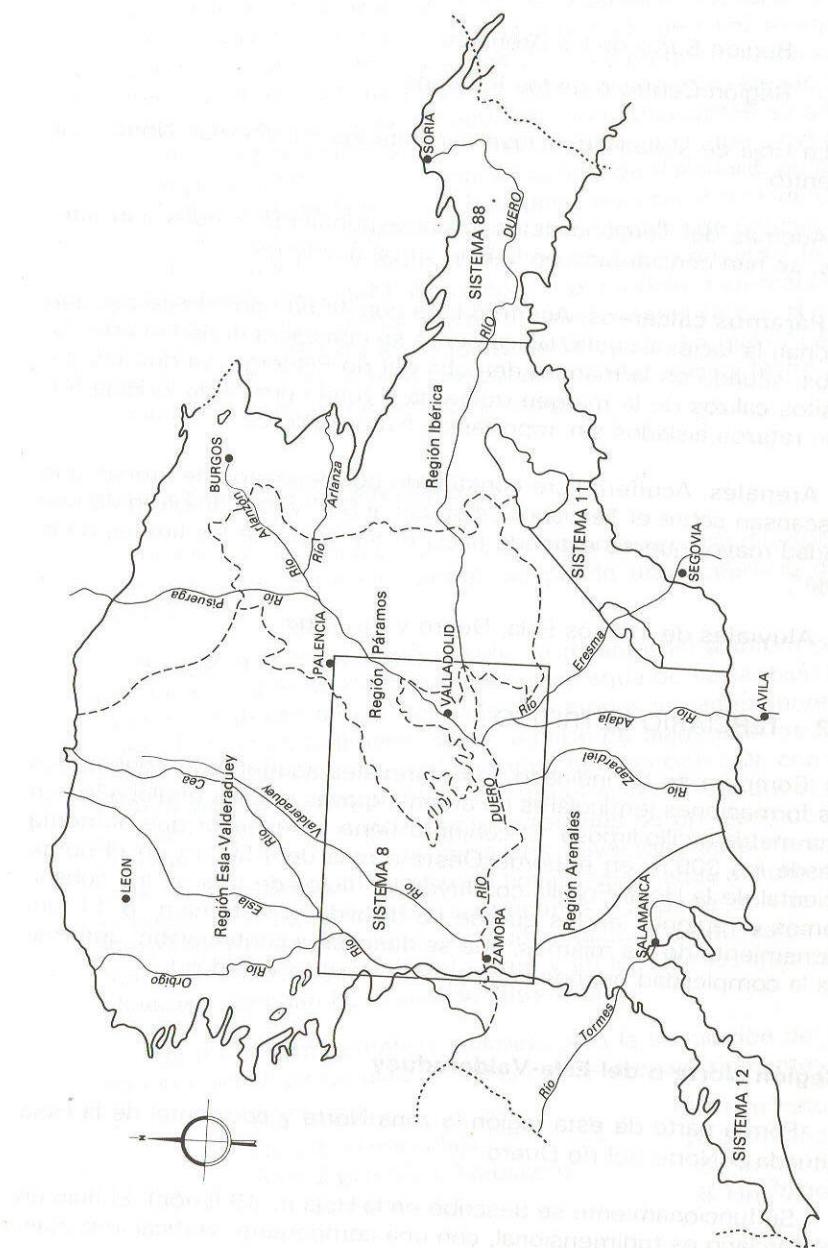
Sistema n.º 88: Terciario Suroriental de Soria o cubeta de Almazán.

El sistema n.º 8, es el de mayor importancia por su extensión superficial y potencia. El conjunto de capas lenticulares permeables (arenas, gravas, etc.) englobadas en una matriz más o menos semipermeable, se comporta a nivel regional como un gran acuífero heterogéneo y anisótropo, confinado a semiconfinado según las zonas.

La recarga fundamental del sistema se realiza a partir de la infiltración del agua de lluvia. En líneas generales el flujo subterráneo se dirige desde los bordes hacia el centro-occidental de la cuenca, si bien coexisten además una serie de flujos intermedios y locales importantes. Los principales ríos de la región actúan como vías preferentes de drenaje.

Atendiendo a ciertas diferencias en el esquema de flujo predominante, se han diferenciado dentro del sistema n.º 8 los siguientes sub-sistemas o regiones hidrogeológicas (ver gráfico):

- Región Norte o del Esla-Valderaduey.
- Región Oriental o de la Ibérica.



- Región Sur o de los Arenales.
- Región Centro o de los Páramos.

La Hoja de Valladolid incluye parte de los subsistemas Norte, Sur y Centro.

Además del Terciario detrítico correspondiente a esos subsistemas, se han considerado en la Hoja otros acuíferos.

**Páramos calcáreos.** Acuífero libre constituido por las calizas que coronan la facies Cuesta. Únicamente se considera el páramo de Tordozos, situado en la margen derecha del río Pisuerga, ya que los depósitos calizos de la margen izquierda y zona oriental de la Hoja forman retazos aislados sin importancia hidrogeológica.

**Arenales.** Acuífero libre constituido por depósitos de arenas que descansan sobre el Terciario. Se sitúan al S.E. y forman parte de una unidad mayor que se extiende hacia el Sur fuera de los límites de la Hoja.

Aluviales de los ríos Esla, Duero y Pisuerga.

### 3.2. TERCIARIO DETRITICO

Como ya se ha indicado, los materiales acuíferos lo constituyen las formaciones lenticulares de arenas, gravas y bolos englobados en una matriz arcillo-limosa. El conjunto tiene un espesor que aumenta desde los 300 m en el borde Oeste a más de 1.500 m en el borde oriental de la Hoja. En ella confluyen los flujos de tres de los subsistemas o regiones en los que se ha dividido el sistema n.º 8. El funcionamiento de los mismos, que se describe a continuación, determina la complejidad hidrogeológica de la Hoja de Valladolid.

#### Región Norte o del Esla-Valderaduey

Forma parte de esta región la zona Norte y occidental de la Hoja situada al Norte del río Duero.

Su funcionamiento se describe en la Hoja n.º 19 (León). El flujo en el Terciario es tridimensional, con una componente vertical importan-

te. La carga hidráulica varía con la profundidad en la vertical de un punto. Las familias de isopiezas trazadas con datos de nivel en sondeos con distintas profundidades (más de 200 m y menos de 100) indican que en el área de la Hoja existe un flujo ascendente, siendo por lo tanto un área de descarga del acuífero, con abundantes surgencias. A grandes rasgos, existe un flujo regional profundo, con una componente importante N.S., que drena, en la hoja de Valladolid, en los ríos Esla y Duero y en las lagunas de Villafáfila, situadas al N.O. de la Hoja. Existen a la vez flujos intermedios e incluso locales de relativa importancia. Por el borde occidental tiene lugar un flujo procedente de las cuarcitas fracturadas del Paleozoico. En el modelo matemático realizado para simular el subsistema se obtuvieron unas salidas al río Duero de 700 l/s y 225 l/s a las lagunas de Villafáfila. La mayor parte del agua del acuífero es drenada en zonas situadas más al Norte por los principales ríos (Esla, Orbigo, Cea, etcétera).

#### Región Sur o de los Arenales

Se sitúa al Sur del río Duero, y se extiende, en esa dirección, hasta el borde del Sistema Central, ocupando una superficie de unos 7.600 km<sup>2</sup>.

Al igual que en la región Norte, la recarga del acuífero proviene casi exclusivamente de la infiltración del agua de lluvia, bien directamente o a través de los depósitos de arenas situados sobre el Terciario. El flujo es tridimensional y, a parte de flujos intermedios o locales, existe un flujo regional profundo de dirección S.N. con componentes verticales importantes. Cerca del sistema Central el agua sigue una trayectoria descendente y después de un recorrido horizontal más o menos largo, se inicia una trayectoria ascendente en las proximidades del Duero, saliendo finalmente el agua a dicho río directamente o a través de los cuaternarios. La parte sur de la Hoja, perteneciente a esta región, es pues una zona de descarga del acuífero, por lo que a lo largo del Duero y en los últimos tramos de sus afluentes abundan las zonas de surgencia.

Del modelo matemático realizado para la simulación del acuífero en esta región se obtuvieron las cifras de drenaje siguientes:

Río Duero .....	190 Hm <sup>3</sup> /año
Ríos Eresma-Adaja .....	28 Hm <sup>3</sup> /año
Ríos Zapardiel y Trabancos .....	5 Hm <sup>3</sup> /año
Río Guareña .....	8 Hm <sup>3</sup> /año

El drenaje de los afluentes del Duero, se produce en los tramos próximos a su desembocadura.

### Región Centro o de los Páramos

Se localiza en la parte oriental de la Hoja de Valladolid, y se extiende hacia el N.E., fuera de los límites de la Hoja, con una superficie de unos 6.600 km<sup>2</sup>. Coincide con la zona en la que se produjo una sedimentación evaporítica, que ha sido respetada por la erosión. Bajo las margas yesíferas se encuentran materiales análogos a los del Terciario detrítico de las regiones circundantes con las que están conectados a profundidades comprendidas entre los 50 y 400 m. En la Hoja los espesores de las margas oscilan de 50 a 250 m.

El acuífero Terciario está confinado por las margas impermeables que le sirven de techo y, en consecuencia, está aislado de los ríos y acuíferos libres, no recibiendo ni cediendo aporte alguno en sentido vertical (infiltración de lluvia, goteo de acuíferos superiores, drenaje por ríos, etc.). Todas las entradas y salidas se producen lateralmente por los límites del subsistema con los colindantes, excepto, claro está, las salidas por bombeos.

De acuerdo con los resultados del ajuste de un modelo matemático realizado para el subsistema, el caudal total circulante por el Terciario detrítico subyacente a las margas es muy pequeño, del orden de unos 6 Hm<sup>3</sup>/año. La mayor parte de este caudal penetra por los límites E. y S.E. en el tramo comprendido entre los ríos Arlanza y Cega. Los bombeos en la Región se cifran en unos 4 Hm<sup>3</sup>/año, el resto descarga en la parte S.O. es decir en la Hoja de Valladolid.

El acuífero Terciario en la Hoja, perteneciente a las tres regiones citadas, tiene unas características muy variables, dependiendo, como ya se ha indicado, de la frecuencia y extensión de los lentejones permeables así como de su litología. En la zona N.E. (Medina de Rioseco) y parte oriental de la Hoja predominan más los materiales finos, mientras que en el área de Villalar de los Comuneros y Toro existen paquetes importantes de gravas y bolos. Así, las transmisividades en el borde oriental, Región Centro, son del orden de 10 a 20 m<sup>2</sup>/día, mientras que en el triángulo S. Pedro Latarce-Toro-Tordesillas se encuentran algunos de los valores más altos en el Terciario, por lo general de 300 a 400 m<sup>2</sup>/día, llegando en Villalar de los Comuneros a cifras superiores a los 800 m<sup>2</sup>/día.

Los caudales específicos mayores se encuentran en el área de Villalar con valores de 3 a 5 l/s/m, siendo inferiores a 0,5 l/s/m en la zona de Medina de Rioseco, y en la Rueda.

Las zonas de surgencia señaladas en el mapa, lo han sido teniendo en cuenta únicamente los datos existentes, sin embargo, considerando que la Hoja es una zona de descarga, dichas áreas se podrían ampliar en una franja a lo largo del río Duero y, en zonas próximas a ella, a lo largo de los principales afluentes, dependiendo en cualquier caso de la profundidad de los sondeos y cotas del terreno.

Exceptuando los principales núcleos de población (Valladolid, Zamora) que se abastecen con aguas superficiales, el resto de los municipios utilizan para esos fines aguas subterráneas procedentes en su mayoría del Terciario detrítico; únicamente algún núcleo lo hace con manantiales del páramo o con pozos en los aluviales de los ríos.

La mayor utilización del agua tiene lugar en la agricultura. En la Hoja de Valladolid, según encuesta a nivel de término municipal realizada en 1983, se riegan con sondeos profundos unas 27.400 Has de las que la mitad se encuentra al Sur del río Duero; el resto se distribuye fundamentalmente por las zonas de Villapando-S. Pedro Latarce-Manganeses-Toro y Tordesillas.

A lo largo de la última década se han observado descensos importantes, superiores a los 10 m, en alguna zona aislada de la Hoja, principalmente al Norte de Toro, debido al aumento progresivo de las extracciones. Sin embargo se estima que una vez estabilizadas aquéllas, se alcanzará una situación de equilibrio dado que la Hoja constituye una zona de descarga del agua subterránea. Por el contrario, en la parte oriental, Región Centro, sí se han detectado síntomas de sobreexplotación del acuífero, dado el pequeño caudal circulante en el subsistema. Estos descensos continuados se localizan en el valle del Esgueva, donde se realiza la mayor parte de las extracciones de la Región de los Páramos.

### 3.3 PARAMOS CALCAREOS

Las calizas que coronan los materiales margosos de las facies Cuestas, constituyen, por porosidad secundaria debida a la karstificación, un acuífero libre aislado del resto de las formaciones acuíferas.

En la Hoja el único con interés hidrogeológico es el Páramo de Torozos, que se extiende de S.O. a N.E. por las provincias de Valladolid y Palencia, en la margen derecha del Pisuerga. Las calizas constituyen una formación tabular, ligeramente inclinada al S.O., de unos 1.000 Km<sup>2</sup> de superficie y unos espesores que varían de 2 a 3 m en los bordes hasta un máximo de 20-30 m, aunque no es frecuente pasar de los 15 m de espesor, en el centro.

El área realmente productiva del Páramo, son unos 320 Km<sup>2</sup> situados en la parte central y hacia el S.O., donde el acuífero se explota por pozos con profundidades medias en 20 m y caudales medios entre 8 y 11 l/s. El acuífero presenta unas características muy variables de acuerdo con su grado de karstificación, aunque se pueden estimar transmisividades del orden de 100 a 200 m<sup>2</sup>/día, y un coeficiente de almacenamiento del 1 %.

El acuífero se recarga por la infiltración del agua de lluvia y es drenado por los bombeos existentes y por una serie de manantiales localizados en todo su perímetro, siendo los más importantes los situados en la parte S.O. que dan origen a los ríos Bajoz y Hornija. Dada la morfología y pequeño espesor del acuífero, el funcionamiento del mismo, así como sus recursos anuales y reservas, están completamente influenciados por la pluviometría anual e incluso estacional. Los excedentes de años medios y húmedos no se almacenan en el acuífero, al ser drenados por los manantiales perimetrales. En un año medio se pueden regar unas 1.000 Has mediante bombeos con pozos, y una cifra similar con los manantiales de borde en los valles circundantes, aunque estas cifras sufren variaciones anuales importantes en función de la pluviometría de otoño-invierno.

#### 3.4. ARENALES

En la parte suroriental de la Hoja aparecen unos depósitos de arenas que recubren parcialmente las formaciones arcillo-arenosas del Terciario. Forman parte de una unidad mayor que se extiende al Sur de la Hoja. Constituyen un acuífero libre íntimamente relacionado con el acuífero Terciario subyacente. Su espesor es pequeño, varía entre los 2 y los 20 m, siendo 8 m el valor medio.

En la época de los cuarenta se excavaron multitud de pozos de pequeña profundidad, que explotaban el acuífero con caudales de 2 a 20 l/s. La excesiva concentración de pozos en determinadas áreas

condujo a la sobreexplotación del acuífero superficial y a partir de los años sesenta se fueron abandonando dichos pozos, sustituyéndolos por sondeos profundos que explotan el acuífero Terciario.

En la actualidad aunque su explotación es escasa el acuífero desempeña un papel importante en el funcionamiento hidrogeológico general de la Región Sur. El agua de lluvia infiltrada en el terreno es retenida temporalmente por el acuífero libre, del cual parte es drenada por los ríos y el resto la cede lentamente por goteo a los acuíferos profundos del Terciario.

#### 3.5. ALUVIALES DE LOS RÍOS

Los principales se desarrollan a lo largo de los ríos Esla, Duero, Pisuerga, Valderaduey. En general son de corto espesor (2 a 8 m) y aunque debido a su extensión constituyen un acuífero relativamente importante con permeabilidades altas, a menudo superiores a los 100 m<sup>2</sup>/día, en la actualidad su interés hidrogeológico es escaso. La mayor parte de ellos están dominados por los canales de riego con aguas superficiales, por lo que muchos de los pozos que los explotan se han abandonado y únicamente se utilizan como complemento de las aguas superficiales en año de acusada sequía. Por lo general están en relación muy estrecha con los ríos que por ellos discurren, y además, a través de ellos descargan los acuíferos terciarios subyacentes, excepto en la Región Centro, por lo que no tiene mucho sentido hablar de sus recursos propios. Aunque la utilización actual queda relegada para satisfacer pequeñas demandas puntuales generadas por granjas, huertos familiares, pequeñas industrias, etc., no hay que olvidar la posibilidad de captar caudales puntuales relativamente grandes, dadas sus características hidrogeológicas, lo que puede tener gran interés en algunos casos.

#### 4. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Al ser la Hoja de Valladolid un área de descarga de flujos procedentes de distintos subsistemas, que coexisten a su vez con flujos intermedios e incluso locales, la calidad de sus aguas es muy diversa y compleja. Conviene tener en cuenta, que la calidad del agua subterránea depende en gran parte de la longitud y duración de su recorrido a través del terreno, así como de la naturaleza del mismo. Como norma general en la Hoja, se puede establecer que las aguas de flujos profundos que afloran en la zonas de descarga tienen altos contenidos en sales, siendo este efecto más acusado en las procedentes de la región Centro debido a los sedimentos evaporíticos, intercalados en el Terciario, allí existentes. Las aguas de flujos intermedios o locales suelen ser de aceptable a buena calidad.

Es un hecho el que en la Hoja coexisten aguas de buena y mala calidad y que el encontrar una u otra dependa en cada punto de la profundidad que se considere. A partir de los conocimientos existentes, se puede establecer como norma general, que por otra parte apoya la concepción de flujo establecida, que a mayor profundidad existe mayor peligro de encontrar agua salinizada.

El hecho de encontrar en un sondeo flujos locales, intermedios o profundos o bien mezclas determinará en cada caso, la calidad del agua encontrada. Así, en la zona NO de la Hoja, al N del río Esla, donde existe un flujo local procedente de las cuarcitas fisuradas de bordes, el agua es de muy buena calidad con contenidos muy bajos en sales aunque un poco ácidas. En la misma zona, al SE del Esla, en

las lagunas de Villafáfila, zona de descarga de flujo profundo de la Región Norte, con sondeos de apenas 30 m de profundidad se encuentran surgencias con aguas cuyos contenidos en sales superan los 6 gr/l. En la cuenca del río Eresma, el SE de la Hoja, a profundidades inferiores a los 150 m (según zonas) las aguas tienen una calidad aceptable, mientras que en la misma zona para profundidades mayores, no pueden utilizarse ni para el regadío.

Esta correlación existente entre flujos, calidad y depósitos de sedimentos, unida a la disparidad de profundidades de los sondeos y al hecho de que la mayor parte de ellos se encuentran ranurados en toda su longitud, hace que los datos existentes tengan un valor relativo y que los planos de los aniones, que se adjuntan a la Hoja II, presenten unas características medias de la calidad del agua de la Hoja de Valladolid, lo cual no impide que a nivel local los resultados que puedan obtenerse difieran sustancialmente de los allí representados.

En el ángulo noreste, coincidiendo sensiblemente con la cuenca baja del río Esla, en donde el flujo procede fundamentalmente del lezoíco, las aguas son cloruradas sódicas; en toda la zona oriental, identificada con los páramos, calcáreos, las aguas son sulfatadas; en el área norte, cuencas del Valderaduey y parte del Sequillo, así como en una estrecha franja en la parte sur, las aguas tienen carácter bicarbonatado cálcico-magnésico y, finalmente, en una amplia confluencia con el Pisuerga, principal área de drenaje de toda la cuenca del Duero, existen aguas complejas.

La conductividad eléctrica del agua está comprendida en una gran extensión de la Hoja, entre 500 y 2.000  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  y supera los 2.000  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  en la zona noreste (Villafáfila-Villalpando-Manganeses), en las proximidades de Tordesillas, y en toda la parte oriental, coincidiendo con los páramos calcáreos. Además se superan valores de 6.000  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ , en puntos próximos a Palencia y en algunos de la Hoja (1:50.000) de Villalpando.

Entre los principales iones presentes en las aguas, el anión cloruro se encuentra en cantidades inferiores a 250 mg/l; valores que sólo se superan en una franja que se extiende desde Benavente hasta la Hoja (1:50.000) de Portillo, pasando por Zamora, Toro y Tordesillas y en la zona de los páramos. En Villafáfila, cerca de Iscar y norte de Villalpando se sobrepasa la cantidad de 1 gr/l.

La concentración de sulfatos se mantiene inferior a 500 mg/l en casi toda la Hoja; se encuentra entre 500 y 1.000 mg/l en las áreas de Villafáfila, Manganeses, norte de Iscar y toda la región de Los Páramos y llega a superar 1 gr/l desde Valladolid hacia Palencia, en donde se localiza algún valor superior a 2 gr/l.

Los cationes principales ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ) muestran una distribución espacial, hasta cierto punto, similar a la de los aniones a los que se suelen asociar, y así las mayores concentraciones se localizan en la zona noroeste, curso del Duero, cuencas bajas del Adaja y Cega y área de los páramos calcáreos.

Estas características podrían inducir a establecer una clasificación de las aguas en cuanto a su aptitud para el regadío (principal uso del agua en la Hoja) y para abastecimientos urbanos, no obstante se ha eludido dada la posibilidad de obtener diferentes resultados incluso perforado en una misma vertical.

Para delimitar la extensión y profundidad de las aguas más cargadas en sales, se han perforado 29 sondeos de investigación, 25 de los cuales se encuentran en esta Hoja y los 4 restantes en la Hoja de Salamanca, como se muestra en los mapas auxiliares de la Hoja II, en los que también se presentan unos perfiles en los que se indican las zonas con diferentes conductividades. Estos sondeos de pequeño diámetro y profundidades que, en algún caso, llegan a 350 m, se muestran periódicamente para controlar su evolución.

Los terrenos aflorantes en esta Hoja muestran una gran variedad en cuanto a su vulnerabilidad a la contaminación. De un extremo, los acuíferos superficiales de los páramos calcáreos en los que la contaminación que se produzca puede propagarse rápidamente por fisuración y que tienen escasa capacidad de autodepuración. En el extremo opuesto, terrenos poco permeables o impermeables (margas yesíferas) pero que contaminan naturalmente las aguas superficiales y subterráneas por su elevado contenido en evaporitas (yesos principalmente). Entre ambos extremos, los acuíferos cuaternarios en los que la vulnerabilidad es muy grave debido al fácil acceso de los agentes contaminantes a través de los cursos de los ríos o por infiltración directa y que se propagan rápidamente, pero con una capacidad de autodepuración superior a la de los páramos permeables (complejos arenoso-arcillosos y arcillo-arenosos) en los que la contaminación se puede producir y propagar de un modo muy variable, con capacidad de au-

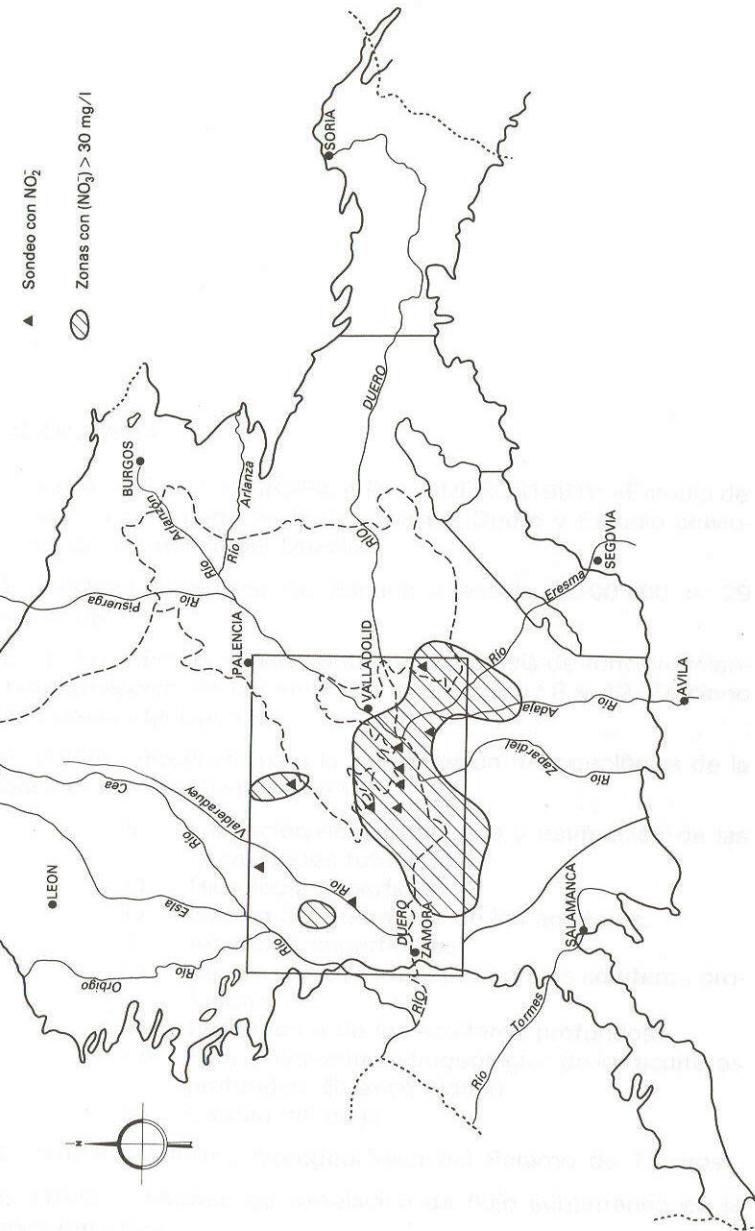
todepuración y en los que la contaminación, en caso de producirse, afectaría en la práctica a las aguas superficiales.

Los principales focos potenciales de contaminación, que tienen un ámbito por encima del estrictamente local, están representados en esta Hoja fundamentalmente por la azucareras y por los polígonos industriales de Valladolid y Zaragoza.

Dado que estos focos se asientan en las inmediaciones de los principales ríos, se han muestreado diversos puntos de agua de los aluviales en los que se ha determinado la demanda química de oxígeno (D.Q.O.). El grado de contaminación no es muy elevado, salvo en el aluvial del Duero, aguas abajo de Toro, en donde se ha llegado a detectar 404 mg/l de D.Q.O.

Otros parámetros indicadores de posible contaminación son los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), cuya presencia más probable es debida al uso de abonos, y los nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), ya que su presencia casi siempre indica una contaminación con microorganismos patógenos.

En la Hoja de Valladolid se han detectado amplias zonas, como muestra el gráfico adjunto, en las que la concentración de nitratos es superior a 30 mg/l y algunos sondeos con presencia de ión nitrito.





que se ha visto en la cuenca del Duero. En el

último se han incluido los datos de la Cuenca del Duero con los que se han obtenido los resultados de este trabajo.

Los resultados de los estudios hidrogeológicos en la cuenca del Duero han sido publicados en la revista "Estudio hidrogeológico de la Cuenca del Duero" (1981).

En la cuenca del Duero se han realizado estudios hidrogeológicos en la cuenca del Duero, que han sido publicados en la revista "Estudio hidrogeológico de la Cuenca del Duero" (1981).

## 5. BIBLIOGRAFIA

CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL DUERO (1981): «Estudio de la demanda para riego en la Cuenca del Duero y Estudio pluviométrico de la Cuenca del Duero».

I.G.M.E.: «Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 n.º 29 (Valladolid)».

I.G.M.E. (1977): «Estudio básico sobre las hipótesis de funcionamiento hidrogeológico de los sistemas acuíferos n.º 8 y 12. Terciario de la Cuenca del Duero».

I.G.M.E. (1979): «Proyecto para la investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12».

- II Utilización actual del agua y estimación de las necesidades futuras.
- III Hidrología superficial.
- IV Geología y geometría de los acuíferos.
- V Acuíferos superficiales.
- VI Características hidráulicas de los acuíferos profundos.
- VII Piezometría de los acuíferos profundos.
- VIII Funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos profundos. Balance hídrico.
- IX Calidad del agua.

I.G.M.E. (1979): «Informe hidrogeológico del Páramo de Torozos».

I.G.M.E. (1980): «Modelo de simulación de flujo subterráneo en la cuenca del Esla».

I.G.M.E. (1979, 1983): «Modelo matemático de flujo de la zona Sur del Duero».

I.G.M.E. (1980): «Proyecto de investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero con fines de ubicación de posibles captaciones para abastecimientos urbanos. Estudio de la calidad del agua del Terciario detrítico».

I.G.M.E. (1980): «Plan Hidrológico Nacional. Cuenca del Duero. Estudio de los recursos subterráneos».

I.G.M.E. (1980, 1981, 1982): «Plan Nacional de Gestión y Conservación de acuíferos. Cuenca del Duero. Control piezométrico del acuífero terciario del Duero 1980».

I.G.M.E. (1981): «Estudio hidrogeológico del valle del Esgueva».

I.G.M.E. (1981, 1982): «Calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos terciarios detríticos de la Cuenca del Duero, Colección informe».

I.G.M.E. (1981, 1982, 1983 y 1984): «Plan Nacional de Abastecimiento Urbano. Informes de posibilidades e informes finales de los sondeos de abastecimiento a municipios en la Cuenca del Duero».

I.G.M.E. (1982): «Evolución piezométrica de los acuíferos en la Cuenca del Duero. Análisis del período 1972-1981. Colección Informe».

I.G.M.E. (1983): «Proyecto para la vigilancia y Control de Acuíferos en la Cuenca del Duero».

I.G.M.E. (1984, 1985): «Proyecto de Vigilancia y Control de Acuíferos en las cuencas del Norte, País Vaca, Tajo, Alto Guadiana y Duero.»