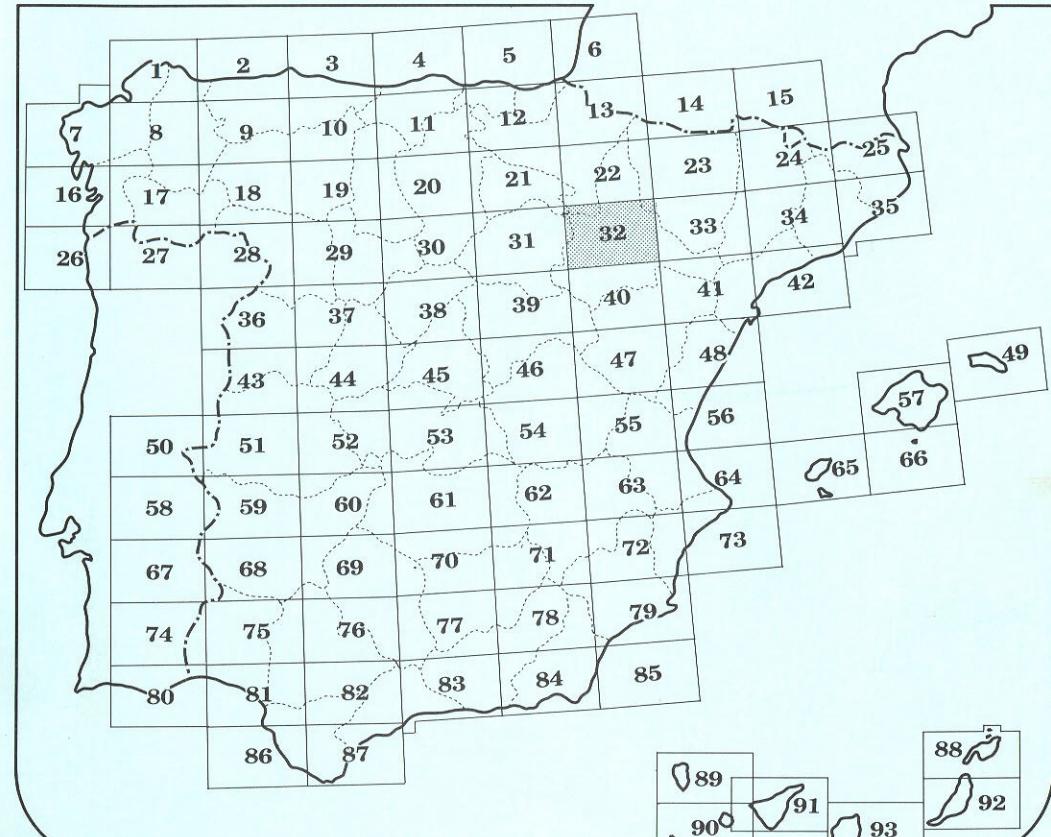




INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 - 28003-MADRID



**Mapa
Hidrogeológico
de España
E. 1/200.000**

32



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**Mapa
Hidrogeológico
de España**

E. 1/200.000

ZARAGOZA

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

INDICE

	pág
1. PRESENTACION	1
2. MARCO GEOLOGICO	3
2.1. Estratigrafía	3
2.2. Tectónica	6
3. HIDROGEOLOGIA	6
3.1. Acuífero del aluvial del Ebro y afluentes (Sistema 62)	6
3.2. Sistema acuífero 58 "Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro"	8
4. RECURSOS DE AGUAS SUBTERRANEAS Y SU UTILIZACION	17
4.1. Acuífero del aluvial del Ebro y afluentes (Sistema 62)	17
4.2. Sistema acuífero núm. 58	17
5. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	19
5.1. Acuífero aluvial del Ebro y afluentes (Sistema 62)	19
5.2. Sistema acuífero 58	19
6. BIBLIOGRAFIA	20

Servicio de Publicaciones - Ministerio de Industria y Energía - Doctor Fleming, 7 - 28036 Madrid

IMPRIME: GRAFIBER

Depósito Legal: M-25184-1985

1. PRESENTACION

Una de las misiones específicas 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 permite 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 sobre mapas hidrogeológicos. Los mapas son por lo tanto cotejables y comparables 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 de forma que el mapa pueda entenderse con una sucinta memoria expositiva. 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

Las principales unidades geológicas que se distinguen en esta Hoja son de NE a SO las siguientes:

1. La Depresión terciaria del Ebro, ocupada dominante por terrenos miocenos continentales y cuaternarios.
2. La Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica que comprende un zócalo precámbrico, Paleozoico (Cámbrico y Silúrico) y una cobertura mesozoica.
3. La Depresión de Calatayud, rellena por Mioceno continental.
4. La Rama Castellana de la Cordillera Ibérica representada por materiales cámbicos.

2.1. ESTRATIGRAFIA

MATERIALES PRECAMBRICOS Y PALEOZOICOS

Los materiales **precámbricos** aparecen en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Están constituidos por pizarras arcillosas de color pardo-rojizo y areniscas micáceas. La serie tiene una potencia comprendida entre 500 y 1.500 m.

El Paleozoico está representado por 4.140 m de cuarcitas, arcillas, margas y dolomías cámbicas. El Ordovícico (?) está constituido por cuarcitas armorianas y pizarras.

Dentro de los materiales pérmicos y triásicos se pueden diferenciar:

MATERIALES PERMICOS Y TRIASICOS

Buntsandstein

Formado por una serie detrítica de conglomerados basales, areniscas silíceas, arcillas y limolitas de color rojo. La potencia es muy variable, oscilando entre 20 y 500 m. Se piensa que tienen una edad pérmica y triásica.

Muschelkalk

Está constituido por un conjunto calizo dolomítoco con alguna intercalación margosa. La potencia puede variar entre 0 y 150 m.

Keuper

Son margas rojas y yesos. A veces se intercalan bancos de dolomías, margas duras y ofitas. El espesor, debido a su carácter plástico y a la disolución de yesos en superficie, es muy variable, pudiendo oscilar entre 0 y 225 m.

MATERIALES JURASICOS

Dentro del Jurásico, en el Lías aparecen primeramente unas dolomías brechoides de 60-150 m de potencia. Sigue unos 300 m de alternancias de calizas, margas y calizas margosas.

Por encima de los materiales anteriormente descritos se apoyan unos 230 m de calizas, calizas detríticas, areniscas y margas (Dogger), y 240 m de calizas margosas, calizas y areniscas (Malm).

MATERIALES DE TRANSITO

(JURASICO SUPERIOR-CRETACICO INFERIOR)

Encima de estas capas y en cambio lateral de facies hacia el NO, aparecen los depósitos continentales en facies "Purbeck-Weald", eminentemente detríticos y de espesor variable.

MATERIALES TERCIARIOS

Más de las tres cuartas partes de la Hoja están cubiertas por terrenos terciarios y cuaternarios pertenecientes, en su mayoría, a la Depresión terciaria del Ebro y a la Depresión de Calatayud.

a) Depresión del Ebro

Se distingue en primer lugar una formación central denominada Formación de yesos de Zaragoza, constituida por yesos masivos, limos y margas yesíferas con algunas intercalaciones de sales solubles. Dichos yesos constituyen la parte central del relleno mioceno del Ebro y pasan lateralmente a formaciones más detríticas. Hacia el SE los yesos son reemplazados por la Formación Codo, constituida por margas rojas. Hacia el S y SO pasan a la Formación Longares, que son margas rojas arenosas y conglomerados marginales en la zona de La Almunia, Cariñena y pie del Moncayo. Hacia la Muela de Borja y Veruela pasan a conglomerados, hacia Tarazona y Cascante, a margas y calizas. Hacia el NE pasa en parte a la Formación Alcubierre y Formación Cariñena, formadas por margas rojas y areniscas. El espesor del terciario de la Depresión del Ebro es variable, pero en el área central de la Hoja puede sobrepasar los 2.500 m.

b) Cubeta de Calatayud

Se trata de una alargada depresión de NO a SE rellena de materiales terciarios dentro de los macizos paleozóicos centrales de la Cordillera Ibérica. Tiene un espesor de más de 300 m en Calatayud. Litológicamente cabe distinguir una formación central de yesos (my). Lateralmente estos yesos pasan a arcillas y margas y estas a conglomerados marginales.

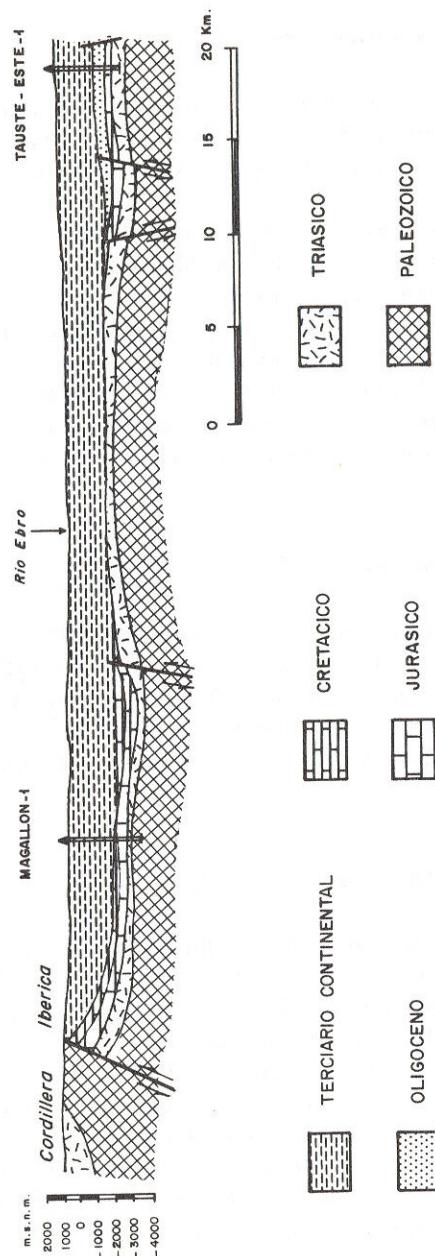
MATERIALES CUATERNARIOS

En discordancia sobre todos los demás materiales descritos, se disponen depósitos cuaternarios de tipo coluvial, aluvial, glacis... Alcanzan generalmente poca extensión y desarrollo a excepción de los aluviales del Ebro y Gállego que tienen 15 m de espesor medio.

La primera terraza corresponde a la llanura aluvial del Ebro y Gállego, meandros abandonados, barras de acreción lateral actuales e islas fluviales. Los materiales son gravas, arenas y limos.

Los sedimentos de las demás terrazas son las típicas sucesiones de arenas y gravas con intercalaciones de limos y arcillas, más o menos potentes.

Los materiales cuaternarios de Alfamén alcanzan por su parte más de 300 m de potencia.



2.2. TECTONICA

Los materiales pertenecientes a la Cordillera Ibérica han sufrido la superposición de las orogenias hercínica y alpina. Sus directrices estructurales, tanto de las de la Rama Castellana como de las de la Rama Aragonesa, son NO-SE. El Precámbrico y Paleozoico actúan como un zócalo rígido, dispuesto a modo de horst y gravens, sobre el que se apoya un tegumento triásico y una cobertura jurásica y cretácica. Los sedimentos terciarios de la Depresión de Calatayud rellenan la fosa comprendida entre ambas ramas.

El contacto de materiales de la Cordillera Ibérica con la Depresión del Ebro se efectúa mediante fallas inversas y cabalgamientos de aquellos sobre éstos, o bien mediante fallas normales, dando lugar a la gradería de bloques con descenso hacia el centro de la cuenca.

La Depresión del Ebro no tiene estructuras acusadas, se trata de un conjunto sedimentario tabular y subhorizontal. Debajo del Terciario se encuentran en el centro de la cuenca el Mesozoico y Paleozoico, tal como muestra el corte geológico general.

3. HIDROGEOLOGIA

3.1. ACUIFERO DEL ALUVIAL DEL EBRO Y AFLUENTES (SISTEMA 62)

Los materiales acuíferos son, como ya se ha dicho, sucesiones de arenas y gravas con intercalaciones de limos y arcillas. Los depósitos de las terrazas más bajas son más sueltos y permeables que los de las altas. El espesor total del acuífero varía en los distintos ríos según los tramos. La media es del orden de 15 m, si bien los extremos varían entre unos pocos metros y más de 40 m en la confluencia del Gállego con el Ebro, tal como se aprecia en el mapa auxiliar de isopacas. Las cuatro terrazas más bajas están en conexión hidráulica con el río.

La recarga se efectúa fundamentalmente por la infiltración procedente del retorno de los regadios. El drenaje se establece a través de los diferentes ríos. No es de extrañar por ello que en los cortes hidrogeológicos III-III' y V-V' el nivel freático tenga una forma un tanto peculiar, apareciendo el río como influente en el mapa hidrogeológico, drenando el agua de regadío infiltrada. La variación de los niveles está en función del regadío, tal como se aprecia en las gráficas de la Hoja 2 de los piezómetros escogidos, pudiéndose ver como los niveles se elevan en los períodos de mayor dotación. En condiciones de

falta de regadío, los niveles estarían a la misma altura que el río, como es el caso del corte hidrogeológico IV-IV'.

Los caudales específicos de los pozos realizados varían entre 10 y 40 l/s/m, correspondiendo los valores más altos a los alrededores de Zaragoza y Alagón.

El valor medio de la permeabilidad es de 10^{-2} m/día, aunque puede oscilar entre 10^{-3} m/día para terrenos gravosos y de menos de 10^{-1} m/día como es el caso de las terrazas de los cauces de agua de la margen derecha del Ebro.

Las transmisividades son muy variables, debido por una parte a la anisotropía del medio como a las grandes variaciones de espesor de los aluviones y del espesor saturado. Los valores extremos del intervalo más probable se incluyen en el cuadro adjunto:

	Ext.Sup.	Esp.Sat.	Volumen	Porosi.	Capaci.	Transmisivi.
	(km ²)	(m)*	(hm ³)			m ² /día
Sección Tudela						
Zaragoza	35	8	2.800	0,1	280	1.000- 5.000
Sección Zaragoza						
Mequinenza	170	6	1.020	0,1	102	500- 2.000
Bajo Gállego	90	30	2.700	0,1	270	5.000-10.000
Ríos de la margen derecha						
	150	5	750	0,05	37	10-50

*Valores medios

El coeficiente de almacenamiento es más problemático porque no se disponen de ensayos de bombeo con puntos de observación potenciométricos. Se estiman que los valores de la porosidad eficaz estarán comprendidos entre 0,1 y 0,05, por comparación con acuíferos parecidos mejor conocidos.

3.2 SISTEMA ACUÍFERO 58 "MESOZOICO IBERICO DE LA DEPRESION DEL EBRO"

El Sistema acuífero 58 comprende un conjunto de acuíferos situados entre el Macizo del Moncayo y la divisoria Guadalupe-Matarrañas, que constituyen el borde Septentrional de la Cordillera Ibérica en su contacto con la

Depresión Terciaria del Ebro. Debido a la gran complejidad que tiene dicho Sistema, se han definido cinco Subsistemas, de los cuales únicamente dos se sitúan dentro de la Hoja Hidrogeológica E. 1:200.000 de Zaragoza.

Subsistema acuífero Queiles-Jalón

El área geográfica de este Subsistema se sitúa en el límite Norte de la Cadena Ibérica en su contacto con la Depresión del Ebro y se corresponde con el Macizo del Moncayo y su prolongación en la Sierra de la Nava Alta.

Los límites quedan definidos al Oeste por el río Queiles, al Sur por el río Isuela y las Sierras Paleozoicas del Toranzo y Tablado, el Este por el río Jalón y al Norte por el Valle del Ebro entre Tarazona y Grisén, ocupando el conjunto una superficie de 2.500 km².

Se sitúa la zona dentro de la provincia de Zaragoza con núcleos de población importantes (Tarazona: 11.460 habitantes; Borja: 4.190 habitantes).

La actividad fundamental de la región es la agricultura, que se ve condicionada por la climatología, orografía y disponibilidad de agua. La actividad industrial se desarrolla en Tarazona, Illueca y Brea.

Los acuíferos de mayor importancia se sitúan en los materiales calcáreos Jurásicos, depósitos detríticos Terciarios y depósitos Plio-Cuaternarios.

Los materiales calcáreos Jurásicos afloran en 300 km²; siendo los tramos inferiores (brechas dolomíticas, dolomías y calizas) los que presentan mayor permeabilidad. Dicho tramo alcanza una potencia de 200 metros y es característico su elevada karstificación y continuidad de afloramientos que hacen de dicho tramo un excelente nivel acuífero.

Los materiales Terciarios ocupan una gran extensión aunque sus posibilidades acuíferas son muy limitadas, reduciéndose éstas a los depósitos detríticos que bordean los afloramientos calcáreos de Tarazona -Vera-Borja-. Dichos depósitos cambian lateralmente de facies pasando a facies arcillosas que dan lugar a numerosos manantiales. Al Sur de Tarazona, el Terciario detrítico adquiere una especial importancia debido a sus características litológicas (potencia superior a 50 metros y extensión de 30 km²).

Los materiales Cuaternarios están constituidos por depósitos de piedemonte y periglaciares y constituyen un buen nivel acuífero que aflora de forma discontinua en unos 180 km², siendo particularmente interesantes los situados en el Somontano del Moncayo y en el Valle del Huecha. El espesor de dichos depósitos puede alcanzar los 80 metros puntualmente, siendo de 30 metros en las zonas de Bulbuente y Maleján (Cuenca del Huecha) con valores de transmisividad del orden de 250 a 1.000 m²/día.

En el Subsistema Queiles-Jalón existen 232 puntos acuíferos (Diciem-

bre 1980), de los cuales 150 puntos son manantiales y 82 sondeos. Del total de manantiales, el 29 por ciento de ellos tienen un caudal de 10-100 l/s, y el 13 por ciento tienen un caudal de 100-1.000 l/s (Añón, Borja, Rueda de Jalón, Cárcena, etc.). El número total de sondeos es de 82, de los cuales 49 son de explotación y 33 son de investigación en la Cuenca del Huecha, realizados por el M.O.P.U. en 1974. La explotación de los acuíferos con pozos y sondeos se realiza en un 73 por ciento con pozos que no superan los 100 metros de profundidad, siendo las profundidades más frecuentes de 50-100 metros (31 por ciento del total). Los caudales de explotación en general son inferiores a los 10 l/s (57 por ciento del total), siendo el caudal de bombeo más frecuente el de 1 a 10 l/s (45 por ciento del total). Es de destacar el elevado número de sondeos negativos que representa el 20 por ciento del total, así como un máximo relativo de caudales de bombeo superiores a 30 l/s, que corresponden a sondeos que explotan acuíferos calizos y que representan el 14 por ciento del total.

Las unidades acuíferas que constituyen el Subsistema Queiles-Jalón, son:

- A. Somontano del Moncayo.
- B. Anticinal Ricla-Tabuena.
- C. Sinclinal de Cárcena.
- D. Sinclinal de Ciria-Borobia.

A. Somontano del Moncayo

Ocupa una extensión de 150 km² de materiales permeables, extendiéndose entre Tarazona y la Cuenca del Huecha (Añón a Borja). Dicha unidad es de naturaleza compleja, distinguiéndose dentro de ella:

- El Mioceno de Tarazona, de 30 km² de superficie, ocupado por formaciones neógenas del borde de la Depresión del Ebro. La alimentación de este acuífero es la infiltración del agua de lluvia y se drena a través del manantial "Ojo de San Juan" en Tarazona (cota de drenaje de 500 m.s.n.m.). El valor de la infiltración, igual a la recarga por lluvia, se estima comprendido entre 5 y 10 hm³/año, lo que supone un 25-50 por ciento de la lluvia caída.
- Los materiales permeables de la Cuenca del Huecha, ocupan una superficie de 120 km² y están constituidos por materiales calcáreos Jurásicos, cubiertos en gran medida por materiales detríticos Pliocuaternarios y Miocenos. El conjunto recibe su alimentación por infiltración de la escorrentía superficial de la Sierra del Moncayo y de la infiltración directa del agua de lluvia. Las descargas del acuífero se efectúan de la siguiente forma:

- Manantiales de Añón, situados a cota de 900 m.s.n.m. con una aportación de 10-15 hm³/año. Dichos manantiales se originan en el contacto de las calizas Jurásicas con materiales margosos del Lías superior-Dogger.
- Al río Huecha a través de numerosos manantiales que se originan debido a un acuñamiento del acuífero detrítico en las inmediaciones del río Huecha. Dichos manantiales se sitúan entre Bulbuente y Malejan a cota aproximada de 500 m.s.n.m., y en conjunto suponen una aportación de 20-25 hm³/año.

En el área descrita, se realizan aforos periódicos (cada dos meses), desde el año 1980 en 11 puntos que constituyen las principales descargas del acuífero.

Los recursos de agua subterránea estimados son de 35-40 hm³/año, de los cuales, 20-25 hm³/año proceden de infiltración directa de agua de lluvia y 10-15 hm³/año de infiltraciones de escorrentías superficiales de las Sierras adyacentes.

B. Anticinal Ricla-Tabuena

Constituido por materiales calcáreos Jurásicos de permeabilidad alta, que ocupan una superficie de 120 km² y se extienden desde Fuendejalón hasta Ricla y desde Ambel a Ricla, a ambos lados del anticinal de Tabuena. Los afloramientos calcáreos del flanco Norte, se prolongan por debajo de los sedimentos Miocenos hasta las inmediaciones del río Jalón, teniendo el acuífero en esta zona un carácter de semiconfinado.

El acuífero es un embalse subterráneo que recibe alimentación únicamente por infiltración de agua de lluvia, constituyendo dicha infiltración los recursos renovables de agua y estimados en 25-40 hm³/año. El drenaje del acuífero se realiza al río Jalón a través de:

Manantiales del Ponti y Lumpiaque, situados a cota de 300 m.s.n.m., que en conjunto descargan 10-20 hm³/año. La descarga se realiza a

través de los materiales Miocenos de la Cuenca del Jalón, que en las inmediaciones de los manantiales debe tener una conexión con las calizas Jurásicas en profundidad (existen sondeos que atraviesan las calizas Jurásicas bajo el relleno Terciario).

- Descarga subterránea directamente al río Jalón entre Morata y Ricla, de difícil cuantificación, pero estimada entre 15 y 20 hm³/año.

C. Sinclinal de Calcena

Constituído por dolomías y calizas con elevada karstificación y que afloran sobre una superficie de 30 km², situándose en la cuenca alta del Isuela. Estos materiales que constituyen un excelente nivel acuífero reciben la infiltración de lluvia y la escorrentía superficial del macizo Paleozoico del Tablado. Dicha alimentación, constituye los recursos anuales de agua del acuífero y estimados en 5-10 hm³/año. El drenaje del acuífero se origina a través de los manantiales de Purujosa y Cálcena, habiéndose realizado durante el año 1980 aforos periódicos en dichos manantiales.

D. Sinclinal Ciria-Borobia

Ocupa una extensión de 70 km², y parte de él se sitúa dentro de la hoja E. 1:200.000 de Zaragoza. Está constituido por materiales calcáreos Jurásicos, formando una estructura sinclinal que reposa sobre materiales Triásicos impermeables.

Los recursos totales del acuífero son del orden de 20-25 hm³/año y proceden de la infiltración de lluvia. Los drenajes del acuífero se originan fundamentalmente a través de los manantiales de Pomer y Aranda, situados a cota de 1.100-950 m.s.n.m. y una pequeña parte de menor importancia a los ríos Manubles y Ribota, situados fuera de la Hoja de Zaragoza.

SUBSISTEMA ACUÍFERO JALON-AGUASVIVAS

El área geográfica de este Subsistema está comprendida entre los ríos Jalón y Aguasvivas y queda situada en la zona de transición de la rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica y la Depresión Terciaria del Ebro.

Los límites quedan definidos al Sur por el anticlinal de núcleo Paleozoico de las Sierras de Vicort, Herrera y Cucalón, al Este por el río Aguasvivas,

al Norte por la alineación de afloramientos Mesozoicos Muel-Belchite, y al Oeste por el río Jalón entre Ricla y Epila ocupando el conjunto una superficie de 2.000 km².

Se sitúa la zona dentro de la provincia de Zaragoza con núcleos de población importantes (La Almunia de Doña Godina: 4.970 habitantes; Cariñena: 3.203 habitantes; Muel 1.391 habitantes). La actividad fundamental de la región es la agricultura y las industrias derivadas de ésta, mereciendo destacarse la industria vinícola del Campo de Cariñena.

Los acuíferos de mayor importancia se sitúan en los materiales calcáreos Jurásicos y en los depósitos detríticos Plio-Cuaternarios de Alfamén.

Los materiales calcáreos Jurásicos afloran en una extensión de 200 km² y están formados desde el punto de vista hidrogeológico por tres tramos:

- Inferior calizo-dolomítico que aflora en las inmediaciones de Belchite y La Almunia, muy karstificado y con escasa explotación. En Belchite sondeos realizados indican caudales específicos del orden de 10 l/s/m, y sin embargo en la zona de La Almunia al ser menor el espesor saturado de estos materiales no permiten transmisividades elevadas. El coeficiente de almacenamiento es del orden de 10⁻³ a 10⁻⁴. El nivel acuífero instalado en estos materiales tiene unas posibilidades de explotación limitadas por la extensión de sus afloramientos, su cota topográfica que sitúa el nivel piezométrico a profundidad (zona de Belchite), y la disminución del espesor saturado (zona de La Almunia).
- Tramo intermedio de naturaleza margoso-calcárea, con frecuentes cambios de facies y gran espesor, (puede alcanzar 500 metros). Tiene un comportamiento variable que en general se traduce en escasas posibilidades de explotación.
- Tramo superior calizo, constituido por calizas micritas y oolíticas que afloran en el macizo de Mezalocha. El indicio más interesante de su capacidad acuífera lo constituyen los manantiales de Muel y Mediana que surgen en el contacto de estos materiales con los Terciarios de la Depresión del Ebro.

Los materiales detríticos Plio-Cuaternarios constituyen un excelente acuífero, sólo limitado por la potencia y extensión de sus depósitos. Estos depósitos adquieren gran desarrollo en el Campo de Cariñena-Alfamén, y consti-

tuyen el principal acuífero de la región donde se realiza una intensa explotación de sus recursos de agua subterránea.

En el Subsistema Jalón-Aguasvivas existen 210 puntos acuíferos (Diciembre 1980), de los cuales 62 puntos son manantiales y 147 sondeos. Del total de manantiales, el 23 por ciento tienen caudales inferiores a 10 l/s, siendo el caudal máximo de 300 l/s. El número de sondeos es de 147, situándose en el Cuaternario de Alfamén un gran número de ellos. El 81 por ciento de los sondeos tienen profundidades inferiores a 100 metros, siendo la profundidad más frecuente entre 10 y 50 metros (44 por ciento).

Los caudales de explotación están comprendidos entre 1 y 50 l/s en el 60 por ciento del total. El número de sondeos negativos representa el 17 por ciento.

Las unidades acuíferas que constituyen el Subsistema Jalón-Aguasvivas son:

- E) Cuaternario de Alfamén
- F) Calizas de Muel-Belchite.

E. Cuaternario de Alfamén

Ocupa una extensión de 250 km² y está constituido por depósitos detríticos (conglomerados, gravas, arenas y arcillas) que se extienden entre Cariñena y La Almunia de Doña Godina. El borde Norte y Nororiental lo constituyen materiales arcillosos y yesíferos, el Noroccidental materiales calcáreos Jurásicos y el Suroccidental materiales cuarcíticos del Paleozoico.

Con el fin de determinar la estructura del acuífero se realizó una Campaña de Geofísica Eléctrica compuesta de 114 sondeos Eléctricos Verticales que cubren la totalidad de los materiales permeables. Existe una potente formación detrítica que al Norte de la alineación La Almunia-Alfamén se divide en dos, separadas por un tramo de naturaleza arcillosa. Las medidas de resistividad indican que la naturaleza de los depósitos detríticos no es homogénea ni continua, existiendo numerosos cambios laterales que corresponden a un mayor o menor contenido en arcillas.

El acuífero detrítico superficial alcanza un espesor superior a 200 metros al Noreste de Alpartir, presentando una discontinuidad al Norte de la alineación La Almunia-Cariñena debido al tramo semipermeable intermedio, que hace que el espesor disminuya notablemente con potencias en general inferior a 20 metros. Del acuífero profundo no se conoce la situación del muro ni su extensión hacia el Norte, únicamente algunos sondeos lo atraviesan y en oca-

siones son surgentes, lo que hace que el acuífero profundo esté semiconfinado por el tramo arcilloso.

Los parámetros hidráulicos del acuífero superficial se estiman en base a datos litológicos y de explotación de sondeos, resultando valores de la transmisividad comprendidos entre 500 y 2.500 m²/día, mientras que el coeficiente de almacenamiento puede variar localmente desde el 30 por ciento hasta valores inferiores al 5 por ciento, correspondiendo los valores más bajos al borde Sur del acuífero.

Con el fin de determinar las características de la capa freática, se tiene establecida una red de control piezométrico de 51 piezómetros con controles periódicos desde el año 1979. Para determinar la calidad del agua subterránea se dispone de 28 puntos de control con tomas de muestras dos meses al año.

La profundidad del agua aumenta en general hacia el Sur donde alcanza valores próximos a los 50 metros; siendo en la mitad Septentrional menor de 20 metros; en el centro del acuífero y al Este de Cariñena-Longares se sitúa próximo a los 50 metros.

La circulación del agua subterránea en general es de Norte-Sur, existiendo zonas de alimentación en el curso del río Cariñena y alimentación lateral entre Cosuenda y Cariñena procedente de escorrentías superficiales. Las zonas de descarga se sitúan en el borde Norte del acuífero (La Almunia y Calatorao).

Los niveles piezométricos de la zona situada al Noroeste de la curva de nivel 400, tienen tendencia a la subida, debido a la influencia de regadíos superficiales, mientras que los niveles de la zona situada al Sureste tienen tendencia a la bajada. Las oscilaciones máximas (en el periodo 1980-1981) de niveles es del orden de 5 metros aunque debido a bombeos puntuales llegan a 10 metros, mientras que la oscilación se amortigua en el sector Noroccidental que corresponde a la zona de drenaje del acuífero.

Los valores del caudal específico varían desde inferiores a 5 l/s/m (próximos a 1 l/s/m en numerosos puntos) en el borde Sur del acuífero, a valores superiores a 15 l/s/m (alcanzando puntualmente 60 l/s/m) en la zona centro. Los valores más frecuentes son los comprendidos entre 5 y 10 l/s/m.

El acuífero del Cuaternario de Alfamén es un embalse subterráneo regulador de las aportaciones provenientes de:

- Infiltración directa del agua de lluvia. 10 hm³/año
- Infiltración de escorrentías superficiales. 10 hm³/año
- Retornos de regadíos 20 hm³/año
- Infiltración de la Acequia de Michen. 30 hm³/año

Las salidas de agua del acuífero se originan por:

- Bombeos 30 hm³/año
- Evapotranspiración en zonas encharcadas. 10 hm³/año
- Drenajes del río Mediano y Fuentes 30 hm³/año

Los recursos propios del acuífero se estiman en 20 hm³/año, de los cuales 15 hm³/año constituyen el bombeo neto (consumidos en regadíos con agua bombeada), y 5 hm³/año son drenados a través de Fuentes.

Al tener en cuenta en la zona Norte del acuífero los regadíos con agua superficial, y las infiltraciones de la acequia de Michen, los recursos regulados por el acuífero se elevan a 70 hm³/año, parte de los cuales no son propios del acuífero, sino que recirculan por el mismo y con posibilidad de regularlos.

F. Calizas de Muel-Belchite

Los afloramientos calcáreos que dan lugar al acuífero de esta zona se extienden de forma discontinua sobre una superficie de 150 km².

La existencia de dos niveles acuíferos viene condicionada por las características litológicas del conjunto calcáreo Jurásico antes definido, dos tramos calcáreos separados por un intermedio margoso.

Los afloramientos del tramo superior se sitúan a cota de 700 m.s.n.m. y del tramo inferior a cota de 500 m.s.n.m. Las cotas de drenaje se sitúan sobre 400 y 350 m.s.n.m., por lo que la profundidad del agua en determinados casos es demasiado elevada para poder realizar explotaciones de agua subterránea.

El análisis global del conjunto indica que los recursos de agua son del orden de 8-12 hm³/año procedentes en parte de la infiltración de lluvia (4-6 hm³/año) y de infiltración del río Aguasvivas al atravesar el acuífero calizo en Belchite (4-6 hm³/año).

El drenaje del acuífero se realiza al río Huerva a través de la Fuente de la Virgen en Muel (2-6 hm³/año) y al río Ginel a través del manantial de Mediana (6 hm³/año).

4. RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU UTILIZACIÓN

4.1. ACUÍFERO DEL ALUVIAL DEL EBRO Y AFLUENTES (SISTEMA 62)

Los recursos propios de todo el sistema 62 se han calculado en 600 hm³/año de los que casi el 90 por ciento proceden del retorno de los regadíos. La recarga debida a la infiltración del agua de lluvia es insignificante, no sólo porque tiene un valor bajo, sino porque la superficie de afloramiento acuífero es también pequeña.

La conexión perfecta entre el acuífero y los ríos permite la afección de éstos con lo que los recursos reales son mucho mayores.

En la actualidad, la utilización del agua subterránea, aunque es muy inferior a los recursos, están en proceso de rápido crecimiento, fundamentalmente en el sector industrial. La extracción total en el sector que pertenece a esta Hoja se ha calculado en unos 53 hm³/año. Existe, por tanto, una gran oferta de agua repartida a lo largo del aluvial que permitirá la puesta en riego de una considerable extensión del terreno. Las líneas de actuación que se proponen contando con la infraestructura actual y los planes previstos pasan primero por el reforzamiento de las dotaciones cuando sean insuficientes, la extensión del regadío a zonas no dominadas por los canales actuales y la progresiva sustitución de las derivaciones con agua subterránea cuando no existe suficiente regulación previa.

4.2. SISTEMA ACUÍFERO NUMERO 58

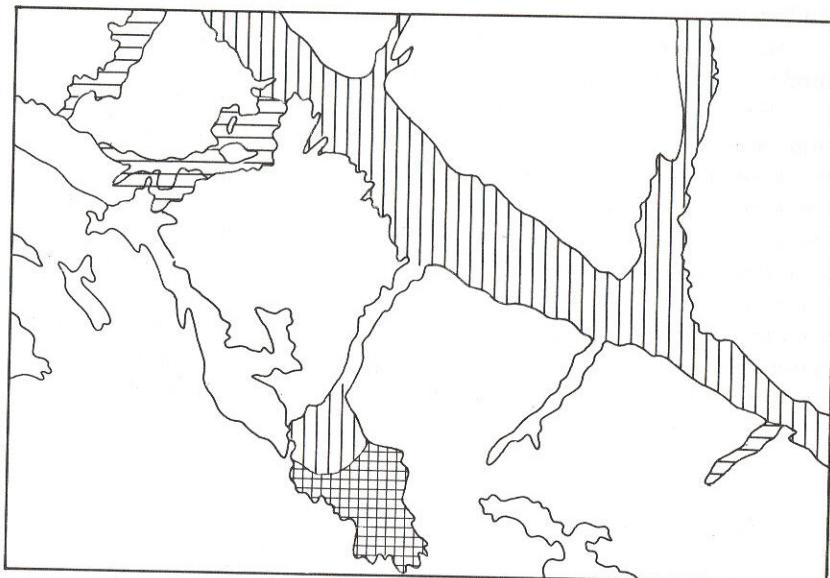
Los recursos de agua subterránea y la utilización de los mismos en los acuíferos del Sistema 58, situados en el entorno de la Hoja E. 1:200.000 de Zaragoza, son:

- Subsistema Queiles-Jalón, los recursos de agua subterránea evaluados a partir de la lluvia útil son de 85-115 hm³/año. El volumen de agua bombeado es de 6,2 hm³/año, utilizándose 3,4 hm³/año para regadío de 270 hectáreas, 2,5 hm³/año para abastecimiento de 25.500 habitantes, y 0,30 hm³/año para usos industriales.

- En el Subsistema Jalón-Aguasvivas, los recursos de agua subterránea son de 78-82 hm³/año, de los cuales 70 hm³/año corresponden a recursos regulados en el acuífero de Alfamén. El volumen de agua bombeado es de 31

hm³/año, correspondiendo en su totalidad a extracciones en el Cuaternario de Alfamén, y utilizándose 28,5 hm³/año en regadío de 3.450 hectáreas, 2 hm³/año en abastecimiento de 12.100 habitantes, y 0,50 hm³/año para usos industriales.

MAPA DE REGADIOS



AREA REGADA CON AGUAS SUPERFICIALES



AREA REGADA CON AGUAS SUBTERRÁNEAS BOMBEADAS



AREA REGADA CON AGUAS SUBTERRÁNEAS DE MANANTIALES

5. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

5.1. ACUÍFERO ALUVIAL DEL EBRO Y AFLUENTES (SISTEMA 62)

El alto contenido en sulfatos, entre otros iones, hace que la calidad de base no sea la adecuada en algunas zonas. En otros, en cambio, se ha contrastado que la calidad natural es suficientemente aceptable.

La calidad natural de las aguas subterráneas es bastante deficiente. Así hay una amplia zona donde se sobrepasan los 1.500 micromhos/cm de conductividad siendo el principal responsable de la salinidad el contenido en sulfatos por la circulación de las aguas por encima del zócalo yesífero. Las zonas de mala calidad natural coinciden con los mayores contenidos también en nitratos. Tal como se aprecia en el mapa calidad de la Hoja II, es aguas abajo de Zaragoza donde se encuentran los valores de conductividad más altos.

El efecto saludable del lavado producido por las altas dotaciones para riego se debe dejar sentir también en una dilución de los aportes contaminantes. Se ha comprobado que la calidad del agua después de la época de riegos mejora ostensiblemente. La calidad mejora también en el sentido de las líneas de corriente.

La contaminación por focos industriales es prácticamente nula o todavía muy incipiente pese al descontrol con que se efectúan los vertidos. La contaminación por vertidos urbanos no reviste caracteres preocupantes. La contaminación por fertilizantes es muy reducida.

En la zona de calidad natural favorable, las aguas son perfectamente aptas para regadío

5.2. SISTEMA ACUÍFERO 58

La principal fuente de contaminación de las aguas subterráneas está en el consumo de fertilizantes nitrogenados utilizados en las actividades del sector agrícola. Las zonas de máxima densidad de cultivos consumidores de abonos se concentran en el Acuífero Cuaternario de Alfamén.

En el Subsistema Queiles-Jalón, durante el año 1981 se realizaron dos muestreos en 16 puntos, correspondiendo, 13 a manantiales y 3 a sondeos de explotación. El agua de los manantiales que drenan los acuíferos calizos (Cál cena, Purujosa, Añón, etc.) presentan facies bicarbonatadas cálcicas, con residuos secos de 250-450 ppm y durezas de 20 a 40°F. El agua de los manantiales que drenan los acuíferos calizos a través de depósitos Terciarios y Cuater-

narios (Malejan, Bulbuente, Tarazona, Epila, Lumpiaque, etc.) presentan facies sulfatadas cárnicas-magnésicas y en ocasiones cloruradas, con residuos secos próximos a 1.000 ppm y en ocasiones 2.000 ppm, y durezas notables de 50 a 90°F.

En el Subsistema Jalón-Aguasvivas, el acuífero calizo Muel-Belchite no presenta homogeneidad la calidad de sus aguas. El drenaje de Muel presenta aguas con facies bicarbonatadas cárnicas con residuo seco de 400 ppm y dureza inferior a 30°F. El drenaje a través del manantial de Median presenta facies sulfatada cárneo-magnésica con residuo seco superior a 1 g/l, y dureza superior a 60°F; dichos valores se deben al hecho de que el manantial se sitúa en contacto con yesos terciarios que condicionan la composición química del agua y su alta mineralización.

En el acuífero Cuaternario de Alfamén las aguas evolucionan de facies bicarbonatadas cárneo-magnésica o bicarbonatadas-cloruradas cárneo magnésica a facies bicarbonatada sulfatada, o mixtas. El mecanismo de cambio de facies es debido a una precipitación de carbonatos en el extremo Norte del acuífero.

Los residuos secos varían desde 300-400 ppm en zonas de borde hasta valores próximos a 1.000 ppm en la zona Norte (La Almunia-Calatorao). En Cariñena existen puntos localmente contaminados por las industrias vinícolas, con residuos secos superiores a 1,5 g/l.

El ión nitrato tiene una distribución muy irregular, siendo la zona contaminada de Cariñena una zona de valores mínimos; los valores próximos a 40 ppm son normales en todo el acuífero, y siendo de 100 ppm en las zonas explotadas mediante bombeos y cultivos intensivos que se sitúan en las inmediaciones de Alfamén.

BIBLIOGRAFIA

- BATLLE, A.; CASTIELLA, J.; SOLE, J.; NIÑEROLA, S.; IGLESIAS A. "El acuífero aluvial del Ebro y afluentes entre Logroño y Mequinenza". II Symposium Nacional de Hidrogeología. Pamplona. Octubre, 1978.
- BATLLE, A.; IGLESIAS, A. "Les acuifères alluviaux longitudinaux de L'Ebre et ses affluents (Espagne)". 26 Congreso Internacional de Geología, Paris, 1980.
- BATLLE, A.; GARCIA, C.; IGLESIAS, A. "Estudio de calidad en el aluvial del Ebro". III Symposium Nacional de Hidrogeología. Madrid, Mayo 1983.

- IGME. Hidrogeología del Sistema 58. Enero 1979.
- IGME. Estudio hidrológico del Sistema 58. Febrero 1979.
- IGME. Usos del Agua en el Sistema 58. Marzo 1979.
- IGME. Investigación geofísica en la Almunia de Doña Godina (Zaragoza). Marzo, 1979.
- IGME. Aforos realizados en la acequia de La Almunia (Aceaquia Nueva o de Michen). Agosto 1979.
- IGME. Red de aforos en el Sistema 58. Noviembre 1979.
- IGME. Estudio hidrogeológico de la zona Jalón-Aguasvivas. Diciembre 1979.
- IGME. Informe sobre las zonas encharcadas de La Almunia de Doña Godina (Zaragoza). Enero 1980.
- IGME. Informe hidrogeológico de la Zona Queiles-Jalón. Diciembre 1980.
- IGME. Controles piezométricos de la margen derecha de la Cuenca del Ebro. Diciembre 1980.
- IGME. Redes de control superficial de los Sistemas Acuíferos 57,58 y 59. Diciembre 1980.
- IGME. Informe sobre contaminación producida por vertido de residuos de alcoholeras en Cariñena. Diciembre 1981.
- IGME. Balances y alternativas de utilización de las aguas subterráneas en la margen derecha del Ebro. Diciembre 1981.
- IGME. Controles piezométricos margen derecha del Ebro durante 1981. Diciembre 1981.
- IGME. Calidad del agua subterránea en el Sistema 58. Diciembre 1981.
- IGME. Hoja número 32 del Mapa geológico de España. Memoria explicativa. Escala 1:200.000 (Zaragoza).
- IGME. Análisis de los planes de riego actuales, en ejecución y en estudio en la Cuenca del Ebro. Diciembre, 1978.
- IGME. Campaña de sondeos mecánicos en los Sistemas 57, 58 y 62. Enero, 1979.
- IGME. Investigación geofísica en la Almunia de Doña Godina (Zaragoza). Marzo, 1979.
- IGME. Estudio del abastecimiento de agua a la factoría de la General Motors de Zaragoza. Noviembre, 1979.
- IGME. Datos sobre los recursos hidráulicos del Ebro. Marzo, 1980.
- IGME. Red calidad del acuífero aluvial (tramo Cortes-Gelsa). Junio, 1980.
- IGME. Informe número 1 del IGME para la Planificación Hidrológica del Ebro: Informe General. Septiembre 1980.
- IGME. Informe número 2 del IGME para la Planificación Hidrológica del Ebro: Consumo de aguas subterráneas para usos industriales. Septiembre, 1980.

- IGME. Controles piezométricos de la margen derecha de la Cuenca del Ebro. Diciembre, 1980.
- IGME. Problemas que presentan la explotación del acuífero aluvial del Ebro en la provincia de Zaragoza. Febrero, 1981.
- IGME. Demanda de agua para usos industriales y servicios en la Cuenca del Ebro. Noviembre, 1981.
- IGME. Informe sobre calidad y contaminación del agua subterránea en la margen izquierda del Ebro. Diciembre, 1981.
- IGME. Informe sobre evolución piezométrica en los acuíferos aluviales del Ebro hasta 1981. Diciembre, 1981.
- IGME. Plan Hidrológico Nacional. Estudio de recursos subterráneos de los Sistemas acuíferos de la margen izquierda y aluviales del Ebro. Diciembre, 1981.
- IGME. Colección Informes. PIAS Cuenca del Ebro. Madrid, 1983.
- IGME. Plan Investigación Aguas Subterráneas. Estudio Hidrogeológico de los Sistemas Acuíferos de la Cuenca del Ebro. Madrid, 1982.
- LOPEZ-CAMACHO, B.; OCTAVIO DE TOLEDO, F.; SAHUQUILLO, A. "Los acuíferos de las terrazas del Ebro en las proximidades de Zaragoza. Su valor económico para usos industriales". Conferencia Nacional sobre Hidrogeología General y Aplicada. Zaragoza, 1974.
- OCTAVIO DE TOLEDO, F.; MOLITS, J. y LOPEZ CAMACHO, F. "Las terrazas de los ríos Ebro y Gállego en la zona de influencia de Zaragoza: explotación actual y calidad de las aguas". Conferencia Nacional sobre Hidrología General y Aplicada. Zaragoza, 1974.
- SAHUQUILLO HERRAIZ, A. "Estudio hidrogeológico de las terrazas de los ríos Ebro y Gállego en la zona de influencia de Zaragoza". Dirección General de Obras Hidráulicas. Servicio Geológico de Obras Públicas.
- VIRGOS SORIANO, L.; MARTINEZ ALFARO, P.E.; BATLLE GARGALLO, A.; GARCIA DE LA NOCEDA, C. "Modelo digital de un tramo del acuífero constituido por el aluvial del río Ebro entre Alcalá de Ebro y las proximidades de Zaragoza". III Simposio Nacional de Hidrogeología Madrid, Mayo, 1983.