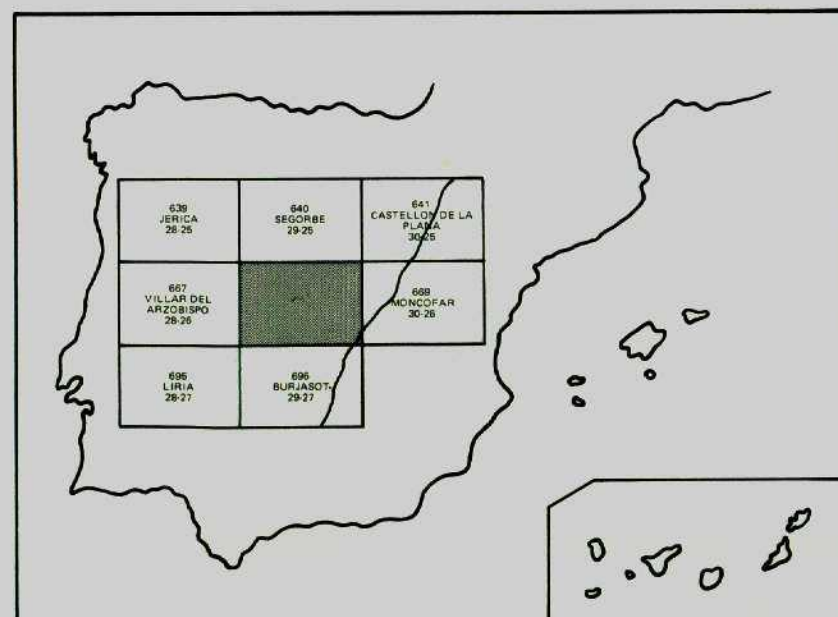


**MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA****E. 1:50.000****SAGUNTO****Primera Serie- Primera edición**

INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA  
RIOS ROSAS, 23 - MADRID-3



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA**  
**E. 1:50.000**

**SAGUNTO**

**Primera Serie- Primera edición**

SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

## **INFORMACION COMPLEMENTARIA**

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria.

Servicio de Publicaciones - Ministerio de Industria y Energía - Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

---

I.S.S.N. 0212-0178

Depósito Legal: M-14550 - 1984

---

Talleres Gráficos IBERGESA - Crta. de Burgos km 12,200 - Madrid

## INDICE

	páginas
<b>1 INTRODUCCION</b>	7
<b>2 ANTECEDENTES</b>	8
<b>3 CARACTERISTICAS DE LA SIERRA DEL ESPADAN Y PLANA DE CASTELLON-SAGUNTO</b>	9
<b>3.1 CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS     Y MARCO SOCIO-ECONOMICO</b>	9
<b>3.2 CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA</b>	10
<b>3.3 CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS     GENERALES</b>	12
<b>3.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.     BALANCE DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.     MODELO MATEMATICO</b>	13
<b>3.5 CALIDAD QUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA</b>	15

32828

<b>4 GEOLOGIA DE LA HOJA DE SAGUNTO</b>	<b>17</b>
<b>4.1 ESTRATIGRAFIA</b>	<b>17</b>
<b>4.1.1 Triásico</b>	<b>17</b>
4.1.1.1 BUNTSANDSTEIN	17
4.1.1.2 MUSCHELKALK	18
4.1.1.3 KEUPER	19
<b>4.1.2 Jurásico</b>	<b>20</b>
4.1.2.1 LIAS	20
4.1.2.2 DOGGER	20
4.1.2.3 MALM	21
<b>4.1.3 Terciario</b>	<b>21</b>
4.1.3.1 MIOCENO	21
<b>4.1.4 Plio-Cuaternario</b>	<b>21</b>
<b>4.2 TECTONICA</b>	<b>22</b>
<b>5 HIDROGEOLOGIA DE LA HOJA DE SAGUNTO</b>	<b>24</b>
<b>5.1 TERRENOS ACUIFEROS E IMPERMEABLES</b>	<b>24</b>
<b>5.2 CARACTERISTICAS DE LOS PUNTOS ACUIFEROS</b>	<b>25</b>
<b>5.3 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS     E HIDRAULICAS DE LOS ACUIFEROS</b>	<b>26</b>
<b>5.4 CARACTERISTICAS PIEZOMETRICAS Y     SU EVOLUCION.     CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA</b>	<b>28</b>
<b>5.5 QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.     PROBLEMAS DE CONTAMINACION</b>	<b>30</b>
<b>6 UTILIZACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS</b>	<b>33</b>
<b>6.1 UTILIZACION ACTUAL DE LAS AGUAS     SUBTERRANEAS</b>	<b>33</b>

<b>6.2 PERSPECTIVAS EN CUANTO A LA UTILIZACION DE LAS AGUAS EN EL FUTURO. RECOMENDACIONES PARA SU CAPTACION</b>	<b>34</b>
---	-----------

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>36</b>
---------------------	-----------

## **1 INTRODUCCION**

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 consulta.

En base a los datos disponibles recogidos en los estudios de infraestructura y posterior control de los acuíferos, se ha considerado de gran interés para la comunidad científica y para el público en general, la publicación de mapas hidrogeológicos detallados a escala 1/50.000 en forma de hojas correspondientes a la cuadrícula topográfica oficial, en aquellas zonas en las que la información hidrogeológica es más abundante y completa.

El objetivo del mapa es mostrar, al máximo detalle permitido por la escala, las características de yacimiento del agua subterránea y situación de

su explotación, calidad química y valores de los parámetros hidrodinámicos.

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 sea prácticamente autosuficiente; no obstante, se acompaña una breve memoria explicativa que completa la información gráfica.

## 2 ANTECEDENTES

Dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS), el IGME en colaboración con el IRYDA inició en el año 1972 el Proyecto de Investigación Hidrogeológica de los Recursos Subterráneos de la Cuenca Media y Baja del río Júcar, proyecto que finaliza en 1975. En el año 1976 se abre una nueva etapa en la investigación a través del Proyecto de Conservación y Gestión de los Acuíferos de la Cuenca Media y Baja del Júcar, que se continúa en la actualidad, comprendiendo entre otras actividades trabajos de control periódico, indispensables para mantener actualizado el seguimiento de la evolución de los acuíferos, y estableciendo las líneas directrices para una mejor planificación de la utilización de los recursos hidráulicos.

Como consecuencia de estos trabajos se dispone de un gran volumen de información sobre los acuíferos de la Cuenca del Júcar, en especial sobre los costeros, por ser éstos los que presentan un mayor grado de explotación.

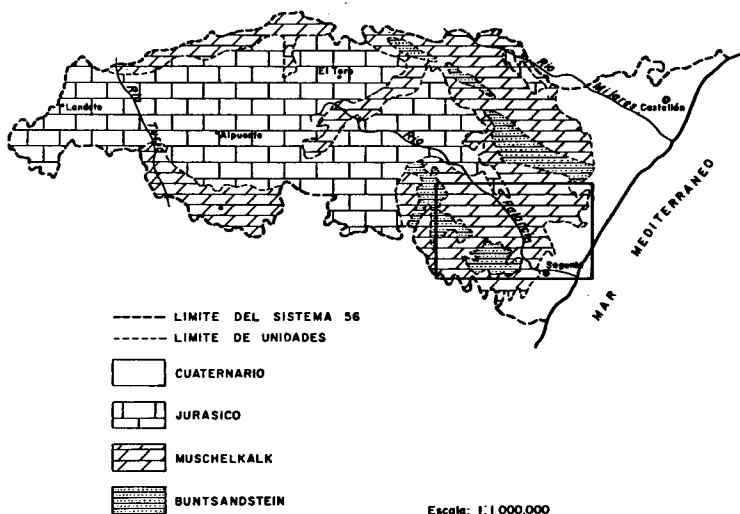
En la presente Memoria se describen, en primer lugar, las características generales del sistema acuífero en el que se integra la Hoja de Sagunto; a continuación se pasará al estudio más detallado de la geología e hidrogeología de la mencionada Hoja, reflejando el grado de conocimiento existente en la actualidad. Se comentará, asimismo, la calidad química de las aguas subterráneas y grado de explotación, y se describirán brevemente las perspectivas en cuanto a la utilización futura de las mismas y recomendaciones para su captación.



En la reseña bibliográfica que se acompaña al final de esta Memoria explicativa, se recogen los trabajos consultados para la realización de la presente Hoja hidrogeológica.

### 3 CARACTERISTICAS DE LA SIERRA DEL ESPADAN Y PLANA DE CASTELLON-SAGUNTO

Para una mejor comprensión de la hidrogeología de la Hoja de Sagunto, resulta imprescindible conocer el marco hidrogeológico regional del Sistema Acuífero de la "Sierra del Espadán-Plana de Castellón-Sagunto", Sistema nº 56 del Mapa de Síntesis de Sistemas Acuíferos, definido por el IGME en 1971, dentro del cual se sitúa totalmente el presente mapa hidrogeológico.



#### 3.1 CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS Y MARCO SOCIO-ECONOMICO

El Sistema Acuífero núm. 56, de forma aproximadamente triangular con vértices en las localidades de Puzol, Benicasim y Landete, se extiende

por las provincias de Valencia, Castellón, Teruel y Cuenca, limitando al Norte con el Desierto de Las Palmas, río Mijares y Sierra de Javalambre, al Oeste con el río Algarra, afluente del Gabriel, al Sur con la Sierra de Mira, Campos de Liria y Plana de Valencia, y al Este con el Mar Mediterráneo. La superficie total es de unos 3.300 km<sup>2</sup>.

Se diferencian netamente dos zonas de características bien diferentes: la zona litoral o Plana de Castellón-Sagunto, y la zona interior o Sierra del Espadán propiamente dicha. La primera, de 550 km<sup>2</sup>, corresponde a la zona comprendida entre el mar y la cota 100 aproximadamente, tiene un relieve muy llano y sus principales accidentes geográficos son los cursos bajos de los ríos Mijares, Palancia, Seco, Veo y Belcaire. La zona interior, de relieve abrupto, está surcada por las serranías ibéricas del Espadán, Olocau-Gátova, El Toro y Pina, con altitudes comprendidas entre 100 y 1.500 m s.n.m.; los ríos más importantes de esta región son el Turia y el Palancia, este último con cuenca desarrollada en su totalidad dentro del Sistema Acuífero.

La concentración urbana se localiza fundamentalmente en la Plana, con una población de 330.000 hab, que en verano asciende a 435.000 hab, registrándose las mayores concentraciones en ambos márgenes del río Mijares con densidades superiores a 600 hab/km<sup>2</sup>.

Las industrias se localizan preferentemente en la zona costera, con un proceso continuo de expansión, destacando las instalaciones petroquímicas de Castellón, la IV Planta Siderúrgica Integral de Sagunto y las industrias de calzado de Vall D'Uxó, que han generado una notable corriente inmigratoria.

Dentro del Sistema Acuífero se riegan 48.000 ha, de las cuales 42.000 ha, en su casi totalidad de cítricos, se concentran en la Plana. Del total de la superficie regada, 35.000 ha se abastecen de agua subterránea a través de perforaciones y manantiales, y el resto con aguas superficiales de los ríos Mijares, Rambla de la Ciudad, Palancia, Turia y otros de menor importancia.

### **3.2 CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA**

Los contrastes topográficos del relieve condicionan la variedad climática que se registra en la zona.

En el área costera, correspondiente a la Plana de Castellón-Sagunto, el clima es de tipo mediterráneo litoral con inviernos templados y veranos

cálidos y secos, mientras que hacia el interior las estribaciones de las cadenas ibéricas determinan el cambio a condiciones continentales y de montaña con inviernos fríos, en los que son frecuentes las heladas, y veranos cortos.

La precipitación media anual de la zona es de 580 mm (período 1948-1963), con valores que oscilan entre 470 mm en la costa y 650 mm en las cadenas montañosas del interior, donde parte de la precipitación se recoge en forma de nieve.

En la costa, la temperatura media anual es de 17<sup>o</sup> C con máximos que superan los 25<sup>o</sup> C en agosto y mínimos de 10<sup>o</sup> C en enero-febrero. En la zona interior la temperatura media anual es de 15<sup>o</sup> C, siendo la media de enero de 5<sup>o</sup> C en las comarcas más altas.

La evapotranspiración potencial, calculada por el método de Thornthwaite, presenta los valores más altos en las proximidades de la costa, superándose los 900 mm en algunos sectores; en el interior es inferior a 700 mm.

La evapotranspiración real oscila entre el 70 y el 90 por ciento de la precipitación media anual, siendo los valores medios más reducidos los de la cuenca alta del Palancia y los más altos los del área costera comprendida entre los ríos Mijares y Palancia.

El régimen hídrico de la red de drenaje está condicionado por las características hidrogeológicas de los materiales que constituyen sus cuencas. El río Mijares desarrolla la casi totalidad de su curso fuera del Sistema Acuífero, formando su caudal en otras unidades hidrogeológicas, y su relación principal con el sistema es la interconexión entre su cauce y el embalse detrítico de la Plana, relación que se ve alterada por la compleja red de regadíos que se desarrolla a expensas del río a través de las acequias de Villarreal, Burriana y Castellón-Almazora. Prácticamente a lo largo de todo su recorrido por la Plana el lecho del Mijares queda por encima del nivel piezométrico del acuífero pliocuaternario, produciéndose la recarga de este embalse subterráneo a partir del río. La aportación media del Mijares en la presa de Villarreal es de 340 hm<sup>3</sup>/año para el período 1948-1963.

El río Palancia presenta estrecha conexión hidráulica con los embalses subterráneos que atraviesa en superficie, infiltrándose o drenándolos en función de la posición relativa entre su cauce y la superficie piezométrica de dichos acuíferos. Desde su nacimiento hasta las inmediaciones de Sot de Ferrer el río tiene caudal permanente, siendo su aportación media anual en

esta localidad de unos 70 hm<sup>3</sup>. A partir de este punto la casi totalidad de la aportación es derivada para usos agrícolas a través de acequias en la comarca de Segorbe y por la acequia Mayor de Sagunto, llegando a infiltrar se íntegramente el pequeño caudal restante en los materiales triásicos de la Sierra del Espadán antes de su entrada en la Plana.

Los ríos Seco, Veo y Belcaire son cortos y sus pequeños caudales de cabecera son aprovechados o se infiltran totalmente, conduciendo sus cauces agua hasta el mar únicamente con ocasión de lluvias torrenciales, permaneciendo secos la mayor parte del año.

El río Turia, de recorrido muy reducido dentro de la zona, atraviesa el sector occidental del sistema entre las poblaciones de Santa Cruz de Moya y las inmediaciones de Tuéjar. A lo largo de su cauce recibe aportaciones procedentes de la descarga subterránea de los acuíferos, estimándose un valor medio de unos 80 hm<sup>3</sup>/año, obtenido entre dicho río y su afluente el río Tuéjar.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS GENERALES

El Sistema Acuífero núm. 56 está formado por cuatro unidades hidrogeológicas que se sitúan en las formaciones del Jurásico, del Muschelkalk y del Buntsandstein (todas ellas de carácter calizo dolomítico y arenoso) y en las más recientes pliocuaternarias de la Plana de Castellón-Sagunto.

El acuífero que constituye la unidad del Buntsandstein, de unos 250 km<sup>2</sup> de extensión, son las areniscas cuarcíticas del tramo intermedio de esta facies, con un espesor muy constante en todo el sector oriental del sistema, entre 150 y 200 m, para disminuir hasta valores inferiores a 100 m en sectores más occidentales.

La unidad del Muschelkalk ocupa una extensión superficial de unos 950 km<sup>2</sup> y está constituida por los acuíferos dolomítico inferior y calizo dolomítico superior, separados por un tramo arcilloso de unos 60 m de espesor medio. El tramo inferior de dolomías presenta un espesor muy continuo, algo superior a 100 m en los sectores meridionales y más próximo a este valor en los septentrionales. El tramo calizo-dolomítico superior posee un espesor inferior, generalmente comprendido entre 50 y 100 m.

La unidad del Jurásico, de 1.500 km<sup>2</sup> de extensión, está compuesta por diferentes tramos permeables jurásicos, entre los cuales el más importante es, sin duda, el constituido por las calizas, dolomías y carniolas del

Lías. El espesor medio de éste acuífero está próximo a los 200 m, siendo los valores mínimos encontrados próximos a 150 m y los máximos cercanos a 300 m, estos últimos en las regiones de Alpuente y Chelva.

La unidad del Plio-Cuaternario, de 550 km<sup>2</sup> de extensión, está constituida por los materiales detríticos que rellenan la Plana de Castellón-Sagunto. El espesor del acuífero es mayor en la zona Norte, comprendida entre Almenara y Puzol el valor máximo del espesor es de 150 m. La potencia media es del orden de los 80-100 m.

### 3.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA. BALANCE DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS. MODELO MATEMATICO

Las unidades que constituyen la zona interior del Sistema, es decir, las unidades del Buntsandstein, Muschelkalk y Jurásico, reciben como principal fuente de alimentación la infiltración directa del agua de lluvia, y en mucho menor grado la infiltración de los ríos. La descarga tiene lugar por extracciones mediante bombeo neto, emergencias por manantiales, drenaje hacia los ríos y por salidas subterráneas laterales. Hay que hacer notar que entre estas unidades existe relación hidráulica en numerosas ocasiones, produciéndose el paso de agua subterránea de algunas de ellas a otras.

La cuantificación de los elementos del balance, realizada entre los años 1981 y 1982, es la siguiente:

ZONA	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)				SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)				
	Infiltración lluvias	Infiltración ríos	Ent.lat. subterráneas	Total	Bombeo neto	Sal.lat. subterráneas	Salidas ríos	Emergencia	Total
Unidad Buntsandstein	20			20	10	10			20
Unidad Muschelkalk	100	2	40	142	20	90	20	12	142
Unidad Jurásico	160	12		172	10	40	122		172

La unidad del Plio-Cuaternario, que como anteriormente se expuso constituye la Plana de Castellón-Sagunto entre Benicasim y Puzol, ha sido estudiada con una metodología diferente que la seguida para las unidades del interior, debido a sus especiales características geológicas e hidrogeológicas. Durante el año 1974 se realizó un modelo matemático de simulación, en régimen transitorio, que permitió sintetizar el funcionamiento hidráulico del acuífero de la Plana y cuantificar los términos del balance para el período de tiempo comprendido entre abril de 1972 y marzo de 1973.

Posteriormente, en el año 1981, se elaboró un balance hidráulico del acuífero para el año medio del período 1972-1981.

En la actualidad se procede a la actualización y revisión del modelo primitivo, a la luz del nuevo grado de conocimiento adquirido, con objeto de poseer una herramienta eficaz para gestionar y planificar racionalmente los recursos hidráulicos subterráneos de una región tan importante como es la Plana de Castellón-Sagunto.

La alimentación de esta unidad procede de la infiltración del agua de lluvia, aportes laterales procedentes de los acuíferos carbonatados y areniscos mesozoicos de los bordes occidental y septentrional, infiltración de excedentes de riego con aguas superficiales y de manantiales e infiltración de los ríos, en especial el río Mijares. La descarga se produce por extracción neta mediante bombeo, salidas por manantiales y emergencias del borde oriental, así como por bombeo en las marjalerías y salidas subterráneas al mar.

En la elaboración del modelo matemático no pudo tenerse en cuenta, por falta de datos, la infiltración del río Mijares durante su recorrido por la Plana, quedando este elemento del balance incluido dentro de las entradas laterales. Actualmente se ha estimado en unos 50 hm<sup>3</sup>/año el valor medio de esta infiltración.

La cuantificación de los elementos del balance es la siguiente:

## PLANA DE CASTELLON-SAGUNTO

ENTRADAS	Modelo Matemático 1972-1973 (hm <sup>3</sup> /año)	Período 1972-1981 (hm <sup>3</sup> /año)
Alimentación lateral.	200	162
Infiltración excedentes de riego superficiales y manantiales.	80	64
Infiltración directa de lluvia.	50	35
Total	330	261

### SALIDAS

Descarga por fuentes localizadas.	50	20
Descarga por emergencias del borde E y bombeos en marjalerías.	40	29
Bombeo neto.	140	166
Descarga subterránea al mar.	80	60
Total	310	275
Variación de reservas		-14

### 3.5 CALIDAD QUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA

Las características químicas de las aguas subterráneas están relacionadas con las de los materiales que las albergan. Así, las aguas de la unidad jurásica son predominantemente bicarbonatadas cálcicas, las del Muschelkalk sulfatadas cálcico-magnésicas y las del Buntsandstein sulfatadas cálcicas.

En las unidades hidrogeológicas del interior del Sistema, el total de sólidos disueltos presenta variaciones entre 150 y 2.000 ppm, siendo estos últimos valores muy esporádicos y debidos a fenómenos locales; los más generalizados oscilan entre 500 y 1.000 ppm. En los principales manantiales de descarga de los macizos de Pina y Sierra del Toro se observan contenidos elevados en sulfatos, así como apreciables concentraciones de nitratos debido, probablemente, a la influencia de las aguas de infiltración de regadíos, si bien no suele superarse el valor de 30 ppm de nitratos, estando en la mayoría de los casos comprendido entre 15 y 25 ppm. Las concentraciones de sulfatos alcanzan localmente valores muy elevados, del orden de 400 a 1.000 ppm, e incluso mayores, asociados a aguas procedentes del acuífero del Muschelkalk.

En la unidad de la Plana de Castellón-Sagunto las aguas son fundamentalmente de facies sulfatada-cálcica, que evolucionan hacia otras de facies clorurada sódica en las proximidades del litoral. El total de sólidos disueltos varía entre 500 y 1.500 ppm en la mayoría del área, con valores mínimos en las inmediaciones del río Mijares, e incrementándose alrededor de los ríos Seco y Palancia, para alcanzar el máximo en las zonas de Moncófar-Chilches y Benicasim, donde se llegan a alcanzar valores puntuales de 4.000 ppm, debido a la intrusión salina. El contenido en nitratos oscila entre 10 y 200 ppm; para la casi totalidad de la Plana es superior a 30 ppm, siendo frecuentes concentraciones comprendidas entre 80 y 120 ppm, observándose en general una tendencia evolutiva al ascenso. El contenido en sulfatos está comprendido entre 150 y 600 ppm, superándose con frecuencia los 400 ppm, e igualmente con tendencia al ascenso. El contenido en cloruros se mantiene prácticamente estacionario en las aguas no pertenecientes a la facies clorurada sódica y se encuentra en progresivo crecimiento en zonas actualmente afectadas por intrusión salina; así, en el área de Moncófar la concentración alcanza valores de hasta 2.500 ppm y al Sur de Benicasim se superan los 1.500 ppm. Por el contrario, los valores mínimos se dan en las inmediaciones del río Mijares con 50 ppm, aproximadamente.

Como resumen se podría indicar que las aguas subterráneas de los acuíferos de la zona interior no presentan fenómenos importantes de contaminación, únicamente procesos incipientes caracterizados por el aumento de su contenido salino, en unos casos bicarbonatos y en otros nitratos. En la plana litoral, en cambio, prosigue un continuo proceso de degrada-



ción de la calidad química del agua como consecuencia de actividades agrícolas e industriales, que se manifiesta por la creciente concentración de nitratos, sulfatos y, en mucha menor proporción y restringida a determinadas áreas, por la presencia de nitritos, amoníaco, materia orgánica y metales pesados. Es igualmente muy importante de destacar el continuo avance del proceso de intrusión salina, que está originado por un régimen anárquico e intensivo de extracciones de agua subterránea del acuífero, con especial incidencia en las zonas de Moncófar y Benicasim.

## **4 GEOLOGIA DE LA HOJA DE SAGUNTO**

A continuación se describen las características litológicas y estructurales de los materiales que comprende la Hoja de Sagunto.

### **4.1 ESTRATIGRAFIA**

#### **4.1.1 Triásico**

Los afloramientos triásicos ocupan la mayor parte de la Hoja de Sagunto.

El Trías se presenta muy completo, en facies germánica, que se caracteriza por un potente Buntsandstein, un Muschelkalk fundamentalmente dolomítico-margoso y un Keuper generalmente laminado tectónicamente.

##### **4.1.1.1 BUNTSANDSTEIN**

Aflora fundamentalmente en la parte central y meridional de la Hoja, adquiriendo su mayor desarrollo en la zona de Gátova, Serra y Torres-Torres.

Se diferencian tres tramos que, de muro a techo, son los siguientes:

- Tramo inferior de arcillitas y areniscas: alternancia de arcillitas de areniscas: alternancia de arcillitas de color rojo, con grado de compactación variable, y areniscas frecuentemente cuarcíticas y micáceas

de tonos rojizos y blanquecinos.

La potencia máxima vista es de 150 m.

- Tramo medio de areniscas ortocuarcíticas: areniscas ortocuarcíticas, generalmente muy compactas y de gran dureza, de tonos rojizos y blanquecinos, estratificadas en bancos de espesor variable en los que es claramente visible la estratificación cruzada; frecuentemente las areniscas son micáceas. Existen algunas intercalaciones muy poco potentes de limolitas amarillentas y rojizo-verdosas.

La potencia varía entre 150 y 200 m.

- Tramo superior de arcillitas y areniscas: alternancia de arcillitas y areniscas rojizas y amarillentas, de características similares a las del tramo inferior. Las areniscas son más abundantes hacia la base del tramo, mientras que las arcillitas son mayoritarias hacia el techo llegando a desaparecer casi por completo los niveles areniscosos. En la parte superior de este tramo existe un nivel, de unos 10 a 30 m de espesor, compuesto por margas y arcillas abigarradas, de la facies Röt.

La potencia total del tramo es del orden de 150 m.

#### 4.1.1.2 MUSCHELKALK

Adquiere gran desarrollo en la Hoja, equiparable al del propio Bunt-sandstein.

Se diferencian cuatro tramos que, de muro a techo, son los siguientes:

- Barra dolomítica inferior: dolomías y calizas dolomíticas gris negruzcas, localmente amarillentas o rojizas, frecuentemente recrystalizadas, que se disponen en bancos gruesos hacia la base y más delgado hacia el techo. Presentan algunos niveles margosos amarillentos intercalados de muy escaso grosor. Una notable característica de este tramo es la alteración a ocre que presenta superficialmente y la intensa carstificación, en especial, de los niveles inferiores.

La potencia es de 100-130 m.

- Tramo medio de margas y dolomías margosas: margas, margodolomías y dolomías margosas de tonos diversos, fundamentalmente amarillentos y rojizos; ocasionalmente se encuentran yesos y cristales bipiramidales de cuarzo.

La potencia varía entre 50 y 80 m.

- Barra dolomítica superior: dolomías y calizas dolomíticas grises y gris oscuras, generalmente recristalizadas y finamente tableadas, con algunas intercalaciones margosas rojizas.

La potencia se aproxima a los 80 m.

- Tramo superior de margas y dolomías margosas: margas amarillento-rojizas, margodolomías y dolomías margosas amarillentas en bancos gruesos hacia la base y más delgados hacia el techo.

Se trata de un tramo de transición de los niveles carbonatados de la barra superior a la facies Keuper. Por este motivo su potencia es difícil de precisar, estimándose en unos 30-40 m si se considera que el techo viene definido por la desaparición de los niveles dolomíticos.

#### 4.1.1.3 KEUPER

Margas y arcillas abigarradas con yeso y cuarzo.

La potencia es muy difícil de evaluar debido a la elevada plasticidad de estos materiales y a la intensa tectonización a que se han visto sometidos, produciéndose migraciones laterales o laminación total en algunos sitios y aumentos anormales de espesor en aquellos otros donde se han acumulado las masas emigradas de zonas próximas; es posible que su potencia máxima sea del orden de los 100 m.

#### 4.1.2 Jurásico

Aflora en la esquina suroccidental de la Hoja en el cuadrante Noroeste de la misma y en las inmediaciones de Sagunto y Chilches, así como en sectores muy reducidos repartidos por toda la zona.

##### 4.1.2.1 LIAS

Ocupa la mayor parte de los afloramientos jurásicos de la Hoja.

Se observan los siguientes tramos:

- Tramo inferior, de unos 130 m de espesor, compuesto por calizas, calizas dolomíticas y dolomías, estas últimas fundamentalmente en la base, en la que suelen ser oquerosas (carniolas), de tonos rojizos y grises. La edad es Hetangiense-Pliensbachiense superior.
- Tramo medio, de 15-20 m de potencia, constituido por margas y margocalizas amarillentas con abundante cantidad de fauna. La edad es Toarciense inferior medio.
- Tramo superior, de 15 m de espesor, que está compuesto por calizas bioclásticas gris amarillentas y gris rojizas, estratificadas en capas finas, con nódulos de sílex. Edad: Toarciense superior-Aaleniense.

##### 4.1.2.2 DOGGER

Calizas micríticas y calizas bioclásticas, de tonos grises y rojizos, con frecuentes nódulos interestratificados de sílex, y algunas intercalaciones de calizas arcillosas. La estratificación es irregular, presentándose a veces tableadas.

La serie finaliza con un nivel de 0,2 m de calizas rojizas, con oolitos ferruginosos y abundante fauna de Ammonites.

El espesor total del tramo es de aproximadamente 35 m.

La edad es Bajociense-Calloviense inferior o medio.

### 4.1.2.3 MALM

La existencia de fracturas no permite obtener un corte completo, pero sí varios parciales que dan una idea de sus características. Se trata de una formación compuesta por un tramo inferior (130 m) de calizas tableadas, calizas margosas y margas, y un tramo superior (150 m) de calizas con intercalaciones de margas y areniscas, estas últimas más frecuentes hacia el techo (facies Purbeck).

El tramo inferior es de edad Oxfordiense-Kimmeridgiense inferior; el superior, Kimmeridgiense superior-Portlandiense.

### 4.1.3 Terciario

#### 4.1.3.1 MIOCENO

Litológicamente se distinguen dos tramos: el inferior está constituido por areniscas, arcillas y margas de tonalidades amarillentas y gris claras, con cambios laterales de facies a conglomerados poligénicos, mientras que el superior está constituido por calizas algales marino-lacustres, frecuentemente recristalizadas. Ambos tramos son atribuibles al Mioceno medio y superior.

De edad Mioceno son también los materiales limo-arcillosos que constituyen la base impermeable del acuífero detrítico de la Plana de Castellón-Sagunto.

#### 4.1.4 Plio-Cuaternario

Dentro del dominio de la Hoja, se distinguen claramente dos zonas de diferente distribución de estos materiales: en las proximidades de la costa alcanzan un gran desarrollo y muestran variedad genética muy amplia, mientras que hacia el interior pierden importancia y quedan reducidos a depósitos del tipo pie de monte, coluviales, terrazas aluviales y aluviales recientes, de potencia reducida.

En la zona litoral denominada Plana de Castellón-Sagunto, el Cuaternario corresponde a depósitos de pie de monte, coluviones, mantos de arroyada,

costras calcáreas y depósitos de albufera y playa, litológicamente constituidos por gravas, brechas, arenas, limos, arcillas y conglomerados de matriz limo-arcillosa, localmente cementados por carbonatos. Además de estos depósitos existe un cordón de dunas litorales, de anchura inferior a 300 m, constituido por arenas amarillentas, actualmente inmovilizado por la vegetación.

La potencia de los materiales detríticos de la Plana, tanto de edad cuaternaria como pliocena, ha sido deducida con ayuda de la prospección geofísica y análisis del inventario de puntos acuíferos: varía desde valores cercanos a 0 m en las inmediaciones de los bordes de la Plana, a valores máximos, de unos 150 m, en las proximidades de Benavites y Canet de Berenguer. La potencia media es del orden de 70-100 m.

## 4.2 TECTONICA

El área estudiada se integra dentro del dominio de la Cordillera Ibérica, en su extremo sureste.

Desde el punto de vista tectónico se diferencian netamente dos zonas: a) Plana de Castellón-Sagunto, ocupada por materiales detríticos pliocuaternarios, postorogénicos, que no presentan tipo alguno de deformación tectónica; b) Zona interior, constituida por materiales preorogénicos, de edad triásica y jurásica afectados por procesos tectónicos.

El comportamiento mecánico de los materiales ante los esfuerzos varía sensiblemente desde los más antiguos a los más recientes. La serie detrítica del Buntsandstein se manifiesta en general como un conjunto rígido. Algo similar podría decirse del Muschelkalk, si bien habría que hacer distinción entre los conjuntos dolomíticos inferior y superior, pues este último al encontrarse entre dos niveles arcillo-margosos incompetentes, con frecuencia forma con éstos un mismo conjunto incompetente. El Jurásico se comporta también de forma rígida.

Los mecanismos fundamentales de deformación presentes en el área de estudio son el cizallamiento y la flexión. Las direcciones principales de plegamiento son NO-SE y NE-SO. Estas dos fases principales de plegamiento son posteriores al Jurásico y anteriores al Plioceno, y durante ellas debió configurarse la Cordillera actual; a continuación debió seguir una fase de distensión importante con la aparición de fallas normales.

En general la tectónica es típicamente germánica, caracterizada por una densa red de fallas que individualizan gran número de bloques.

Como síntesis geográfica, las deformaciones descritas anteriormente se pueden agrupar en las siguientes unidades tectónicas, dentro del área ocupada por la Hoja:

- Anticlinorio de Porta Coeli
- Sinclinorio del Medio Palancia
- Anticlinorio de la Sierra del Espadán

El anticlinorio de Porta Coeli corresponde a la alineación triásica que se extiende desde los alrededores de Gátova hasta las proximidades de Monte Picayo, según la directriz ibérica NO-SE. Se trata de una estructura antiforme con núcleo en materiales del Buntsandstein y flancos constituidos por Muschelkalk y localmente por Jurásico. La terminación hacia el mar se resuelve en una zona de fallas escalonadas que dislocan la estructura, aflorando los niveles inferiores del Buntsandstein.

El anticlinorio de la Sierra del Espadán únicamente está representado, dentro de la Hoja, en la región de Vall D'Uxó, correspondiendo a parte de las alineaciones de su flanco meridional. Predominan las estructuras en domos y cubetas muy fracturados, ofreciendo un aspecto aparentemente caótico.

Entre los dos antiformes definidos anteriormente aparece un amplio sector, que hemos denominado sinclinorio del Medio Palancia, dominado por terrenos de edad Muschelkalk, en general con estructura informe, si bien es cierto que en el mismo se pueden definir domos con núcleo en Buntsandstein, muy probablemente por la interferencia de las dos direcciones estructurales antes definidas. En el núcleo de la estructura llega a aflorar el Keuper e incluso el Jurásico, debiendo representar en profundidad un graben estrecho de los materiales antemesozoicos. La estructura está cubierta en parte por terrenos de edad miocena y cuaternaria.

## 5 HIDROGEOLOGIA DE LA HOJA DE SAGUNTO

### 5.1 TERRENOS ACUIFEROS E IMPERMEABLES

De los materiales que afloran en la Hoja, aquellas que presentan permeabilidad alta y, por tanto, pueden constituir acuíferos son los siguientes:

– Areniscas cuarcíticas del tramo medio del Buntsandstein: si bien pueden presentar porosidad intergranular, su mayor permeabilidad se debe a que con frecuencia se encuentran intensamente fisuradas. Este acuífero constituye parte de la unidad hidrogeológica del Buntsandstein del Sistema núm. 56, que se prolonga ampliamente fuera de la Hoja de Sagunto.

– Dolomías y calizas dolomíticas de las barras inferior y superior del Muschelkalk: presentan permeabilidad alta por fracturación, en especial la barra dolomítica inferior. Ambos niveles permeables forman parte de la unidad hidrogeológica Muschelkalk del Sistema 56, representada ampliamente fuera del dominio de la Hoja.

– Materiales carbonatados jurásicos: la permeabilidad de los niveles calizo-dolomíticos del Jurásico es alta, en especial los pertenecientes al Lías inferior y medio, pues además de los procesos cársticos que afectan a estos materiales es de resaltar la intensa fracturación que presentan. Dentro del dominio de la Hoja de Sagunto, constituyen reducidos acuíferos desconectados de la unidad hidrogeológica Jurásico del Sistema.

– Materiales del Mioceno: en la mayor parte de la Hoja su interés hidrogeológico es muy limitado porque sus afloramientos se reducen a rellenos de escasa envergadura y carácter arcilloso. Existente algunos niveles calizos y areniscosos que pudieran presentar alta permeabilidad: en la zona comprendida entre Algimira de Alfara y los Valles, algunos sondeos explotan unas arenas miocenas, que deben estar en comunicación hidráulica con las dolomías del Muschelkalk.

– Depósitos detríticos pliocuaternarios: la permeabilidad de los niveles detríticos gruesos (gravas, conglomerados, arenas, etc.) es elevada por porosidad intergranular, si bien la permeabilidad del conjunto detrítico es variable en función del porcentaje en material fino que contenga. Este acuífero constituye parte de la unidad hidrogeológica Plio-Cuaternario, del Sistema 56, que con el nombre de Plana de Castellón-Sagunto se extiende muy ampliamente fuera del dominio de la Hoja de Sagunto.



Los tramos inferior y superior del Buntsandstein pueden intercalar algún nivel permeable de muy escasa consideración; en su conjunto se comportan como impermeables.

El resto de los materiales aflorantes tienen carácter impermeable.

En resumen, existen en la Hoja de Sagunto tres acuíferos importantes: Buntsandstein medio, Muschelkalk inferior y superior y Plio-Cuaternario, que constituyen parte de las unidades hidrogeológicas del mismo nombre que se extienden por el Sistema 56 fuera de la Hoja de Sagunto. De mucha menor entidad son los acuíferos aislados de materiales jurásicos que aparecen por la zona, así como los pequeños niveles permeables que se intercalan en las formaciones del Mioceno y Buntsandstein.

Los materiales impermeables, que actúan como barreras hidráulicas a la circulación del agua subterránea, son los del Keuper, Muschelkalk medio y superior, Buntsandstein inferior y superior y los materiales margosos de las series jurásica y miocena.

## 5.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS ACUIFEROS

En la Hoja de Sagunto existen, a principios de 1983, un total de 377 puntos acuíferos inventariados en fichas normalizadas del IGME para su tratamiento por ordenador, correspondiente 217 puntos a la Plana y 160 a las unidades del interior, fundamentalmente al Muschelkalk.

Del total inventariado, 22 son manantiales, 155 sondeos y 200 pozos.

La casi totalidad de los pozos se sitúan en la Plana, con una profundidad media comprendida entre 20 y 30 m.

Las profundidades de las perforaciones oscilan, generalmente, entre 50 y 200 m, dependiendo de la topografía del punto de situación y de las características de los acuíferos captados.

El caudal medio de extracción en las obras realizadas en la Plana es de 120 m<sup>3</sup>/h, y de 75 m<sup>3</sup>/h en las ubicadas en las unidades del interior.

Entre los manantiales conocidos, los más importantes en orden a su caudal medio son: Fuente de Quart (250 l/s), Balsas de Almenara (120 l/s), Manantial de la Llosa (100 l/s), Manantial de Soneja (100 l/s) y Grutas de San José (50 l/s).

Dentro de la Hoja de Sagunto hay ubicados 12 piezómetros en la Plana, 11 en la unidad Muschelkalk y 5 en la unidad Buntsandstein. Exis-

ten 8 puntos de la red General de Control de Calidad Química, que corresponden 6 al Muschelkalk y 2 al Pliocuaternario, y 20 puntos de control de cloruros pertenecientes a la red de intrusión. La red foronómica está integrada por un solo punto dentro de la Hoja, el Manantial de Cuart.

### **5.3 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E HIDRAULICAS DE LOS ACUIFEROS**

Como se comentó anteriormente, únicamente existen tres acuíferos de importancia dentro de la Hoja de Sagunto: el acuífero del Buntsandstein, el del Muschelkalk y el del Pliocuaternario.

#### **Acuífero del Buntsandstein**

Está constituido por las areniscas cuarcíticas del Buntsandstein medio, con una potencia media entre 150 y 200 m. Su muro impermeable lo constituyen las arcillitas y areniscas del tramo inferior de esta facies; el techo está definido por el tramo superior de arcillitas y areniscas.

Las características hidráulicas no se conocen suficientemente, pues son escasos los sondeos que captan este acuífero; los caudales específicos de las captaciones oscilan, generalmente, entre 1 l/s/m y 5 l/s/m. En las inmediaciones de Sagunto se han efectuado recientemente sondeos que, situados sobre materiales de la Plana, captan unos niveles intensamente carstificados en la parte inferior de las areniscas del Buntsandstein, obteniéndose caudales específicos muy elevados, del orden de los 10-20 l/s/m, y en uno de ellos 50 l/s/m.

#### **Acuífero del Muschelkalk**

Está compuesto por las dolomías y calizas dolomíticas de los tramos inferior y superior del Muschelkalk, con una potencia media de 100 y 80 m, respectivamente. Aunque ambos niveles permeables se encuentren separados por un tramo arcilloso de unos 60 m de espesor medio, se considera que a la escala de la Hoja constituyen un único acuífero, pues la intensa compartimentación de la zona en bloques favorece la conexión hidráulica entre ambos niveles.

Los materiales del Buntsandstein que aparecen formando pequeños afloramientos a lo largo de una alineación aproximada Gátova-Torres-Torres-Faura, posiblemente provoquen la separación del acuífero del Muschelkalk en dos sectores dentro de la Hoja: el septentrional y el meridional. En el primero podría hacerse una nueva subdivisión en base a los afloramientos del Buntsandstein al SO de Vall D'Uxó. En el sector meridional los retazos de Muschelkalk que aparecen en las montañas de Porta-Coeli constituyen pequeños acuíferos colgados y aislados dentro del conjunto de materiales de Buntsandstein que forman este macizo montañoso.

El muro del acuífero lo definen las arcillitas y areniscas del tramo superior del Buntsandstein, y más directamente las margas y arcillas de la facies Röt. El techo lo constituyen las margas y dolomías margosas del tramo superior del Muschelkalk.

Los caudales específicos de las captaciones oscilan entre valores inferiores a 1 l/s/m y valores próximos a 15 l/s/m, si bien los más frecuentes están comprendidos entre 1 l/s/m y 5 l/s/m.

#### Acuífero Plio-Cuaternario

Está constituido por niveles y lentejones de depósitos detríticos gruesos permeables del tipo gravas, brechas, conglomerados y arenas, que se intercalan y engloban dentro de un conjunto limo-arcilloso. El espesor de este relleno detrítico es variable y oscila entre valores cercanos a 0 m en las proximidades de los bordes de la Plana, y valores máximos, de unos 150 m, en las proximidades de Benavites y Canet de Berenguer. La potencia media es del orden de 70-100 m.

El espesor saturado está comprendido entre 25 y 100 m en la mayor parte de la Plana.

El impermeable de base, que constituye el muro del acuífero, está definido por materiales limosos y arcillosos de edad miocena.

El caudal específico de las numerosas captaciones que existen en este acuífero es muy variable en virtud de la heterogeneidad del relleno detrítico, oscilando entre valores inferiores a 1 l/s/m y superiores a 20 l/s/m; los más frecuentes son entre 1 y 20, siendo el valor medio del orden de 10 l/s/m. Los rendimientos más elevados se encuentran al Este de Benavites y en las inmediaciones de Sagunto.

La transmisividad está comprendida entre  $500 \text{ m}^2/\text{día}$  y  $6.000 \text{ m}^2/\text{día}$ , localizándose los valores más bajos, entre  $500 \text{ m}^2/\text{día}$  y  $1.000 \text{ m}^2/\text{día}$ , en el sector del litoral, y los más elevados, entre  $3.000 \text{ m}^2/\text{día}$  y  $6.000 \text{ m}^2/\text{día}$ , en el sector central correspondiendo a las zonas de mayor espesor saturado.

El coeficiente de almacenamiento oscila entre el 5 por ciento y el 10 por ciento, en función del contenido en material fino.

#### Otros acuíferos

Dentro del dominio de la Hoja de Sagunto, el interés hidrogeológico de los afloramientos jurásicos de la esquina SO y de la zona Soneja-Sot de Ferrer es prácticamente nulo porque al presentarse en elevaciones topográficas "flotando" sobre Keuper carecen de capacidad de embalse. En el resto de la zona los afloramientos del Jurásico generalmente se encuentran limitados tectónicamente por materiales del Muschelkalk, con los que en algunos casos establecen conexión hidráulica lateral.

El acuífero lo constituirían los materiales carbonatados del Lías y Dogger, siendo su muro las arcillas del Keuper. No se conoce ningún punto acuífero situado en estos materiales dentro de la Hoja.

Los terrenos miocénicos tampoco presentan interés hidrogeológico: las escasas captaciones inventariadas son por lo general de muy bajo rendimiento, debido a la abundancia de material limoso-arcilloso. Las calizas pontienses suelen originar pequeños acuíferos colgados que drenan por insignificantes manantiales que permanecen secos gran parte del año.

## **5.4 CARACTERISTICAS PIEZOMETRICAS Y SU EVOLUCION. CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA**

### **ACUIFERO DEL BUNTSANDSTEIN**

El sentido general de circulación del agua subterránea es hacia el SE, según la dirección NO-SE. La cota de la superficie piezométrica experimenta cambios bruscos de unos sectores a otros, como consecuencia de la fracturación de la zona, que provoca la compartimentación del acuífero en bloques desconectados hidráulicamente entre sí, con la consiguiente exis-

tencia de diferentes niveles piezométricos asociados a los mismos. De este modo, la capa se sitúa entre 250 y 360 m.s.n.m. en el macizo de las montañas de Porta-Coeli, a 100-120 m.s.n.m. en la zona central de la Hoja, a unos 250 m.s.n.m. en el sector septentrional, entre 30-50 m.s.n.m. en el sector de los Valles-Vall D'Uxó y a valores próximos o inferiores al nivel del mar en las regiones orientales próximas a la costa. La evolución piezométrica, conocida por el control efectuado desde finales de 1980, es claramente descendente en el sector central (inmediaciones de Torres-Torres) e inmediaciones de los Valles, prácticamente estacionaria en las montañas de Porta-Coeli, y variable en las zonas de Almenara y orientales.

### ACUIFERO DEL MUSCHELKALK

El flujo subterráneo general en este acuífero va dirigido hacia el SE. Al igual que en el caso anterior la compartimentación del acuífero en bloques, como consecuencia de la fracturación, origina la individualización de sectores acuíferos con sus correspondientes niveles piezométricos. De esta manera se observa que en el cuadrante NO de la Hoja la capa se sitúa a 250 m.s.n.m., en la región central a 75-100 m.s.n.m., en la occidental a 175-200 m.s.n.m., en las proximidades de la Plana a 10-40 m.s.n.m. y en las inmediaciones occidentales de Vall D'Uxó a 140-180 m.s.n.m. El régimen de la capa, conocido desde finales del año 1980, es muy variable de unas zonas a otras: en la occidental se presentan oscilaciones anuales del orden de 35 m, en las inmediaciones de Gilet de unos 15 m, en la zona central la evolución es descendente con pequeñas fluctuaciones, mientras que en los sectores orientales y septentrional la oscilación es poco acusada y sin tendencia evolutiva determinada.

### ACUIFERO DEL PLIO-CUATERNARIO

La circulación del agua subterránea sigue un sentido general hacia el E-SE, es decir, desde el interior hacia el mar, excepto en las inmediaciones surorientales de Faura, en donde la intensa extracción de agua subterránea del acuífero provoca una inversión del gradiente hidráulico. La superficie piezométrica desciende desde el sector de los Valles, en el que se sitúa a cota superior a 20 m.s.n.m., hacia el litoral, en donde se localiza próxima al nivel del mar. Al SE de Faura la capa se encuentra deprimida y frecuen-

termente bajo el nivel del mar, habiéndose observado en el mes de septiembre de 1979 el valor mínimo, próximo a 4 m.s.n.m. Asimismo, en el límite meridional de la Hoja aparece el extremo septentrional de una zona deprimida, que se extiende por la vecina Hoja de Burjasot, originada fundamentalmente por los bombeos de la IV Planta Siderúrgica Integral de Sagunto.

El régimen de la capa se conoce desde mediados del año 1972, fecha en que se instaló la red de control piezométrico. Las oscilaciones anuales son máximas en la zona de la Plana próxima a los bordes interiores, registrándose valores medios de 5 a 7 m, y mínimas en la zona próxima a la costa, con valores del orden de los 2 a 3 m. Desde el inicio del control se observa claramente en toda la Plana una tendencia evolutiva de los niveles al descenso, siendo más acusada en la zona interior, con descensos acumulados durante el período 1972-1982 del orden de 10-11 m, que en la litoral, donde se registran valores acumulados de 3 a 4 m. Esta evolución negativa está ocasionada porque el volumen de agua subterránea extraído es superior al de los recursos del acuífero, consumiéndose parte de las reservas del mismo.

## **5.5 QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS. PROBLEMAS DE CONTAMINACION**

De la red general de control de Calidad Química de las aguas subterráneas en la Cuenca Media y Baja del río Júcar, ocho puntos de control se sitúan dentro de la Hoja de Sagunto: seis corresponden al acuífero del Muschelkalk y dos al del Pliocuatnario.

De acuerdo con los datos obtenidos en estos puntos como por análisis químicos efectuados en distintas fechas en otros puntos acuíferos de la Hoja se pueden establecer las siguientes consideraciones:

a) El acuífero del Buntsandstein es el de mejor calidad química del agua subterránea; se trata de aguas de facies sulfatada-cálcica, con bajo residuo seco, inferior a 750 ppm. El contenido en sulfatos es menor de 200 ppm, la concentración de nitratos no supera las 30 ppm, y el contenido en cloruros no excede de 50 ppm.

b) El agua del acuífero de Muschelkalk es de facies sulfatada cálcico-magnésica, con residuo seco comprendido entre 600 y 1.500 ppm. El con-

tenido en sulfatos oscila entre 200 ppm y 800 ppm, superándose las 400 ppm en la mayor parte de la región de Soneja-Sot de Ferrer; la concentración de nitratos es inferior a 50 ppm en la casi totalidad de la zona, excepto en aquellas áreas con regadío; el contenido en cloruros no supera 100 ppm, excepto en las Balsas de Almenara, donde temporalmente se llegan a superar las 1.000 ppm.

c) El acuífero del Pliocuaternario es el que peor calidad química presenta su agua. La facies es sulfatada cálcica, evolucionando hacia otra clorurada sódica en dirección a la costa. El residuo seco supera las 1.000 ppm en la totalidad de la Plana, llegando a alcanzar valores que exceden de 1.500 ppm al Norte de Canet y en las inmediaciones de las Balsas de Almenara, áreas en donde se obtienen los mayores valores de cloruros (del orden de las 400 ppm). La concentración en ión sulfato supera ampliamente las 400 ppm en toda la Plana; los nitratos exceden las 50 ppm en la casi totalidad de la Plana, alcanzándose valores máximos de 150-200 ppm.

En cuanto a la contaminación de las aguas subterráneas, se pueden establecer tres tipos de polución: agrícola, industrial y urbana. La primera se produce por el empleo incontrolado en los cultivos de abonos, pesticidas y herbicidas que, incorporados a los excedentes de riego, se infiltran en los acuíferos provocando aumentos considerables en las concentraciones de nitratos y, posiblemente, sulfatos en las aguas subterráneas. Esta contaminación tiene lugar, por tanto, en aquellas áreas con mayor predominio de zonas cultivadas, que dentro de la Hoja de Sagunto se localizan en la Plana (acuífero Pliocuaternario) y en las inmediaciones del curso bajo del Palancia (acuífero del Muschelkalk).

La contaminación industrial, que estaría producida por los vertidos no controlados de residuos industriales, se encuentra por el momento ausente en los puntos controlados, detectándose únicamente a nivel de traza en esporádicas apariciones, excepto en los puntos números 2006 y 8001, en los que el contenido en plomo supera ligeramente el límite de potabilidad.

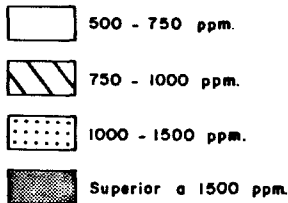
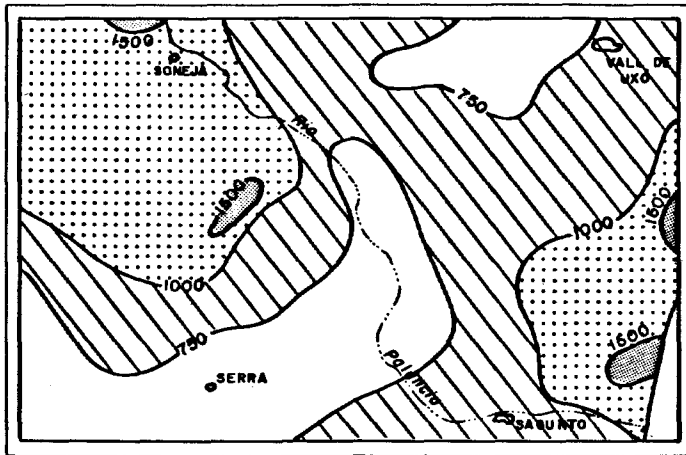
La contaminación urbana, detectada por la presencia de nitritos, amoníaco y materia orgánica, está provocada principalmente por la ubicación de vertederos de residuos urbanos, tanto líquidos como sólidos, en lugares

inapropiados, que facilitan la infiltración de sus lixiviados en los acuíferos.

El contenido elevado en sulfatos que presenta el agua subterránea del acuífero del Muschelkalk en la región de Soneja, es debido más a la litología de los materiales por los que el agua circula que a contaminación propiamente dicha.

Por último hay que indicar la contaminación producida por intrusión salina a causa de extracciones intensivas e incontroladas de agua del acuífero de la Plana, que se manifiesta fundamentalmente por la presencia de cloruros. Este tipo de contaminación no se ha manifestado de forma clara hasta la actualidad, si bien las fuertes explotaciones que tienen lugar al SE de Faura podrían provocar la formación de un domo salino en profundidad.

### TOTAL SOLIDOS DISUELTOS



C.A.E. Orientador de calidad : Hasta 750 ppm.  
Máximo tolerable : 1500 ppm.  
O.M.S. Máximo conveniente : 500 ppm.  
Máximo tolerable : 1500 ppm.

HOJA 668 / 29-26

ESCALA 1: 300.000



## 6 UTILIZACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

### 6.1 UTILIZACION ACTUAL DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Las aguas subterráneas del Sistema 56 (Sierra del Espadán-Plana de Castellón-Sagunto) se utilizan tanto para el regadío de una extensión aproximada de 35.000 ha como para el abastecimiento de numerosos núcleos urbanos e industriales. El volumen neto bombeado del Sistema es de unos 210 hm<sup>3</sup> para el año medio del período 1972-1981, de los que 170 hm<sup>3</sup>/año proceden de la unidad acuífera de la Plana y el resto de las unidades interiores.

La inmensa mayoría de la superficie regada se localiza en la Plana de Castellón-Sagunto, habiéndose observado en esta zona desde el año 1972 a la actualidad un espectacular crecimiento de la superficie regada con agua subterránea, pues de 22.000 ha en 1972 se ha pasado a 32.000 ha en la actualidad.

Dentro de la Hoja de Sagunto existen un total de unas 10.000 ha de regadío, de las que unas 8.500 ha se riegan con aguas subterráneas, procedentes tanto de extracciones en perforaciones como de aprovechamiento de manantiales, y el resto con aguas superficiales del río Palancia. Estas 8.500 ha, en su inmensa mayoría de cítricos, se distribuyen de la siguiente manera: 5.800 ha en la Plana y 2.700 ha en el interior. Para el abastecimiento de estas superficies se han utilizado 60 hm<sup>3</sup>/año, con una dotación media de 7.000 m<sup>3</sup>/ha/año; del acuífero de la Plana proceden 40 hm<sup>3</sup>/año y de los acuíferos interiores, fundamentalmente del Muschelkalk, 20 hm<sup>3</sup>/año.

Para el abastecimiento urbano de los núcleos de población existentes dentro de la Hoja, se extraen 14 hm<sup>3</sup>/año de los acuíferos del interior, en su casi totalidad del Muschelkalk y 2 hm<sup>3</sup>/año del acuífero de la Plana.

Para satisfacer las necesidades industriales, concentradas fundamentalmente en las localidades del Vall D'Uxó y Sagunto se extraen 12 hm<sup>3</sup>/año que proceden exclusivamente de los acuíferos de la zona interior de la Hoja, especialmente del Muschelkalk.

## **6.2 PERSPECTIVAS EN CUANTO A LA UTILIZACION DE LAS AGUAS EN EL FUTURO. RECOMENDACIONES PARA SU CAPTACION**

Dentro de la Hoja de Sagunto el consumo de agua subterránea posiblemente se vea incrementado fundamentalmente por la puesta en regadío de nuevas zonas entre Vall D'Uxó y Almenara, en las inmediaciones de los Valles y en la depresión de Alfara de Algimia, así como en las zonas internas de la Plana de Castellón-Sagunto. El consumo urbano se incrementará en la medida en que aumente la población de los municipios, en especial los de Sagunto y Vall D'Uxó, mientras que del consumo industrial no existen suficientes datos que permitan conocer su evolución, si bien es probable que no experimente acusadas variaciones con respecto a la actualidad.

Para una correcta gestión de los recursos hidráulicos subterráneos de los acuíferos presentes en la Hoja de Sagunto, se recomiendan las siguientes medidas:

— Evitar la explotación intensiva de agua subterránea en zonas concretas, en especial en la Plana, para no favorecer el avance de la intrusión salina. En este sentido conviene mencionar que al SE de Faura las extracciones intensivas provocan una depresión de la superficie piezométrica, con la consiguiente posibilidad de la formación en profundidad de un domo salino. La disminución del caudal bombeado se podría compensar con la utilización en regadío de aguas residuales urbanas tratadas.

— Sustitución paulatina de las captaciones que se realizan actualmente en los niveles superiores de la Plana para abastecimiento humano, por otras más profundas que capten niveles mejor protegidos a la contaminación, debiendo cementarse los tramos permeables que dichas obras atravesasen y tuviesen agua de baja calidad. En todo caso se recomienda que para consumo humano se utilizasen los acuíferos mesozoicos de la Hoja, y el detrítico se emplease únicamente para abastecimiento agrícola e industrial.

— Establecimiento de perímetros de protección de las captaciones para uso humano, dentro de los cuales se impidan las prácticas contaminantes.

– Ubicar los vertederos de residuos, sólidos y líquidos, en los lugares adecuados que impidan la contaminación de los acuíferos.

– Racionalizar el empleo de abonos, en cantidad y calidad, con objeto de minimizar su incidencia en las aguas subterráneas.

– En el acuífero de la Plana, y con objeto de que los pozos no alcancen la zona de difusión agua dulce-agua salada, se recomienda que la cota del fondo de las captaciones no sea inferior a la del techo de la interfases, debiendo adoptar un cierto margen de seguridad.

El Instituto Geológico y Minero de España, a través de una labor de investigación de los acuíferos en toda la región valenciana iniciada en el año 1972 y que se continúa en la actualidad, posee la necesaria información y equipo humano para atender y realizar cuantas consultas y estudios le sean encomendados sobre las aguas subterráneas de la región.

## **BIBLIOGRAFIA**

ASTIER, J.L. (1973). "Zone de Sagunto. Reinterpretation des sondages electriques".

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (1973). "Reconocimiento geofísico por sondeos eléctricos verticales en la zona de Sagunto (Valencia)".

GOY, J.L.; GUTIERREZ, M.; PEDRAZA, J.; VEGAS, R. y ZAZO, C. (1972). Mapa Geológico de España. Hoja núm. 668. Sagunto.

IGME (1976). "Estudio Hidrogeológico para abastecimiento de agua a la ciudad de Sagunto".

IGME (1976). "Informe Hidrogeológico sobre las posibilidades de captación de agua subterránea en el área comprendida entre Faura Cuartell y la Carretera Nacional 340".

IGME (1977). "Definición de las condiciones geométricas y la calidad química del agua en los acuíferos de la zona de Sagunto".

IGME-IRYDA (1977). "Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar". Informe Técnico VII. "Hidrogeología del Sistema núm. 56".

IGME-IRYDA (1977). "Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar". Informe Técnico II. "Estudio Hidrogeológico".

IGME (1978). "Mapa de Orientación al Vertido de Residuos Sólidos Urbanos". Hoja núm. 668. Sagunto.

IGME (1978). "Estudio Hidrogeológico para abastecimiento a Algimia de Alfara (Valencia)".

IGME (1978). "Control de caudales diarios en fuentes, golgas y ríos de la Cuenca Media y Baja del río Júcar. Período 1972-1978".

IGME (1978). "Calidad de las aguas subterráneas en el Sistema 56. Sierra del Espadán-Plana de Castellón".

IGME (1979). "Informe preliminar del sondeo **Hedra**, para abastecimiento a Algimia de Alfara (Valencia)".

IGME (1979). "Informe final del sondeo **Arguinas**, para abastecimiento de agua a Algimia de Alfara".

IGME (1979). "Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento a Torres-Torres".

IGME (1980). "Síntesis Hidrogeológica de la Provincia de Castellón".

IGME (1980). "Informe Hidrogeológico para abastecimiento de área de Soneja".

IGME (1980). "Estudio de demandas de agua subterránea para usos agrícolas y localización de áreas de regadío; provincia de Castellón".

IGME (1980). "Síntesis Hidrogeológica del Sistema núm. 56. Sierra del Espadán y Plana de Castellón". Mejora y actualización del conocimiento geométrico del Sistema.

IGME (1980). "Calidad química del agua subterránea en la provincia de Castellón".

IGME (1980). "Informe preliminar sobre el sondeo Soneja-I".

IGME (1981). "Informe sobre el proyecto de implantación de una explotación de turba en las proximidades del estanque de Almenara".

IGME (1981). "Informe del sondeo para abastecimiento a Torres-Torres".

IGME (1981). "Estudio Hidrogeológico para el análisis de posibilidades de mejora de la regulación actual del río Mijares, con la incorporación al esquema hidráulico de la cuenca de los embalses subterráneos existentes en su tramo alto".

IGME (1981). "Análisis detallado del estado actual de los acuíferos costeros del litoral levantino. Posibilidades para la optimización de su gestión".

IGME (1981). "Control de caudales diarios en fuentes, golas y ríos de la Cuenca Media y Baja del río Júcar. Período octubre de 1977 a septiembre de 1981".

IGME (1981). "Problemática de las aguas subterráneas en la provincia de Castellón". Libro Blanco.

IGME (1981). "Evolución piezométrica de los acuíferos de la Cuenca del Bajo y Medio Júcar, hasta 1980-1981".

IGME (1981). "Segundo informe sobre la calidad de las aguas subterráneas en las Cuencas Media y Baja del río Júcar. Período 1978-1980".

IGME (1982). "Informe sobre los bombeos de ensayo realizados en el sondeo para abastecimiento a Torres-Torres".

IGME (1982). "Estudio Hidrogeológico para abastecimiento a Benavites (Valencia)".

IGME (1982). "Estudio para la Gestión Integral de los Recursos Hidráulicos de la Plana de Castellón y Plan de acción para el control de la intrusión salina".

IGME (1982). "Modelo Conceptual de la Plana de Castellón-Sagunto".

IGME, MINISTERIOS DE INDUSTRIA, OBRAS PUBLICAS, AGRICULTURA, SANIDAD, ADMINISTRACION TERRITORIAL Y SECRETARIA DE ESTADO DE TURISMO (1982). "Contribución al Plan Hidrológico Nacional del IGME. Cuenca del Júcar".

INE (1982). "Poblaciones de derecho y de hecho de los municipios españoles. Censo de población 1981".

TECNHYDROS (1972). "Prospección Geofísica de la zona Puzol-Sagunto y Plana de Castellón".