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

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

IGME

62648

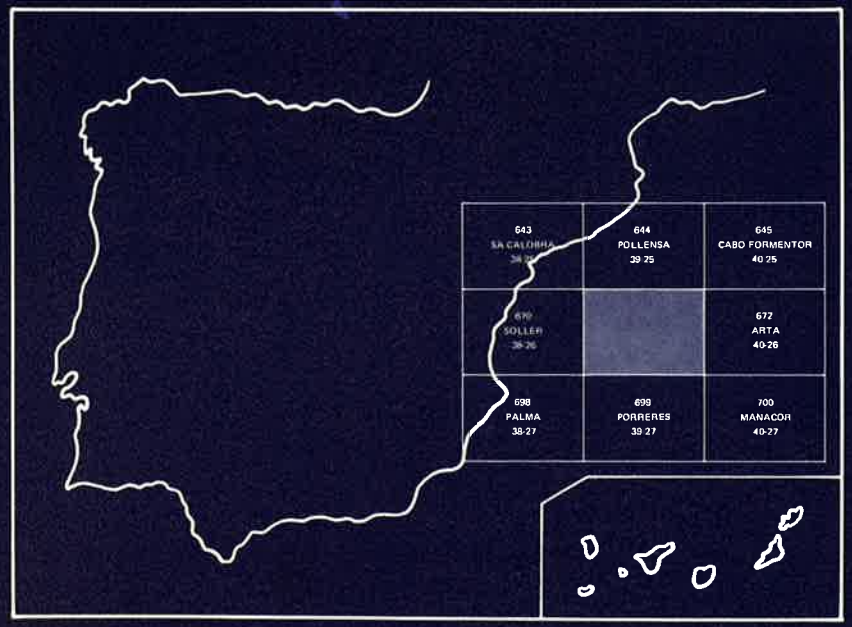
671
39-26

MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

INCA

Primera Serie- Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

INCA

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-1808-1985

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

INDICE

páginas

1. INTRODUCCION 1

2. ANTECEDENTES 2

3. MARCO LEGAL. ISLA DE MALLORCA 3

3.1. ZONAS LEGALES Y SUS LIMITACIONES 3

4. GENERALIDADES DE LA ISLA DE MALLORCA 5

4.1. CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS 5
4.2. MARCO SOCIOECONOMICO 6
4.3. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA 7
4.4. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS GENERALES 7
4.5. RECURSOS TOTALES UTILIZABLES 8
4.6. CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS 10

5. GEOLOGIA 10

5.1. HISTORIA GEOLOGICA 10
5.2. ESTRATIGRAFIA 11

5.2.1. Mesozoico 11
5.2.1.1. TRIASICO 11
5.2.1.1.1. Keuper 11

5.2.1.2. JURASICO 12
5.2.1.2.1. Infralías-Lías medio 12
5.2.1.2.2. Lías 12
5.2.1.2.3. Jurásico medio-Cretácico 13

5.2.2. Cenozoico 13
5.2.2.1. TERCIARIO 13
5.2.2.1.1. Eoceno superior-Oligoceno medio 13
5.2.2.1.2. Oligoceno superior-Aquitaniense 14
5.2.2.1.3. Oligoceno superior-Mioceno inferior 14
5.2.2.1.4. Mioceno inferior-medio—Burdigaliense-Langhiense 14
5.2.2.1.5. Mioceno superior—Tortoniense-Messiniense 15
5.2.2.1.6. Mioceno terminal-Messiniense . . 15
5.2.2.1.7. Plioceno inferior 15
5.2.2.1.8. Plioceno medio-superior 16
5.2.2.1.9. Plioceno medio-superior 16
5.2.2.2. CUATERNARIO 16

5.3. TECTONICA 17

6. HIDROGEOLOGIA DE LA HOJA DE INCA 18

6.1. DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS 18

6.1.1. Sistema Acuífero 76. Sierra Norte 19
6.1.1.1. UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE LA ESTREMERA 19
6.1.1.2. UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE LA ZONA DE ALARO 20
6.1.1.3. UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE ALMADRABA-TOMIR 21
6.1.1.4. UNIDAD HIDROGEOLOGIA DE LAS UFANES DE GABELLI 22
6.1.1.5. UNIDAD HIDROGEOLOGIA DE CRESTAICH 23

6.1.2. Sistema Acuífero 77. Depresión Central 24
6.1.2.1. SUBSISTEMA ACUIFERO 77B. LLANO DE INCA-LA PUEBLA 24
6.1.2.2. SUBSISTEMA ACUIFERO 77C. LA MARINETA 26

6.2. INVENTARIO DE PUNTOS ACUIFEROS 27
6.3. EVOLUCION PIEZOMETRICA 29
6.4. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA 31

7. UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA 32

BIBLIOGRAFIA 35

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 actualizando 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 autosuficiente, no obstante, se acompaña una breve memoria explicativa que completa la información gráfica. Con objeto de facilitar la labor de todo aquel que se interese en una información más detallada sobre la zona cubierta por la Hoja, se incluye una lista de referencias bibliográficas, que comprende no sólo 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 ANTECEDENTES

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) inició en 1968, dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS), el estudio de los recursos subterráneos de los sistemas acuíferos de la Cuenca de Mallorca, Menorca e Ibiza. La Ley 58/1969 de 30 de junio, sobre régimen jurídico de los alumbramientos de aguas subterráneas en la isla de Mallorca, prohibió durante un plazo de cuatro años la ejecución de nuevos alumbramientos o ampliación de los existentes que no fueran los necesarios para elaborar el Estudio Regional de los Recursos Hidráulicos Totales de Baleares, que se encomendaba, con carácter urgente, al Comité de Coordinación de los Ministerios de Agricultura, Industria y Obras Públicas. Dicha ley establece, en su artículo sexto, que una vez finalizado el citado estudio, el Gobierno aprobaría por Decreto las normas que habrían de regir para los futuros alumbramientos con vistas a garantizar el aprovechamiento óptimo de los recursos subterráneos, dando para ello un plazo de cuatro años.

A la vista de los resultados obtenidos en el progreso de los estudios, por Decreto 632/1972 de 23 de mayo, se extendió la aplicación de la ley a la isla de Ibiza y se suavizaron las prohibiciones previstas en las

mismas para la isla de Mallorca, al mismo tiempo que se dictaban normas que regulasen las nuevas extracciones. Por Decreto 1072/1973 de 18 de mayo, se prorrogó el plazo para dictar las normas previstas en la Ley, siendo de aplicación durante este período el Decreto 632/1972 de 23 de marzo.

Finalizado el Estudio Regional de los Recursos Hidráulicos Totales de Baleares, se establecieron las normas definitivas previstas en la ley por Decreto 3382/1973 de 21 de diciembre, publicado en el BOE núm. 15 de fecha 17 de enero de 1974. Estas normas, actualmente vigentes, se dictaron contemplando las experiencias y estudios realizados hasta la fecha de promulgación del Decreto.

A partir de 1974 el IGME inicia una nueva fase de investigación hidrogeológica a través del Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos (PNGCA), armonizada con la misión asignada a éste en el Decreto 3382/1973 de 21 de diciembre indispensable para mantener actualizados los balances de acuíferos y seguir periódicamente la evolución de los niveles piezométricos y de la calidad del agua subterránea.

Dada la singularidad del Decreto 3382/1973, actualmente en vigor en todo el ámbito balear, y en base a los estudios que se llevan realizados, se dispone de abundante información sobre los acuíferos de los diferentes sistemas de las islas de Mallorca, Menorca e Ibiza.

3 MARCO LEGAL. ISLA DE MALLORCA

En el capítulo precedente se ha expuesto someramente los sucesivos estadios hasta la promulgación del Decreto 3382/1973 de 21 de diciembre. En el presente se define el marco en el que dicho Decreto se desenvuelve.

3.1 ZONAS LEGALES Y SUS LIMITACIONES

El Decreto 3382/1973, en su artículo segundo, y con objeto de fijar distintas normas técnicas según las características hidrogeológicas de las cuencas divide las islas Baleares en nueve zonas legales.

En su artículo cuarto, el citado Decreto dice que para la ejecución de nuevos alumbramientos diferentes a los pozos ordinarios a que se refiere el artículo veinte de la Ley de Aguas, así como ampliación de los existentes, serán precisas, además de los requisitos que establece la legisla-

ción vigente, autorizaciones que deberán ajustarse en cada una de las nueve zonas descritas en el artículo segundo a las siguientes normas específicas en cuanto a caudal máximo instantáneo, uso, distancia entre captaciones y profundidad de la bomba o del pozo, aparte de las normas generales:

a) Caudal máximo instantáneo, uso y distancia mínima entre captaciones:

1 l/s para uso doméstico
100 m de distancia — Permitido en todas las zonas

5 l/s para cualquier uso
300 m de distancia — Permitido en las zonas 3, 4, 5 y 6

10 l/s para cualquier uso
100 m de distancia — Permitido en la zona 9

Mayor de 10 l/s para cualquier uso
300 m de distancia

b) Profundidad máxima de la bomba:

Cota: –1 m (s.n.m.) para todas las zonas

c) Profundidad máxima del pozo o sondeo:

Cota: –10 m (s.n.m.) en zonas 1, 6, 7 y 8
Cota: –30 m (s.n.m.) en zonas 2 y 4

Para establecer los límites de autorización de extracciones anuales adicionales a las existentes, se tendrá en cuenta las disponibilidades estimadas en el Estudio Regional de Recursos Hidráulicos Totales de Baleares y la evolución de los niveles piezométricos y de calidad de agua.

4 GENERALIDADES DE LA ISLA DE MALLORCA

En este capítulo se analiza, a grandes rasgos, el marco hidrogeológico regional de la isla de Mallorca, imprescindible para un mejor conocimiento de la Hoja de Inca.

En el Mapa Nacional de Síntesis de Sistemas Acuíferos, definido por el IGME en 1971, la isla de Mallorca está dividida en tres sistemas acuíferos, 76, 77 y 78. El 76 y 78 corresponden a los sistemas montañosos de la Sierra Norte y Sierra de Levante, constituidos en casi su totalidad por materiales calizos y dolomíticos secundarios, independizados por materiales cuaternarios, miocenos, oligocenos y cretácicos, que dan lugar a gran número de acuíferos, desconectados entre sí.

El sistema acuífero 77 comprende la parte central de la Isla, en un 85 por ciento sus afloramientos son permeables, constituidos por calcarenitas y calizas miocenas y materiales cuaternarios.

Dadas las notables diferencias en cuanto a demandas y usos del agua se refiere, el sistema acuífero 77 se ha dividido en cuatro zonas acuíferas, o subsistemas, 77-A Llano de Palma, 77-B Llano de Inca-La Puebla, 77-C La Marineta y 77-D Depresión de Lluchmayor-Campos.

4.1 CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS

El Archipiélago Balear está situado al Oeste del Mediterráneo Occidental. Constituye las partes emergidas del promontorio balear, que como una prolongación de las Cordilleras Béticas se interna en el Mediterráneo.

Mallorca, con una extensión de 3.640 km^2 es la mayor de este archipiélago, alcanzando su costa una longitud de 554 km.

Morfológicamente la Isla está dividida en tres unidades bien diferenciadas, Sierra Norte, depresión Central y Sierra de Levante.

La Sierra Norte ocupa casi un 25 por ciento de la superficie total y corresponde a una Sierra muy abrupta, con alturas superiores a los 1.000 m (Puig Major 1.443 m), que se extiende a lo largo de 90 km con dirección Suroeste-Noreste en el dominio occidental de la Isla.

La Depresión Central, con un 60 por ciento de superficie, ocupa la mayor parte de la Isla. Es llana y sus elevaciones son de unos 100 m, exceptuando los macizos de Randa (540 m) y Puig de Bonany (317 m), que separan una serie de depresiones dentro de ella.

La Sierra de Levante, ubicada en el dominio oriental de la Isla,

ofrece una topografía relativamente suave en la que las alturas máximas son del orden de los 500 m.

La Hoja de Inca se ubica en el sector noroccidental de la Isla. Comprende parte del dominio central de la Sierra Norte, en su mitad noroccidental, el Llano de Inca-La Puebla y el borde más occidental de La Marineta en su mitad suroriental.

4.2 MARCO SOCIOECONOMICO

La Depresión Central, con un 60 por ciento de la superficie de Mallorca, es la zona en que mayor concentración urbana y turísitca se asienta. La capital de la provincia, Palma, con 304.422 hab de hecho (censo de población a 1 de mayo de 1981), representa el 54 por ciento del total censado en la Isla, y núcleos urbanos tan importantes como Inca, con 20.721 hab, La Puebla con 10.016 hab, Lluchmayor con 14.733 hab y Campos, con 6.478 hab de hecho, se localizan en esta depresión.

– *Sector Primario.* La agricultura mallorquina es variable en cultivos así como en su aprovechamiento. Los cultivos de secano suponen unas 200.000 ha mientras que los regadíos representan unas 19.500 ha, de las que unas 3.500 ha son dedicadas al cultivo de patatas, 7.500 ha al de forrajeras y 3.000 ha al de leguminosas y el resto a frutales diversos.

Los regadíos de La Puebla y términos colindantes, con 4.523 ha de superficie regable, representan el 23 por ciento del total censado en la Isla. Existe el proyecto de ampliación de 1.600 ha de regadío en la zona de La Marineta-Llubí-Muro. (Fuente: IRYDA).

– *Sector Secundario.* Este sector contribuye con un 20 por ciento a la formación del producto interior bruto provincial. Destacan los subsectores de Edificaciones y Obras Públicas, y el de Cuero, Calzado y Confección.

– *Sector Terciario.* Este sector representa el 72 por ciento del producto interior bruto provincial. En 1980 se registró en Mallorca un total de 3.631.957 pasajeros entrados por vía aérea y 489.919 por vía marítima (Fuente: SAC y Memoria Anual Puerto de Palma), que representa un aumento de un 50 por ciento sobre el total registrado en 1975.

4.3 CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA

El clima de Mallorca es mediterráneo, templado, con temperaturas medias anuales próximas a los 17º C.

Estas temperaturas varían sensiblemente de las zonas más altas de la Sierra Norte, donde nieva en invierno, a las zonas más cálidas en los alrededores de Palma. En verano la temperatura media se aproxima a los 25º C, mientras que en invierno no suele bajar de los 10º C. La precipitación media anual se acerca a los 600 mm, siendo la Sierra Norte la que mayor parte recoge debido al efecto de pantalla que esta sierra hace, frente a las precipitaciones que se acercan por el Oeste.

En esta Hoja, la precipitación media en el Llano de Inca-La Puebla, período 1950-1982, fue de 638,7 mm, registrándose en el último año (1982) una pluviometría de 517,0 mm en la estación de Inca (B-678). En la Sierra Norte la pluviometría media registrada en este período supera los 1.300 mm.

No existe en la Isla prácticamente ningún curso permanente de agua debido a que las aportaciones superficiales corresponden a zonas montañosas con altas pluviometrías, y a la elevada permeabilidad superficial de la mayor parte de la Isla. Los torrentes sólo reciben aportaciones importantes cuando las precipitaciones son de una gran intensidad horaria.

La Hoja de Inca está atravesada por dos torrentes, el de San Miguel y el de Aumedrá. Este último recibe diferentes nombres a lo largo de su curso.

La superficie de la cuenca del torrente San Miguel es de 180 km^2 y la del torrente Aumedrá de 510 km^2.

La aportación media del torrente San Miguel al Llano de La Puebla (E-11-04 Campanet) fue de 23,31 hm^3/año en el período 1968-1980. La aportación media de este torrente en La Puebla (E-11-17) fue durante el período 1976-1980, de 59,93 hm^3/año.

El torrente Aumedrá en Alaró (E-11-06) tiene una aportación media en el período 1966-1980 de 3,62 hm^3/año.

4.4 CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS GENERALES

Como ya se definió en epígrafes precedentes, la isla de Mallorca presenta tres accidentes morfológicos relevantes con marcadas diferencias hidrogeológicas entre sí, la Sierra Norte, la Sierra de Levante, y la Depresión Central.

Los materiales calizo-dolomíticos jurásicos de la Sierra Norte y Sierra de Levante, constituyen un gran número de acuíferos, de extensión reducida y desconectados entre sí, que ofrecen similares características. Estos acuíferos se estudian como unidades aisladas y se estima, para cada uno de ellos, sus balances hídricos.

La Sierra Norte y Sierra de Levante están separadas por una depresión, Depresión Central, que independiza ambos sistemas montañosos. Los materiales que la conforman son, fundamentalmente miocenos y cuaternarios, constituidos por calcarenitas, calizas, dunas y depósitos aluviales.

Esta Depresión integra en ella varias depresiones separadas entre sí por suaves y ondulados relieves que constituyen las denominadas Sierras Centrales. Dos de estas depresiones, el Llano de Inca-La Puebla y La Marineta, configuran la mitad Sur-oriental de la Hoja. El Llano de Inca-La Puebla está formado, en líneas generales por dos acuíferos uno superior, con una gran extensión superficial, constituido por calcarenitas pliocenas y depósitos aluviales holocenos y otro, inferior, formado por calizas arrecifales miocenas de extensión superficial más restringida y localizado en un afloramiento en el dominio suroriental de la Hoja. Ambos acuíferos, conectados al sector oriental, rellenan una cubeta de subsidencia de forma alargada y eje perpendicular al mar. En el dominio central de esta cuenca el acuífero superior e inferior se encuentran independizados por un nivel de margas grises de espesor variable, del Plioceno Inferior.

El subsistema acuífero de La Marineta está constituido, en esta Hoja, por calizas arrecifales del Mioceno Terminal.

4.5 RECURSOS TOTALES UTILIZABLES

En la isla de Mallorca, al igual que ocurre a escala peninsular, los recursos hidráulicos están irregularmente distribuidos, encontrándose las zonas excedentarias alejadas de las zonas de mayor demanda para consumo humano. Es pues, necesario conocer el grado de explotación de cada uno de los tres sistemas acuíferos para poder programar una adecuada planificación hidráulica integral de la Isla.

La existencia de un gran número de acuíferos independientes entre sí en las Sierras Norte y Levante, y de acuíferos miocenos y cuaternarios igualmente desconectados dentro de la Depresión Central, obliga a un análisis aislado de cada uno de ellos para su posterior integración en la planificación insular.

Los recursos totales utilizables de la isla de Mallorca se estiman entre 230-250 hm^3/año, de los que 220-240 hm^3/año son recursos subterráneos.

En el sistema acuífero 76, Sierra Norte, del conjunto de recursos totales utilizables, 46 hm^3/año *, 11 hm^3/año corresponden a regulación superficial y el resto, 35 hm^3/año, son recursos subterráneos con un grado de explotación estimado actualmente en un 90 por ciento. Los 42 hm^3/año de utilización actual son explotados fundamentalmente para abastecimiento.

En el sistema acuífero 77, Depresión Central, dividido en cuatro subsistemas en función de sus diferentes demandas, los recursos totales utilizables coinciden con los subterráneos utilizables, variando en cada uno de ellos únicamente el grado de explotación.

En el subsistema 77A, Llano de Palma, los recursos subterráneos utilizables son del orden de 65 a 75 hm^3/año con un grado de explotación próximo al 100 por ciento. Un 65 por ciento de este volumen se utiliza para regadío, el resto para abastecimiento de la ciudad de Palma.

En el subsistema 77B, Llano de Inca-La Puebla, los recursos subterráneos utilizables son del orden de 60-65 hm^3/año con un grado de explotación estimado actualmente en un 85 a 90 por ciento. La utilización de este agua es, fundamentalmente, para regadío.

En el subsistema 77C, La Marineta, los recursos subterráneos utilizables se estiman en 6-8 hm^3/año, de los que actualmente se encuentran en explotación 4 hm^3/año, para uso agrícola.

En el subsistema 77D, Depresión de Lluchmayor-Campos, los recursos totales utilizables se estiman en 25-30 hm^3/año, aunque se bombea un volumen superior, lo que produce una sobreexplotación del acuífero en la Depresión de Campos con salinización del mismo en esta zona. Este volumen es utilizado fundamentalmente para regadío.

En el sistema acuífero 78, Sierra de Levante, los recursos totales utilizables coinciden con los subterráneos utilizables y se estima en 28-32 hm^3/año, con un grado de utilización de un 90-92 por ciento, utilizados para regadío y abastecimiento.

---

* *En año medio.*

4.6. CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

En general, la mejor calidad química del agua subterránea de la Isla corresponde a los acuíferos de la Sierra Norte. Los acuíferos costeros sobreexplotados en este sistema, Vall-Verd y Alcudia, se encuentran sometidos a un proceso de intrusión de agua de mar.

En los acuíferos miocenos y cuaternarios de la Depresión Central, la calidad del agua se ve en ocasiones alterada por procesos de intrusión de agua de mar, acuífero inferior del Llano de Palma, Depresión de Campos y La Marineta, o bien por vertidos de aguas residuales urbanas, como ocurre en el Llano de Inca-La Puebla.

En el sistema de la Sierra de Levante, se encuentran elevados contenidos en ión cloruro en el litoral calcarenítico de la Sierra. En el resto del sistema, la calidad del agua es buena, salvo en ocasiones en que puntualmente está deteriorada por vertidos de aguas residuales urbanas.

5 GEOLOGIA

5.1 HISTORIA GEOLOGICA

Geológicamente la isla de Mallorca puede considerarse perteneciente al surco externo bético, situándose en el dominio meridional de éste, en el centro del Mediterráneo occidental.

La evolución de los diferentes episodios de subsidencia y emersión que desde el Triásico, y paralelamente a los del geosinclinal bético, afecta al área balear, culmina con una fase orogénica post-burdigaliense que determina y configura las actuales estructuras de la isla de Mallorca.

Durante el Lías Medio y hasta el Cretácico Inferior se produce la primera subsidencia, para iniciarse en el Cretácico Superior un levantamiento generalizado del promontorio balear.

El Eoceno se inicia con una importante etapa compresiva, semejante a la del resto del dominio alpino mediterráneo, que propicia la emersión de dicha área balear. Durante el Eoceno Medio y Superior las transgresiones marinas, condicionan a este área con frecuentes episodios lagunares que alcanzan su cénit durante el Oligoceno.

El Mioceno se inicia con un predominio de depósitos continentales, hasta que durante el Burdigaliense se produce una nueva transgresión marina que afecta a la mayor parte de Mallorca.

Después de esta transgresión burdigaliense el área balear se ve afectada por una fase orogénica importante que condiciona, como ya se ha mencionado las estructuras de la isla de Mallorca.

El Mioceno Terminal, claramente postorogénico, se caracteriza por la instauración de depósitos de ambiente de plataforma sobre la que se desarrollan potentes formaciones arrecifales.

Sobre estas formaciones arrecifales se inicia en el Plioceno una nueva transgresión combinada con una subsidencia, que culmina con unos depósitos dunares en su etapa regresiva.

El Cuaternario se caracteriza por la instauración de un régimen fluvial importante y la presencia de una serie de formaciones costeras (dunas) atribuibles a las últimas glaciaciones.

5.2 ESTRATIGRAFIA

5.2.1 Mesozoico

Estos depósitos ocupan la mayor parte de la mitad noroccidental de la Hoja, y dos afloramientos en su sector central y suroriental.

Los afloramientos de materiales del Buntsandstein, en su facies típica, constituyen el sustrato de la isla de Mallorca, localizándose únicamente en los sectores más occidentales de la Sierra Norte.

5.2.1.1 TRIASICO

5.2.1.1.1 Keuper

Esta facies está representada por lutitas, areniscas, yesos y rocas volcánicas. Se intercalan hacia el techo de esta serie algunos niveles carniolíticos.

Aparece en escasos afloramientos, o falta con frecuencia debido a procesos de laminación tectónica, cabalgamientos, muy acusados en todo el ámbito de la Sierra Norte.

Se le considera como un conjunto impermeable.

5.2.1.2 JURASICO

5.2.1.2.1 Infralías-Lías Medio

El tránsito del Keuper al Infralías es gradual, aumentado paulatinamente las intercalaciones de niveles carniolíticos a techo del Keuper (Rethiense), mientras que en su base la serie de dolomías tableadas y carniolas alternan con ocasionales niveles arcillosos. La potencia de este tramo se puede estimar en unos 150 m, aunque posiblemente se encuentre laminado por los procesos tectónicos que condicionan estructuralmente la Sierra Norte.

Sobre la serie de carniolas y dolomías tableadas del Infralías, se inicia el Lías con un nivel de brechas y una serie de dolomías tableadas a las que siguen unas calizas cristalinas de tonos grises. A techo de esta serie y ya en el Lías Medio, aparecen unas pasadas muy características de calizas con granos de cuarzo lechoso, para finalizar con unas calizas arenosas con esporádicas pasadas oolíticas. La potencia de esta serie se estima del orden de los 250-300 m, dando para todo el conjunto Infralías-Lías Medio una potencia estimada de 400-450 m.

En esta serie carbonatada se observan frecuentes procesos de fracturación, abundando las brechas dolomíticas y fenómenos cársticos bastante desarrollados.

Este conjunto condiciona hidrogeológicamente la mayor parte de la mitad noroccidental de la Hoja de Inca.

La permeabilidad de estos materiales es alta, observándose variaciones importantes en su conjunto, debido a los ya mencionados procesos de fracturación y carstificación.

Constituye una serie de unidades hidrogeológicas, independizadas entre sí, que ofrecen gran interés como acuíferos y cuya denominación es la siguiente, La Estremera, Zona de Alaró, Ufanes de Gabellí y Crestaich.

5.2.1.2.2 Lías

Estos depósitos, constituidos por brechas, conglomerados y olistolitos, configuran parte del dominio septentrional de la Hoja. Lo conforman, esencialmente, calizas y dolomías liásicas de alta permeabilidad, y algunos afloramientos conglomeráticos y margosos del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior (Aquitaniense), prácticamente impermeables.

Este conjunto ofrece una permeabilidad media y variable. Su potencia es difícil de estimar debido a los importantes procesos tectónicos, deslizamientos gravitacionales y cabalgamientos, que le afectan.

Constituyen estos depósitos una unidad hidrogeológica importante, unidad de Almadraba-Tomir, drenada por la fuente de la Almadraba, ubicada fuera de los límites de esta Hoja, y actualmente sin regular.

5.2.1.2.3 Jurásico Medio-Cretácico

Hidrogeológicamente se va a considerar como un único conjunto a la serie que se inicia con un tránsito gradual de los niveles calizo-dolomíticos del Lías Inferior a niveles más margosos.

Estratigráficamente comprende desde el Lías Medio (Dogger) al Cretácico Superior y lo constituye una serie de niveles margo-calizos, calizas nodulosas (falsas brechas) y calizas con sílex.

El Cretácico presenta, generalmente, facies más margosas y se caracteriza por la ausencia, en estos niveles, de nódulos de sílex. Este conjunto margoso es fácilmente identificable por su gran abundancia en macrofauna (Ammonites) y microfauna (Radiolarios, Globotruncanas).

La potencia total de este conjunto es muy difícil de estimar pero puede alcanzar varios centenares de metros.

Se considera como un conjunto impermeable.

5.2.2 Cenozoico

Estos afloramientos, Terciario y Cuaternario, aparecen representados en la mitad suroriental de la Hoja y condicionan el comportamiento hidrogeológico de la misma.

5.2.2.1 TERCIARIO

5.2.2.1.1 Eoceno Superior-Oligoceno Medio

Transgresivamente sobre sedimentos cretácicos y en pequeños afloramientos diseminados en el dominio occidental y suroriental de la Hoja, afloran unas calizas duras de tonos cremas, con frecuentes secciones algales, e intercalaciones de lignitos. Estas formaciones lacustres de lignitos

son explotadas actualmente en la zona de Alaró. A techo de este paquete, y ya en el Oligoceno, afloran unas areniscas calcáreas con intercalaciones margosas y niveles de pudingas.

La potencia de este conjunto es escasa, no superando nunca los 100 m.

Se considera como un conjunto impermeable.

5.2.2.1.2 Oligoceno Superior-Aquitaniense

Igualmente transgresivo sobre formaciones más antiguas, normalmente cretácicas y oligocenas, afloran unos conglomerados calcáreos compactos, de cantos de caliza muy elaborados, alternando con calizas, en ocasiones arenosas, con Miliolidos y Nummulites, limos y arcillas. Aparecen representados en el cuadrante Sur-occidental de la Hoja, donde alcanzan potencias superiores a los 200 m.

La permeabilidad es esta formación puede considerarse como baja.

5.2.2.1.3 Oligoceno Superior-Mioceno Inferior

En el dominio más noroccidental de la Hoja aflora una unidad caracterizada por diferentes litofacies de carácter delapsional, brechas y olistocitos. Consisten en bloques de grandes dimensiones de materiales Triásicos (Keuper) y Jurásicos (Lías y Dogger), distribuidos caóticamente. Esta unidad se encontraría intercalada de forma discontinua en el tramo superior de la unidad Turbidítica, según las "nuevas" teorías sobre tectónica gravitacional, en este sector de la Sierra Norte.

La permeabilidad de este conjunto se considera como media y variable, en función de la distribución caótica de sus materiales.

5.2.2.1.4 Mioceno Inferior-Medio.
Burdigaliense-Langhiense

Aparece diseminado en pequeños afloramientos al Norte y Sureste de la Hoja. Generalmente se presenta como cobertera de la serie tectónica inferior o serie I de Fallot, según las teorías clásicas compresivas, y su carácter es siempre transgresivo.

La forman fundamentalmente unos conglomerados de cantos calizos, calizas y areniscas en la base, y a techo una serie margosa con ocasionales intercalaciones de niveles areniscosos y limosos. Su potencia se estima superior a los 200 m.

Se considera a todo el conjunto como impermeable, aunque en sus niveles basales la permeabilidad es de media a baja.

5.2.2.1.5 Mioceno Superior.
Tortoniense-Messiniense

Aparece representado en un amplio afloramiento en el cuadrante suroriental de la Hoja y en pequeños retazos en el borde meridional de la Sierra Norte en su cuadrante suroccidental.

Está constituido por margas grises con yesos y niveles conglomeráticos en su base. Esta serie margosa cambia lateralmente a formaciones lacustres de calizas y margas.

Su potencia puede llegar a superar los 400 m en el centro de la cubeta de subsidencia del Llano de Inca-La Puebla.

Este conjunto se considera como impermeable.

5.2.2.1.6 Mioceno Terminal.
Messiniense

Aparece representado en el cuadrante suroriental de la Hoja y lo conforman potentes formaciones arrecifales que se desarrollan sobre el Mioceno Superior.

Está constituido por calizas arrecifales, calizas grises neomórficas "tipo Pont d'Inca", que hacia el centro de la cubeta evolucionan hacia niveles margosos. Su potencia varía de 0 a 200 m.

Se le considera como de permeabilidad normalmente alta y variable. Constituye el acuífero inferior del denominado subsistema del Llano Inca-La Puebla y de La Marineta.

5.2.2.1.7 Plioceno Inferior

Está formado por margas grises con "ammussium" con potencias que varían de 0 a 250 m. Aparece representado únicamente en unos pequeños afloramientos entre Llubí y Muro.

Se le considera como impermeable.

5.2.2.1.8 Plioceno Medio-Superior

Lo constituyen unas calcarenitas bioclásticas de grano grueso, denominadas localmente "marés", muy porosas y de alta permeabilidad.

Se localiza en el dominio meridional de la Hoja y se le considera como un acuífero libre de gran interés, siendo la base de las explotaciones que se realizan en el Llano de La Puebla.

Su potencia máxima es de 100 m, encontrándose frecuentemente afectado por procesos de erosión.

Hacia los bordes de la cubeta del Llano de La Puebla, zona de Llubí-Muro, este acuífero se encuentra conectado hidráulicamente con el acuífero calizo del Mioceno Terminal infrayacente.

5.2.2.1.9 Plioceno Medio-Superior

Entre las localidades de Campanet, Búger, y Moscari, y sobre los depósitos liásicos y oligocenos del borde meridional de la Sierra Norte, afloran unos conglomerados poligénicos con suaves buzamientos deposicionales al Noroeste.

Se le considera como de permeabilidad baja.

5.2.2.2 CUATERNARIO

Estos depósitos aparecen ampliamente representados en la mitad Suroriental de la Hoja, en la que se han diferenciado cartográficamente tres unidades.

La primera se desarrolla a lo largo del borde meridional de la Sierra Norte, entre la línea de costa y el borde suroccidental de la Hoja, y queda limitada, en su sector oriental, por las denominadas Sierras Centrales. Está formada por depósitos aluviales, de potencia variable, y constituida por limos rojos, arcillas y cantos de caliza, con una distribución caótica. La permeabilidad de estos depósitos varía sensiblemente de una zona a otra, pero se va a considerar a todo el conjunto como de permeabilidad media.

La segunda, ubicada en el dominio nororiental de la Hoja, constituye una Albufera, a través de la cual descarga al mar el sistema acuífero del Llano de La Puebla. En ella se desarrollan fundamentalmente, limos, con abundante materia orgánica.

Y la tercera aflora en la franja costera de la Bahía de Alcudia. La constituyen unos depósitos de dunas, esencialmente calcarenitas de grano medio a grueso, muy porosas, poco cementadas y de alta permeabilidad.

5.3 TECTONICA

Tectónicamente la Hoja de Inca presenta tres zonas bien diferenciadas: Sierra Norte, Sierras Centrales y las cubetas de subsidencia del Llano de Inca-La Puebla y La Marineta.

La Sierra Norte, que ocupa la mitad noroccidental de la Hoja, presenta una tectónica muy compleja, originada por una fase compresiva, de dirección SE-NO, responsable de las estructuras tangenciales y de la disposición actual de los materiales.

Los principales empujes tectónicos que afectaron a la Sierra Norte se produjeron después de la primera transgresión Burdigaliense, y condicionaron la actual configuración de pliegues, fracturas, cabalgamientos y recubrimientos tectónicos de gran magnitud.

Las teorías "clásicas", Fallot, P. (1922), consideran que la Sierra Norte está formada por tres series tectónicas superpuestas por efectos compresivos de dirección SE-NO. Las "nuevas" teorías analizan con una mayor rigurosidad estos procesos compresivos y cuestionan el carácter totalmente compresivo, que a partir del Oligoceno define las estructuras del área balear.

Fundamentándose en estos estudios se han definido, en esta Hoja, dos unidades en las que además de los procesos compresivos ya reseñados, se detectan otros de carácter gravitacional, bloques y olistolitos. Litológicamente están compuestos por brechas de materiales mesozoicos, fundamentalmente liásicos, y estratigráficamente se intercalan de forma discontinua en otras series tectónicas. A estas pertenecen la unidad de Almadraba-Tomir y la situada al Norte de Escorca-Lluch.

De las tres series tectónicas definidas por Fallot, la serie I, o inferior es la más septentrional de la Sierra Norte y se extiende a lo largo de la costa Norte. En ella aparece un Trías areniscoso y una cobertera burdigaliense que recubre estratos mesozoicos.

La serie tectónica II se encuentra cabalgada sobre la cobertera burdigaliense de la serie I y se localiza en la zona central de la Sierra Norte. A esta serie tectónica pertenecen las unidades hidrogeológicas de La Estremera, zona de Alaró, Ufanes de Gabellí y Crestaich, definidas en esta Hoja.

La serie tectónica III está cabalgada sobre la serie II y sólo aparece en el borde meridional de la Sierra.

Las últimas estribaciones de las Sierras Centrales configuran el cuadrante suroriental de la Hoja, individualizando dos depresiones, la cubeta del Llano de Inca-La Puebla y la de La Marineta. Están formadas por materiales mesozoicos y terciarios estructurados según las direcciones de la fase compresiva que configura la actual fisonomía de la Isla.

El Llano de Inca-La Puebla, constituido por una gran cubeta de subsidencia de forma alargada y eje perpendicular al mar, es colmatado por depósitos postorogénicos, Mioceno, Plioceno y Cuaternario, y afectado únicamente por fracturas distensivas y por fenómenos típicos de la subsidencia. Configura la franja central de la Hoja y queda limitado por las estribaciones meridionales de la Sierra Norte y las Sierras Centrales.

La otra depresión, La Marineta, constituida igualmente por una cubeta de subsidencia y colmatada por sedimentos postorogénicos, configura el sector oriental de la Hoja, extendiéndose hacia el Este, fuera ya de los límites de la misma.

6 HIDROGEOLOGIA DE LA HOJA DE INCA

6.1 DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS

La Hoja de Inca queda dividida, de NE a SO, por el límite meridional de la Sierra Norte, Sistema Acuífero 76, con la Depresión Central, Sistema Acuífero 77. La mitad Noroccidental corresponde a la Sierra Norte y la suroriental a la Depresión Central.

En base a los datos analizados en capítulos precedentes se han identificado, en esta Hoja, los siguientes acuíferos:

Sistema Acuífero 76. Sierra Norte

- Unidad hidrogeológica de la Estremera
- Unidad hidrogeológica de la zona de Alaró
- Unidad hidrogeológica Almadraba-Tomir
- Unidad hidrogeológica de las Ufanes de Gabellí
- Unidad hidrogeológica de Crestaich

Sistema Acuífero 77. Depresión Central

- Subsistema Acuífero 77B. Llano de Inca-LaPuebla
- Subsistema Acuífero 77C. La Marineta

6.1.1 Sistema Acuífero 76. Sierra Norte

6.1.1.1 UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE LA ESTREMERA

Aparece representada en el borde occidental de la Hoja, en un afloramiento de unos 14 km^2 de superficie. Este afloramiento constituye el sector más septentrional de la unidad, que con una extensión de 44 km^2 de superficie permeable se prolonga, ya fuera de esta Hoja, hacia el Suroeste dentro de la Hoja de Sóller (670) y la de Palma (698).

Esta unidad se encuentra conectada hidráulicamente, a partir de la cota +90 m.s.n.m., con el Llano de Palma hacia el cual drena la mayor parte de sus recursos y se explota, fundamentalmente para el abastecimiento de la ciudad de Palma.

Constituye un acuífero aislado en calizas y dolomías de la serie II de Fallot, muy fracturadas y con fenómenos cársticos muy desarrollados, saturado hasta la cota +90 m.s.n.m., con transmisividades del orden de los 50.000 m^2/día, que permiten explotaciones puntuales muy elevadas. Su volumen específico, deducido de los datos aportados en la explotación experimental y actuales, varía según la cota del nivel del agua pero puede estimarse como media en unos 400.000 m^3 por metro de descenso. El espesor saturado de esta unidad, estimado en sondeo de investigación, es del orden de 300 m en el sector meridional de la misma (Hoja de Palma, 698).

La calidad del agua de este acuífero es buena, con valores del ión cloruro inferiores a 100 mg/l. La conductividad no supera los 1.000 μmhos/cm.

La descarga de esta unidad se efectúa a través de la Font de Sa Cova Negra, Hoja de Sóller, con un volumen medio anual de 1-1,5 hm^3 y hacia el Llano de Palma a partir de la cota de rebose de este acuífero, +90 m.s.n.m.

Actualmente las extracciones realizadas en esta unidad para abastecimiento a Palma son del orden de los 13 hm^3, frente a los 3 hm^3 que se extrajeron en 1974. Con estas extracciones, se observan recuperaciones normales en el nivel de agua excepto en 1975, 1981, 1982 y 1983 en los que se registraron, sobre todo en el último trienio, el mínimo de lluvias en el período considerado.

En años de pluviometría media y con extracciones del mismo orden que las actuales se alcanzaron cotas superiores a la de drenaje hacia el Llano de Palma, +90 m.s.n.m.

La infiltración directa en esta unidad se ha estimado en 15-18 hm^3 en un año medio, siendo sus recursos utilizables de 14-17 hm^3/año, una vez descontada la descarga que se efectúa a través de la Font de Sa Cova Negra. Estos recursos descargaban al Llano de Palma antes de poner en explotación la unidad de La Estremera.

Las reservas explotables en esta unidad, auténtico embalse subterráneo, desde la cota 0 m hasta la de rebose, +90 m, son del orden de los 36 hm^3. El nivel piezométrico mínimo registrado a lo largo de la explotación, iniciada en 1973, no ha bajado de los +15 m, enero de 1984.

6.1.1.2 UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE LA ZONA DE ALARO

Aparece representada en el dominio Suroccidental de la Hoja y queda limitada por las unidades de La Estremera, en la Hoja de Sóller, Ufanes de Gabellí y el Llano de Inca-La Puebla.

La constituyen unos 44 km^2 de afloramientos mesozoicos, fundamentalmente liásicos y cretácicos, y terciarios, que descargan sus recursos al Llano de Inca-La Puebla, bien subterráneamente, o a través del torrente Sollerich. De estos, únicamente unos 20 km^2 están integrados en la Hoja de Inca.

Esencialmente se diferencian en esta unidad dos acuíferos, uno el constituido por calizas y dolomías liásicas de la serie II de Fallot, con una superficie permeable de unos 7 km^2, y el otro el constituido por conglomerados y calizas oligocenas de unos 15 km^2 de superficie de baja permeabilidad.

El acuífero carbonatado liásico está confinado salvo en los 7 km^2 de afloramiento. Su espesor saturado es superior, generalmente, a los 200 m, y su transmisividad es del orden de los 50 m^2/día. La descarga de este acuífero debe realizarse subterráneamente al Llano de Inca-La Puebla, aunque su funcionamiento hidrogeológico no es conocido.

La infiltración directa en esta unidad se ha estimado, para un año medio, en 2 hm^3. Las reservas igualmente estimadas para los 7 km^2 saturados de acuífero libre son de 5-11 hm^3.

El acuífero oligoceno, con 15 km^2 de superficie permeable aflorante, de los cuales 6 km^2 descargan directamente por fuentes y el resto, 9 km^2, descargan al Llano de Inca-La Puebla, a través del cuaternario del

Valle de Alaró, ofrece pocas posibilidades de regular sus recursos ya que éstos, estimados en 2-3 hm^3/año, son descargados casi en su totalidad al torrente Sollerich en los meses de invierno.

6.1.1.3 UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE ALMADRABA-TOMIR

Esta unidad está conformada por depósitos constituidos por brechas y olistolitos, fundamentalmente liásicos, muy permeables de unos 32 km^2 de superficie aflorante, y que se descarga por la fuente de la Almadraba.

Se sitúa en el dominio septentrional de la Hoja y con una forma alargada se extiende hacia el Noreste, ya en la Hoja de Pollensa.

La infiltración directa en esta unidad se ha estimado en 16-18 hm^3, para un año medio, no existiendo actualmente regulación de estos recursos que descargan por la fuente de la Almadraba, a unos 2 km de la costa (Hoja de Pollensa, 644) y a una cota aproximada de +7 m.s.n.m.

En el análisis del hidrograma de descarga de esta fuente se observa que las fluctuaciones importantes en el caudal no se corresponden con la evolución de la calidad del agua. Con caudales del orden de 5 a 25 l/s el contenido en ión cloruro del agua se estabiliza en 2.000 mg/l, pero con aumentos espectaculares de caudal, 3.000 l/s, el contenido en ión cloruro experimenta una brusca evolución negativa hasta alcanzar los 20.000 mg/l, para posteriormente, y de forma paulatina, ir mejorando hasta alcanzar el contenido inicial, 2.000 mg/l.

Varias han sido las explicaciones dadas al funcionamiento de esta fuente, procesos de disolución de sales en el Trías margoso y circulación por conductos preferenciales (eyectores) que arrastran el agua de mar de la interfase agua dulce-agua de mar próxima a la fuente, pero la más coherente es la que lo explica como la superposición de dos acuíferos carbonatados, conectados únicamente en los alrededores de la fuente.

Esta conexión de dos acuíferos, uno superior libre, de agua de buena calidad que descarga en su mayor parte por la fuente, con una curva de agotamiento lenta y escasos recursos, 4 hm^3/año, y otro inferior confinado en su mayor parte, con una curva de agotamiento muy rápida y agua alterada por procesos de mezcla con agua de mar de la interfase y recursos elevados, 12-14 hm^3/año, explica tanto las variaciones de los caudales como la evolución en el contenido de ión cloruro.

La posibilidad de explotación de los recursos de esta unidad es

hoy día muy problemática debido, fundamentalmente, a su calidad deteriorada por mezcla con agua de mar que requeriría una gestión conjunta con otros recursos.

6.1.1.4 UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE LAS UFANES DE GABELLI

Esta unidad se encuentra ubicada en el cuadrante Noroccidental de la Hoja. Su extensión es de unos 46 km^2 de superficie permeable, calizas y dolomías liásicas de la serie II de Fallot y de forma alargada, tipo elíptico, cuyo eje mayor tiene una dirección NE-SO y unos 15 km de longitud.

Se encuentra aislada del resto de las unidades de la Sierra Norte, por medio del Trias margoso, y del Llano de Inca-La Puebla, al menos superficialmente, por los depósitos margosos del Lías Superior-Cretácico.

Esta unidad es drenada, en su mayor parte, por unas fuentes, "Ufanes", ubicadas en su sector más nororiental y a una cota de +95 m.s.n.m.

La infiltración directa en esta unidad se ha estimado, para un año medio, en 18-21 hm^3, drenándose a través de las "Ufanes" unos 11 hm^3/año y el resto, 7-10 hm^3/año, se incorporarían subterráneamente al Llano de Inca-La Puebla, a través de posibles contactos con los depósitos terciarios de esta cubeta.

Se ha comprobado, mediante aforos en el torrente San Miguel, que los caudales aportados por las precipitaciones que producen las salidas de las "Ufanes" son del orden del 80 por ciento de la pluviometría total en la cuenca. Estas salidas se producen, generalmente, en el período noviembre-abril y siempre que exista en dicho período una precipitación diaria superior a los 60 mm.

En el análisis de los niveles piezométricos realizado en sondeos que controlan las calizas y dolomías profundas, piezómetro 3926-1-014 (M.R.), y las calizas y dolomías superiores, piezómetros 3926-1-014 (M.A.) y 3926-1-015, se observó una notable diferencia entre los niveles y su evolución, por lo que se asimiló el funcionamiento de estas "Ufanes" a dos acuíferos. Uno de ellos, acuífero superior, generalmente no saturado, muy permeable que es drenado por las "Ufanes", y otro inferior, con escasa capacidad de almacenamiento, que recarga subterráneamente al Llano de Inca-La Puebla y que es recargado por el acuífero superior.

Ambos acuíferos presentan características hidráulicas muy diferentes:

– El acuífero superior, situado por encima del nivel de las "Ufanes", +95 m, tiene una permeabilidad estimada de 2 x 10^6 m/día y la velocidad de infiltración vertical es del orden de los 600 m/día.

– El acuífero inferior, situado inmediatamente debajo del superior y en contacto con él, tiene transmisividades muy bajas, del orden de los 15 m^2/día y su velocidad de infiltración vertical del orden de 1-2 m/día.

Esta diferencia de velocidad de infiltración vertical entre ambos acuíferos hace que cuando las precipitaciones son muy intensas, el acuífero inferior no es capaz de retener la recarga natural del acuífero superior, que se escapa lateralmente a través de las "Ufanes"

La regulación de estas fuentes es problemática y pasaría por un estudio más exhaustivo de su funcionamiento.

6.1.1.5 UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE CRESTAICH

Aparece representada en el sector septentrional de la Hoja y pertenece al dominio meridional de la Sierra Norte. La constituyen unos 20 km^2 de calizas y dolomías liásicas de la serie III de Fallot, en ocasiones muy carstificadas.

En cuanto a las características hidráulicas, se observan valores de transmisividad del orden de 100 a 700 m^2/día y valores del coeficiente de almacenamiento del orden de 2 x 10^{-3}.

La infiltración eficaz en esta unidad se ha estimado en 4-6 hm^3, para un año medio, siendo los recursos utilizables de este mismo orden.

Las extracciones que se efectúan en la unidad no superan 1 hm^3/año, descargándose subterráneamente el resto, 3-5 hm^3/año, hacia el Llano de La Puebla.

La calidad del agua de este acuífero es buena. Se utilizan estos recursos, fundamentalmente, para regadío y ocasionalmente para abastecimiento de la zona de Alcudia.

6.1.2 Sistema Acuífero 77. Depresión Central

6.1.2.1 SUBSISTEMA ACUIFERO 77B. LLANO DE INCA-LA PUEBLA

Este subsistema ocupa el sector Noroccidental de la Depresión Central y queda limitado por la Sierra Norte, la serie margosa que lo separa del Llano de Palma, las Sierras Centrales y el subsistema acuífero de La Marineta.

La superficie total es de unos 500 km^2, de los que 250 son materiales cuaternarios de permeabilidad media y variable, de 150 a 200 km^2 son depósitos miocenos y pliocenos permeables, y el resto impermeable, generalmente Mioceno Inferior.

En la Hoja de Inca sólo aparecen representados unos 260 km^2 de los que 80 km^2 corresponden al Llano de Inca y 180 km^2 al Llano de La Puebla.

Los acuíferos diferenciados en el Llano de Inca-La Puebla, acuíferos miocenos (calizas arrecifales), pliocenos (calcarenitas) y cuaternarios, funcionan, en líneas generales, como un único acuífero que se recarga por la infiltración eficaz en función de la pluviometría anual, por la infiltración de cursos superficiales y por la recarga lateral de acuíferos colindantes (Sierra Norte).

En el balance hídrico, particularizado para el año 1980, de este subsistema se estimaban las siguientes recargas medias anuales:

Recargas	hm^3/año
Infiltración eficaz	47-56
Infiltración cursos superficiales	6-10
Retorno de riego y pérdidas de conducción	11-13
Recarga acuíferos colindantes	1- 1
Recarga unidad "Ufanes"	7-10
TOTAL	72-90

Descargas	hm^3/año
Bombeos regadío	47-57
Bombeos abastecimiento	3- 3
Descarga manantiales	20-25
Flujo subterráneo al mar	0- 1
Evapotranspiración directa	2- 3
TOTAL	72-89

A la vista de este balance, el subsistema acuífero del Llano de Inca-La Puebla es un acuífero excedentario que descarga unos 20 hm^3, en un año medio, a través de una línea de fuentes situadas a 5 km de la costa. Esta descarga se ha estimado en base a los datos de aforo realizados en el torrente San Miguel y a la salida de la Albufera al mar (Puente de los Ingleses).

Los recursos totales utilizables, que coinciden con los subterráneos en este subsistema, se han cifrado en 60-65 hm^3/año, con un grado de explotación estimado actualmente en un 85 por ciento.

Las características hidráulicas de este subsistema son muy variables, registrándose valores de transmisividades de 20.000 m^2/día en las calizas arrecifales miocenas, en el Llano de La Puebla, y valores inferiores a 100 m^2/día, en el cuaternario del Llano de Inca. El coeficiente de almacenamiento es igualmente variable, desde valores del 10 por ciento en el dominio oriental del Llano de La Puebla a valores inferiores al 1 por ciento en el Cuaternario del Llano de Inca.

La calidad química del agua subterránea de este subsistema es buena, detectándose únicamente procesos de alteración en los contenidos del ión nitrato y cloruro en zonas donde existe infiltración de aguas residuales urbanas (Inca, Muro y La Puebla) y en sectores con un alto grado de utilización de abonos nitrogenados.

Con el fin de conocer de la forma más eficaz posible el funcionamiento de este subsistema, único excedentario en la Isla, se ha elaborado, por parte del IGME en 1983, un modelo matemático de flujo del acuífero del Llano de La Puebla.

El modelo de simulación realizado es el ideado por el Dr. Kiyoshi Mido, que tiene la particularidad de poder utilizarse en ordenadores de poca capacidad dada la poca cantidad de memoria interna que requiere.

Este modelo MIDO trabaja en régimen transitorio ya que hace intervenir la diferencia de niveles de agua, en cada celda, en el instante inicial y final del período de cálculo. Para el calaje del modelo se utilizó el año 1978 por ser aquel que disponía de mejores y más amplias series de datos del período analizado (1971-1980).

En los mapas auxiliares, Hoja II, se representa un esquema del funcionamiento del acuífero del Llano de La Puebla y los gráficos que muestran la evolución mes a mes, de los piezómetros utilizados en el calaje del modelo.

El problema fundamental encontrado en el calaje de este modelo radica en la falta de conocimiento de la estructura geológica del Llano y en la escasez de datos de aforo que permiten conocer la descarga real del acuífero al mar.

6.1.2.2 SUBSISTEMA ACUIFERO 77C. LA MARINETA

Se sitúa en el sector Nororiental de la Depresión Central y queda limitado por los subsistemas acuíferos de Lluchmayor-Campos, Llano de Inca-La Puebla, Sierras Centrales y por el Sistema acuífero de la Sierra de Levante.

En la Hoja de Inca sólo aparece representado su dominio más occidental, situándose en el borde Suroriental de la misma, y lo constituyen unos 23 km^2 de calizas arrecifales del Mioceno Terminal, muy permeables.

Este subsistema comprende 160 km^2 de materiales permeables, fundamentalmente calizas arrecifales y calcarenitas miocenas. Se recarga fundamentalmente, por la infiltración eficaz en función de la pluviometría anual, y por la infiltración de cursos superficiales.

El balance hídrico, estimado para el año medio, es el siguiente:

Recargas	hm^3/año
Infiltración eficaz	27,0
Infiltración de cursos superficiales	2,5
Retorno de riego	0,5
TOTAL	30,0

Descargas	hm^3/año
Bombeos. Regadío y Abastecimiento	4
Descarga al mar	26
TOTAL	30

En base a este balance y a los estudios elaborados por el IGME sobre el estado de los acuíferos de la zona legal nº 4, en la cual se incluye La Marineta, se estimó que los recursos subterráneos utilizables de este subsistema para no provocar procesos de intrusión de agua de mar, eran de 6-8 hm^3/año. Estos estudios se fundamentaron en un análisis de la evolución piezométrica, niveles piezométricos de 1,00 m a 2 km de la costa y de 2,00 m a 8 km con variaciones casi nulas, y de la calidad del agua subterránea en el acuífero, contenidos de 1.000 mg/l a 2 km de la costa y su clara conexión con el mar.

En función de estos resultados se promulgó un nuevo Decreto 2088/77 de 23 de abril, por el cual se reducía la reserva de 25 hm^3/año, que por Decreto 3382/73 de 21 de diciembre se le había asignado al Ministerio de Agricultura, a un volumen máximo de 14 hm^3/año en este acuífero y la franja Llubí-Muro (Acuífero del Llano de La Puebla).

La transmisividad de este acuífero es muy alta, registrándose valores superiores a los 40.000 m^2/día en la zona central del mismo.

La calidad química del agua subterránea de este subsistema se ve afectada, en sectores próximos a la línea de costa, por procesos de intrusión de agua de mar, situándose el contenido en ión cloruro por encima de los 1.000 mg/l a 2 km de la costa.

6.2 INVENTARIO DE PUNTOS ACUIFEROS

Existen actualmente en esta Hoja 3.685 puntos inventariados en fichas normalizadas del IGME para su tratamiento por ordenador. De éstos, casi el 80 por ciento corresponden a pozos, el 19 por ciento a sondeos y el 1 por ciento restante a manantiales.

A raíz de la promulgación del Decreto 3382/73 de 21 de diciembre, por el que se fijaban las normas para la ejecución de nuevos alumbramientos y ampliación de los ya existentes en la provincia de Baleares, y hasta finales de 1983, se han tramitado en esta Hoja, 861 expedientes, correspondientes a sondeos.

El número total de puntos inventariados entre fichas normalizadas del IGME y tramitados dentro del citado Decreto, 4.546 puntos, representa una densidad media de 8,7 puntos por kilómetro cuadrado. En la mitad oriental de la Hoja, se encuentra más del 88 por ciento del total inventariado, lo que representa una densidad de 15 puntos por kilómetro cuadrado en este sector. En el Llano de La Puebla, con el 72 por ciento del total inventariado, existen densidades del orden de los 55 puntos por kilómetro cuadrado, siendo la media de 24 puntos por kilómetro cuadrado.

Dado el elevado número de puntos acuíferos, únicamente se han representado aquellos en los que la información existente es más completa, piezómetros, red de vigilancia de calidad, abastecimientos, sondeos con columna litológica, etc.

La profundidad media de los pozos es de 20 m, variando sensiblemente desde escasos metros en las proximidades de la Albufera hasta superiores a los 35 m en la parte más alejada de la misma. El caudal medio de explotación es de 40 m^3/hora.

La profundidad media de los sondeos inventariados con anterioridad al Decreto varía sensiblemente, dependiendo del acuífero o sistema en el que se ubiquen. Los ubicados en la Sierra Norte superan, normalmente, los 100 m, mientras los ubicados en el Llano de Inca-La Puebla no llegan a superarlos, salvo los sondeos de investigación. Los caudales medios son del orden de los 40 m^3/h, existiendo sondeos con caudales muy superiores a esta media (sondeos realizados por el INC en la franja de Llubí-Muro, con caudales superiores a 360 m^3/hora).

La profundidad media en la zona nº 1 es de 29 m, en la zona nº 4 es de 87 m, y en la zona legal nº 9 de 96 m.

Los caudales instantáneos son, en la zona legal nº 1 de 3,6 m^3/hora, en la zona nº 4 de 3,6 m^3/hora después de restringirlo desde los 18 m^3/hora (permitidos en el Decreto), con el fin de preservar los volúmenes reservados al Ministerio de Agricultura en La Marineta y franja de Llubí-Muro, y en la zona nº 9 superiores a los 36 m^3/hora.

En la Hoja de Inca existen en la actualidad, 1983, un total de 42 puntos de control de variación de nivel, de los 176 puntos que componen la red de control piezométrico de la isla de Mallorca. De esos 42 puntos, 35 controlan el Llano de Inca-La Puebla, 1 el acuífero de La Marineta y los 6 restantes controlan la unidad de las Ufanes de Gabellí en la Sierra Norte.

De los 35 puntos que controlan el Llano de Inca-La Puebla, únicamente 31 se utilizan de manera permanente, para la confección de

mapas de isopiezas en este acuífero y el resto únicamente para estudiar las variaciones de nivel del acuífero.

La red de vigilancia de la calidad química del agua subterránea está compuesta en esta Hoja, por 59 puntos, de los cuales 51 controlan el subsistema acuífero del Llano de Inca-La Puebla, 6 el subsistema de La Marineta, 1 la unidad de Crestaich en la Sierra Norte, y el punto restante controla el vertido de la depuradora de Inca.

El vertido de aguas residuales urbanas de los municipios de Inca, Muro y La Puebla en el acuífero del Llano de La Puebla, se controla mediante los puntos de la red de vigilancia de la calidad ya establecidos.

6.3 EVOLUCION PIEZOMETRICA

Desde 1974 se mantiene una red de control piezométrico en la isla de Mallorca en la que se miden periódicamente niveles de agua con el fin de conocer la situación de los acuíferos en función de las precipitaciones y de la explotación, imprescindible para cualquier trabajo de planificación hidrológica y adecuada optimización de los recursos subterráneos.

Para representar, en esta Hoja, la evolución de la distribución mensual de la pluviometría, factor determinante para mejor comprensión de la evolución piezométrica en función de las explotaciones, se ha tomado la estación pluviométrica B-678 Inca Urbana, como la más singular y representativa de la Hoja de Inca.

ESTACION PLUVIOMETRICA B-678 INCA URBANA
(Lluvia en mm)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1970	21,5	84,3	87,1	22,4	51,6	0,0	4,3	18,8	0,4	100,2	9,9	141,7	542,7
71	45,4	25,6	99,5	45,5	35,1	0,0	0,0	0,2	181,0	67,9	121,6	100,6	722,9
72	95,2	30,2	20,5	129,4	99,3	28,5	1,6	23,0	132,6	65,6	98,6	98,8	823,3
73	139,7	43,4	105,0	24,8	2,8	133,0	14,4	63,0	42,0	136,8	0,0	138,0	842,9
74	12,7	173,0	109,9	91,8	16,7	0,0	0,0	5,5	18,7	125,4	34,5	2,5	590,8
75	2,5	30,1	94,6	19,4	75,4	32,1	0,0	51,0	87,6	97,7	114,5	97,7	702,6
76	26,5	113,2	8,5	57,2	66,0	26,5	4,0	80,5	75,0	155,5	22,0	58,8	693,7
77	51,0	0,5	23,5	79,0	98,1	17,8	10,0	75,5	84,0	37,5	65,2	52,0	604,1
78	134,7	35,5	51,0	105,5	67,5	12,3	0,0	1,0	12,7	116,8	62,6	33,9	631,5
79	40,7	65,0	75,7	25,4	0,0	0,0	39,0	5,2	115,1	144,1	66,2	67,7	644,1
80	159,4	53,2	37,4	88,0	54,2	14,0	1,5	9,6	14,2	40,0	115,3	88,9	675,7
81	44,5	36,0	16,8	221,6	6,1	31,5	10,1	0,0	38,4	66,8	3,7	34,8	542,3
82	20,3	89,8	116,0	47,7	14,4	4,8	10,6	18,6	16,8	88,5	45,4	44,1	517,0

En función del análisis de los datos aportados por el control de niveles de agua en los diferentes acuíferos y unidades de esta Hoja y de su representación gráfica, en el período 1974-1983, se obtienen las siguientes conclusiones de carácter general.

Unidad de La Estremera

La evolución de niveles de esta unidad se ha mantenido de acuerdo con las previsiones realizadas en las notas técnicas del IGME. Actualmente y a niveles de +18 m se obtienen volúmenes específicos de 0,4 hm^3 por metro de descenso del acuífero. Su control se realiza en un sondeo sin instalar ubicado fuera de esta Hoja.

Unidad de las "Ufanes" de Gabellí

La evolución de los dos niveles de esta unidad se mantiene en consonancia con el criterio de funcionamiento de estas fuentes.

Acuífero del Llano de La Puebla

La evolución piezométrica muestra, en el período analizado, épocas de niveles máximos en mayo y mínimos en septiembre. En el mapa básico se ha representado la piezometría correspondiente a enero de 1984 con el fin de plasmar una situación mínima límite de dicha superficie, después de la continuada sequía padecida en el último trienio (1981-1983) tanto en el ámbito insular como peninsular.

En las isopiezas correspondientes a niveles máximos se observan los siguientes efectos:

. Variaciones del gradiente del flujo procedente de la Sierra Norte, en función del total de precipitación anual registrada y su distribución en el mes anterior a la medida.

. Escasas variaciones en la zona próxima a la costa, hasta el año 1978 en el que se detectan niveles negativos en la zona en que se emplaza la central térmica de Es Murterar.

. Situaciones similares en el dominio central del acuífero con oscilaciones máximas de 1,00 m en la zona de La Puebla, cuyo nivel medio es de +5,00 m.

. Cambios en la dirección del flujo del agua subterránea en la zona de Llubí-Muro, debidos a nuevos bombeos instaurados en la zona.

En épocas de niveles mínimos se observan los siguientes efectos:

. Un gradiente del flujo procedente de la Sierra Norte inferior al calculado en épocas de niveles máximos.

. Descensos en el dominio central del acuífero, zona de La Puebla, hasta cotas de 2 y 3 m.

. Retroceso generalizado de las isopiezas en los sectores de Llubí y Búger, debido a la instauración de nuevos bombeos en dichas zonas.

Subsistema Acuífero de La Marineta

La evolución de niveles en este subsistema muestra variaciones análogas tanto en épocas de niveles máximos como mínimos.

En épocas de niveles máximos se observa un flujo muy regular hacia el mar con gradientes naturales de $0,3 \times 10^{-3}$ y valores máximos de nivel piezométrico de 3,00 m a 10 km de la costa. Este mismo orden de valores se encuentra en épocas de niveles más bajos, lo cual ratifica la rápida descarga de este acuífero hacia el mar y su franca conexión con él.

6.4 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

La red de control de la calidad química del agua subterránea de los diferentes acuíferos enmarcados en la Hoja de Inca, cuenta con 59 puntos, de los cuales 51 controlan el llano de Inca-La Puebla y 6 el acuífero de La Marineta, en la Depresión Central, y 1 la unidad de Crestaich en la Sierra Norte. La unidad de La Estremera y Almadraba-Tomir se controla en puntos ubicados fuera de esta Hoja.

En los acuíferos de la Sierra Norte que se encuentran desconectados del mar, La Estremera, zona de Alaró, Ufanes de Gabellí y Crestaich, la calidad del agua es buena. En la unidad de Almadraba-Tomir, cuya descarga se efectúa por una fuente situada a 2 km de la línea de costa y a una cota de +7 m, la calidad del agua subterránea, en esta zona de descarga, se encuentra alterada por procesos de mezcla con agua de mar, según el esquema de funcionamiento ya comentado en el apartado 6.1.1.2 del presente capítulo.

En el Llano de Inca-La Puebla la calidad de base del agua subterránea es buena, deteriorada únicamente, en algunos sectores del acuífero del Llano de La Puebla por la infiltración de vertidos de aguas residuales urbanas y por el uso frecuente de fertilizantes nitrogenados.

En base a la evolución en el contenido del ión cloruro y a la evolución piezométrica del acuífero del Llano de La Puebla, con niveles

piezométricos siempre positivos en el límite con la Albufera (zona de descarga del acuífero), no es de prever que existan problemas de alteración de la calidad de base de este acuífero por intrusión frontal del agua de mar.

En el acuífero de La Marineta, y en captaciones próximas a la costa, existen problemas de intrusión de agua de mar debido a que la alta permeabilidad del acuífero mioceno en contacto directo con el mar, que mantiene los niveles piezométricos sin apenas variaciones y del orden de 0,5 m a 2 km de la línea de costa,propicia descensos puntuales por debajo de la cota 0 m cuando se bombea en dichas captaciones.

Los análisis más representativos de cada uno de los acuíferos controlados se reflejan en el siguiente cuadro.

Número de registro	Cl^- mg/l	$SO_4^=$ mg/l	CO_3H^- mg/l	$CO_3^=$ mg/l	NO_3^- mg/l	NO_2^- mg/l	Na^+ mg/l	Mg^{++} mg/l	Ca^{++} mg/l	K^+ mg/l	Li^+ mg/l	Conductiv. µ mhos/cm	Sólidos disueltos mg/l
UNIDAD DE LA ESTREMERA													
3826-7-003	56,7	152,8	390,5	0,0	4,9	0,1	26,1	36,5	120,2	2,0	0,2	663	790
UNIDAD ALMADRABA-TOMIR													
Piezómetro	2.538,2	524,3	427,0	0,0	0,8	0,0	1.737,0	53,5	232,5	48,6	2,0	7.350	5.563
Surgencia	1.879,5	345,8	403,1	0,0	7,8	0,0	935,2	117,5	228,0	40,0	1,6	5.620	4.118
UNIDAD DE CRESTAICH													
3926-3-1629	85,1	121,4	524,8	0,0	24,7	0,0	45,4	73,0	120,2	1,4	0,0	924	995
LLANO DE INCA-LA PUEBLA													
3926-3-899	156,0	217,0	317,3	0,0	0,2	64,3	80,2	73,0	120,2	2,8	0,2	1.085	1.030
3926-4-079	404,1	229,3	151,3	0,0	57,9	0,0	227,1	80,3	68,1	7,9	0,8	1.661	1.226
3926-6-048	92,2	157,6	341,7	0,0	26,3	0,2	50,8	58,4	96,2	2,9	0,2	776	826
3926-7-450	141,8	188,4	305,1	0,0	107,8	0,2	66,8	48,6	152,3	3,1	0,2	1.150	1.014
3926-7-495	88,6	138,9	353,9	0,0	16,8	0,2	52,1	70,5	100,2	3,8	2,8	762	824
LA MARINETA													
3926-4-017	1.276,2	285,2	231,9	0,0	64,3	0,0	801,6	121,6	140,3	24,8	1,4	4.090	2.947
3926-8-046	106,4	60,8	280,7	0,0	29,7	0,0	56,8	48,6	68,1	2,9	0,4	811	654

7 UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA

El 95 por ciento de los recursos totales utilizables de la isla de Mallorca, estimados en 230-250 hm^3/año, son recursos subterráneos.

Del conjunto de recursos totales utilizables de los tres sistemas acuíferos en los que está dividida la cuenca de Mallorca, 11 hm^3, en año medio, corresponden a la regulación superficial mediante los embalses de Cúber y Gorc Blau. Este último se encuentra ubicado en esta Hoja. El grado de explotación estimado actualmente de estos recursos subterráneos

varía desde un 85 por ciento en el subsistema acuífero del Llano de Inca-La Puebla a casi el 100 por ciento en el subsistema acuífero del Llano de Palma.

En los balances establecidos en el capítulo precedente para cada unidad y acuíferos de la Sierra Norte y Llanos de Inca-La Puebla y La Marineta, se definían y cuantificaban los usos de sus salidas por bombeo.

En la unidad de La Estremera, las descargas por bombeo son utilizadas casi exclusivamente para abastecimiento del área Palma-Calviá y se cifran actualmente en 13 hm^3/año.

Las unidades de Ufanes de Gabellí y Almadraba-Tomir, cuya descarga natural se realiza a través de fuentes, con 11 hm^3 y 20 hm^3 en año medio respectivamente, se encuentran sin regular, escapando este drenaje natural al mar sin posibilidad de utilización.

En las unidades de Crestaich y zona de Alaró, los bombeos que se realizan actualmente, 3 hm^3/año, se destinan a satisfacer demandas locales de abastecimiento y regadío. En el coto minero de Alaró se evacúa anualmente unos 4 hm^3, de los que 3 hm^3 son trasvasados mediante tuberías aguas abajo de las minas y 1 hm^3 se bombea mediante los sistemas de drenaje de las labores subterráneas. Este volumen se incorpora al flujo subterráneo del Llano de Inca-La Puebla a través del Cuaternario del valle de Alaró en donde se infiltra.

En el subsistema del Llano de Inca-La Puebla los bombeos para regadío representan el 94 por ciento del total bombeado. Las extracciones para abastecimiento, con unos 3 hm^3/año, representan el 6 por ciento restante del total bombeado. La descarga natural de este acuífero se realiza a través de una línea de fuentes situadas en límite con la albufera, y que en un año medio se cifra en 20 hm^3.

En el subsistema acuífero de La Marineta, los 4 hm^3/año bombeados, se utilizan para abastecimiento y regadío en un porcentaje similar.

La superficie actualmente en riego, en esta Hoja, queda definida por el Llano de La Puebla y el sector occidental de La Marineta. Su extensión es de 4.523 ha, que representan el 23 por ciento de la superficie total regada en la Isla, y la dotación media de agua es de 10.000 m^3/ha/año. El cultivo primordial es la patata en sus tres clasificaciones por temporada, temprana (patata de exportación), de media estación y tardía, siguiéndole en importancia las hortalizas.

Existe el proyecto, por parte del IRYDA, de aumentar en 1.600 ha la superficie de riego en la zona de La Marineta-franja Llubí-Muro, con recursos de ambos acuíferos y una dotación media de agua de 6.500 m^3/ha/año.

El fenómeno turístico ha incidido fuertemente, a partir de la década de los 70, en el desarrollo de la isla de Mallorca, motivando una evolución positiva en las extracciones para satisfacer el abastecimiento de los núcleos urbanos y turísticos.

Esta incidencia se manifiesta con mayor auge en determinados sectores de la Isla, área de Palma-Calviá, donde sus recursos se encuentran actualmente en un grado de explotación del 100 por ciento, lo cual hace necesario un estudio de planificación conjunta de los recursos utilizables de la Isla para la optimización de sus usos.

BIBLIOGRAFIA

I.G.M.E. (1971). Estudio hidrogeológico de la zona meridional de la Sierra Norte entre Alaró y Pollensa.

S.G.O.P. (1971). Informe hidrogeológico del Llano de La Puebla.

S.G.O.P. (1971). Informe hidrogeológico del Llano de Inca.

COMITE DE COORDINACION (1973). Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales de Baleares. Informe de Síntesis General.

I.G.M.E. (1975). Estudio de los acuíferos miocenos de La Marineta.

CUERDA BARCELO, J. (1975). Los tiempos cuaternarios en Baleares.

I.G.M.E. (1975). Nota técnica sobre la calidad química de las aguas en la isla de Mallorca.

I.G.M.E. (1976). Nota técnica sobre el estado actual de los acuíferos en la zona legal nº 4.

I.G.M.E. (1977). Informe hidrogeológico sobre vertido de aguas residuales urbanas en el término de Búger.

I.G.M.E. (1979). Mapa de orientación al vertido de residuos sólidos urbanos. Hoja 671 (Inca).

I.G.M.E. (1979). Calidad de las aguas subterráneas en la cuenca de Mallorca.

I.G.M.E. (1980). Informe referente a la evacuación de aguas residuales en la central térmica de Es Murterar.

I.G.M.E. (1980). Nota técnica sobre el vertido de las cenizas procedentes de las centrales térmicas Alcudia I y Alcudia II. Canteras de Muro y Santa Margarita.

COMISION INTERMINISTERIAL DE PLANIFICACION HIDROLOGICA (1980). Grupo de Trabajo Regional de Baleares. Avance 1980.

M.O.P.U. (1980). Aforos Baleares. Datos hasta 1979-1980.

I.G.M.E. (1981). Evaluación cualitativa y cuantitativa de las aguas procedentes del drenaje del coto minero de Alaró.

I.G.M.E. (1981). Calidad química y focos potenciales de contaminación de las aguas subterráneas en la isla de Mallorca. Colección Informe.

I.G.M.E. (1982). Evolución piezométrica de los acuíferos de la isla de Mallorca. Período 1974-1981.

I.G.M.E. (1981). Calidad de las aguas subterráneas en la isla de Mallorca. Colección Informe.

I.G.M.E. (1982). Control piezométrico y de calidad de las aguas subterráneas en las islas Baleares. Informe resumen 1982.

I.G.M.E. (1982). Proyecto para el estudio de la regulación integrada de las aportaciones hídricas de la isla de Mallorca.

I.G.M.E. (1983). Mapa hidrogeológico de España. Hoja 698 (Palma) E 1:50.000.

I.G.M.E. (1984). Mapa geológico de España. Hoja 671 (Inca) E 1:50.000 (MAGNA). En revisión.

BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO (1984). El Neógeno de Mallorca: Caracterización Sedimentológica y Bioestratigráfica. (M. Alvaro, A. Barnolas, P. del Olmo, J. Ramírez del Pozo y A. Simó).