

MOP

SERVICIO HIDRAULICO DE BALEARES

SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS

ESTUDIO RECURSOS HIDRAULICOS TOTALES
DE LA ISLA DE MALLORCA

**INFORME HIDROGEOLOGICO
LLUCMAJOR - CAMPOS**

MEMORIA Y PLANOS

AGOSTO de 1.972

INDICE DE MATERIAS

CAPITULO 1.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

CAPITULO 2.- INTRODUCCION

- 2.1. Generalidades y objetivos.
- 2.2. Estudios anteriormente realizados.
- 2.3. Personal que ha intervenido.

CAPITULO 3.- DATOS DE BASE

- 3.1. Características geográficas de la zona.
- 3.2. Geología.
 - 3.2.1. Estratigrafía.
 - 3.2.2. Disposición estructural.
- 3.3. Inventario de puntos acuíferos.
- 3.4. Climatología.
 - 3.4.1. Temperatura.
 - 3.4.2. Evaporación potencial según Thornthwaite
 - 3.4.3. Pluviometría.
- 3.5. Hidrología de superficie.
- 3.6. Hidrología subterránea e hidroquímica.
- 3.7. Límites de la zona en estudio.
- 3.8. Demandas.
 - 3.8.1. Demanda agrícola.
 - 3.8.1.1. Demanda agrícola actual.
 - 3.8.1.2. Demanda agrícola futura.
 - 3.8.2. Demanda para abastecimiento.
 - 3.8.2.1. Demanda actual.
 - 3.8.2.2. Demanda probable futura.

CAPITULO 4.- HIDROLOGIA SUBTERRANEA

- 4.1. Descripción de los acuíferos.
- 4.2. Características geométricas de los acuíferos.
- 4.3. Características hidrológicas de los acuíferos.
 - 4.3.1. Trasmisibilidades.
 - 4.3.2. Coeficiente de almacenamiento o porosidad eficaz.
 - 4.3.3. Capacidad de embalse.
- 4.4. Funcionamiento del embalse subterráneo.
 - 4.4.1. Oscilaciones de niveles.
 - 4.4.2. Recarga.
 - 4.4.3. Descarga.
 - 4.4.4. Balance (actual)
 - 4.4.4.1. Evaluación de la descarga. (Descargas agrícola abastecimiento, al mar).
 - 4.4.4.2. Evaluación de la recarga media. (Infiltración directa, escorrentía, subterránea).

CAPITULO 5.- HIDROQUINICA

- 5.1. Calidad actual del agua de los acuíferos.
 - 5.1.1. Acuíferos M_{21} y Q.
 - 5.1.2. Acuífero M_{23} .
 - 5.1.3. Evolución de la calidad en los acuíferos.

CAPITULO 6.- COMPARACION DE LOS RECURSOS Y LAS DEMANDAS.

CAPITULO 7.- SUGERENCIAS SOBRE LA EXPLOTACION ACTUAL Y FUTURA

CAPITULO 8.- PROGRAMA DE TRABAJOS FUTUROS DE CONTROL

8.1. Medidas de niveles piezométricos.

8.1.1. Puntos de control de niveles.

8.1.2. Periodicidad de las medidas piezométricas.

8.2. Toma de muestras de agua para análisis químico.

8.2.1. Periodicidad y puntos de control. Análisis a realizar.

8.3. Registros de salinidad.

CAPITULO 9.- FUTURAS INVESTIGACIONES

INDICE DE PLANOS

- Plano 1. Situación general.
- Plano 2. Plano geológico.
- Plano 3. (3a, 3b, 3c) Cortes hidrogeológicos.
- Plano 4. Plano de sondeos con columna estatigráfica conocida.
- Plano 5. Plano de inventario.
- Plano 6. Pluviometría media mensual.
- Plano 7. (7a, 7b, 7c) Isoyetas. Año seco. Año medio y año húmedo.
- Plano 8. (8a, 8b) Piezometría en Agosto-Septiembre 1970 y Noviembre 1971.
- Plano 9. (9a, 9b) Oscilaciones de nivel.
- Plano 10. Plano de límites.
- Plano 11. Caudales específicos y valores estimativos de la transmisividad.
- Plano 12. Niveles piezométricos puntuales en Junio 1972
- Plano 13. Diagramas de Shoeller, Piper y Potabilidad.
- Plano 14. (14a, 14b) Plano de diagramas de STIFF modificados en Febrero 1970 y Julio 1972.

A N E J O S

- Anejo 1. Sondeos realizados (S.G.O.P.)
- Anejo 2. Geología. Estratigrafía y Disposición Estructural.
- Anejo 3. Datos de Inventario de puntos de agua, características y calidad.
- Anejo 4. Demanda agrícola actual.

CAPITULO 1.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

Acuíferos y características de los mismos.

Los trabajos hasta ahora realizados han permitido localizar varios acuíferos en la zona de Lluchmayor Campos, la disposición estructural de los mismos figura en los cortes geológicos. Planos 3a, 3b y 3c, y sus características generales son las siguientes:

- Cuaternario (Q): Principalmente constituido por limos rojos y gravas. Solamente se encuentra permanentemente saturado en una extensión de unos 60 km². (depresión de Campos). Aunque la extensión total del recubrimiento cuaternario alcanza los 250 km². La potencia media es de unos 10-15 metros.
- Moladas M₂₁: Datado como Helveciense. Constituido por calizas y calcarenitas (Marés), más margosas a medida que profundizan. La superficie de extensión saturada es de 420 km². (superficie total de afloramiento 640 km². de los que 250 km². están recubiertos de cuaternario). Potencia media de 150 m.
- Moladas M₂₃: Datado como Helveciense. Constituido por calcarenitas y calcisistitas compactas con niveles de calizas arenosas y conglomerados. De extensión poco conocida y potencia media de unos 40 m. Se trata de un acuífero que en parte puede estar confinado.

Las características hidrológicas y geométricas de los mismos se resumen en el cuadro siguiente :

CAPITULO 2.- INTRODUCCION

2.1. Generalidades y objetivos.

El insuficiente conocimiento hidrogeológico de esta vasta zona de 640 km². al Sur de Mallorca (situación general. Plano 1) con sus problemas de baja calidad química del agua en su principal zona de regadío, y el lógico incremento de demanda para abastecimiento, hizo recomendable dentro del marco del Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales de la isla de Mallorca, que realizan conjuntamente los Ministerios de Obras Públicas, Industria y Agricultura, el estudio de esta unidad.

Dicho estudio lo ha llevado acabo el Servicio Hidráulico de Baleares, junto con el Servicio Geológico de Obras Públicas.

En él se ha pretendido preferentemente estudiar el funcionamiento actual del embalse subterráneo para delimitar así los recursos disponibles, ante una lógica mayor demanda en el futuro.

Igualmente y dado que las principales extracciones actuales van destinadas a uso agrícola, se ha pretendido conocer el grado de utilización de estas aguas, así como los problemas de baja calidad química que presentan en las zonas de mayor consumo (Sur de Campos) y así poder establecer unas normas futuras de explotación, logicamente estructuradas, no sólo para aprovechar al máximo los recursos disponibles, sino también para minimizar los más posible, los problemas de baja calidad, tanto para regadío como para futuros abastecimientos.

2.2. Estudios anteriormente realizados.

No se tiene conocimiento de un estudio hidrogeológico global anterior.

No obstante diversos estudios, tanto geológicos, así como comunicaciones parciales, han sido muy significativos y útiles al estudiar esta zona. Entre ellos cabe destacar:

- Mapa Geológico de España 1:5000 IGME, Hojas 724 (Lluchmayor) y 699 (Porreras) y 723 (Cala Figuera, Enderrocat) 1962.
- Vicente Roselló Verger. Mallorca Sur y Sureste (Tesis Doctoral). Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Palma de Mallorca. 1.964.
- G. Colom, J. Sacarés y J. Cuerda. Las formaciones marinas y dunares pliocénicas de la región de Lluchmayor. Boletín de la S.H.N. de Baleares. Tomo XIV año 1968.
- G. Colom y J. Sacarés. Nota preliminar sobre la geología estructural del Macizo de Randa. Tomo XIV, año 1.968.

2.3.- Personal que ha intervenido

El presente Informe ha sido preparado y redactado por Alfredo Barón, Geólogo, y Diego Pascual, Ingeniero, anteriormente pertenecientes a la sección de hidrogeología del S.G.O.P. y hoy al — Servicio Hidráulico de Baleares.

La sección de Hidrogeología del Servicio Geológico de Obras - Públicas, ha prestado su incondicional y efectiva ayuda.

Igualmente se agradece a José Fuster, representante del Comité de Coordinación su colaboración, así como a los miembros del Servicio Hidráulico de Baleares que han intervenido.

CAPITULO 3.- DATOS DE BASE

3.1. Características físicas y geográficas de la zona

La zona estudiada se encuentra situada al SE de la isla de Mallorca y comprende las hojas del mapa topográfico nacional 1:50.000 nº 723, 724 y una pequeña franja meridional de las hojas 698 y 699 (ver Plano nº 1)

El 70% de la zona estudiada presenta cotas inferiores a los 100 m. y solamente del 5 al 8 % presenta cotas superiores a los 200.

Se encuentra comprendida entre la poligonal formada por los siguientes pueblos y vértices: El Arenal - Puig d'en Canals - Puig de Son Redo - Puig de Randa - Porreras - Felanitx - Santanyí y el mar.

Se pueden considerar tres unidades importantes. Al N. la zona montañosa correspondiente a la porción Sur de las Sierras centrales y que comprendería todos los cerros y montes entre el Puig de Canals y de la Sierra de Montesión, siendo el más importante y característico el Puig de Randa con 549 m.

Al E. las estribaciones de la sierra de Levante, cuyo principal relieve lo constituye el Puig Gros (270m) al N. de Santanyí.

Por último las llanuras de Lluchmayor y Campos, que a su vez pueden dividirse en varias zonas: Marina de Lluchmayor, Llano de Lluchmayor, depresión de Campos y bordes de la depresión de Campos.

La Marina de Lluchmayor comprende la zona costera entre Son Veri (El Arenal) y Punta Planí y se extiende hacia el N. hasta el llano cuaternario de Lluchmayor. Se trata de una llanura poco fértil, elevada, con predominio de "garriga," caracterizada por la presencia de depósitos de "terra rossa" y cauces en forma de cañones. La costa de esta zona es acantilada, con aguas profundas, sobre todo en el tramo comprendido entre cabo Enderocat y Cabo Blanco (con acantilados máximos de 80 m.) descendiendo nuevamente hacia el W. (Son Veri) y hacia el E. (Punta Planí). La cota máxima es de 146 m. y la cota media es de unos 80 m.

El Llano de Lluchmayor comprende los terrenos situados entre la zona anterior y el macizo de Randa. Sus cotas van desde la curca de nivel \neq 100 hasta la \neq 200 (al pie del mencionado macizo). Este desnivel se produce en una distancia aproximada de 10 km., lo cual da una pendiente media del 1%. La longitud (W-E) de este llano es de unos 20 kms. y tiene una forma más o menos elíptica. Por estar recubierta de depósitos cuaternarios es algo más fértil, aunque muy seca.

La depresión de Campos es una llanura de unos 12 X 6 km². rellenos de cuaternario, limitada por la curva de nivel de \neq 40 m. pero con un 60 - 70 % de su extensión situada por debajo de los \neq 20 m. Se trata de una zona fértil con amplia extensión de los regadíos.

Su costa (entre Punta Planí y Cabo Salinas) es una costa baja, rocosa, erosionada en estratos y con aguas someras, con dos ensenadas con playas (Playa d'es French y Playa de la Colonia o d'es Carbó). En muchos puntos, en especial entre Sa Rápita y Cabo Salinas existen campos de dunas fijas o semifijas.

Todo este llano presenta una pendiente del 0,2 al 0,5 %.

Los bordes de esta depresión se elevan suavemente hacia el W. (pendiente del 1 %) hasta enlazar con la zona de la Marina y los llanos de Lluchmayor y de manera más brusca hacia el E. y el N. formando un escalón con pendientes del 2 al 5% que luego se resuelven en zonas llanas que se apoyan directamente en las sierras y se prolongan hasta la región de Felanitx (incluso hacia el N.)

3.2. Geología

Se puede dividir la zona estudiada en dos unidades con características morfológicas y geológicas bien diferenciadas: bordes y cubeta Vindoboniense.

Los bordes a su vez pueden dividirse en: Macizo de Randa (entre el Puig Canals y Montesión) al N. y la zona del Puig Gros al E. (al N. de Santanyi). En ambas se trata de materiales secundarios y terciarios (hasta el Bandigaliense) plegados.

La cubeta Vindoboniense (objeto fundamental de este estudio) es una cubeta subsidente en la que se depositan calcarenitas formando una plataforma llana y bastante homogénea.

Se ha realizado una revisión cartográfica hidrogeológica de los bordes y un estudio de la cubeta Vindoboniense (Plano Geológico y Cortes Hidrogeológicos, Planos 2 y 3a, 3b y 3c) en base a 5 sondeos de investigación realizados por máquinas del SGOP (ver Anejo 1. Sondeos realizados) y la revisión de los testigos de algunos sondeos particulares (ver Plano 4).

Para mayor detalle en las características litoestratigráficas y estructurales ver el Anejo 2 (Geología, Estratigrafía y Disposición Estructural).

3.2.1. Estratigrafía

Infralías y Lías Inferior.- Serie de dolomías trituradas. Afloran en extensiones considerables en el borde E (Sierra de Levante), en el borde N afloran solamente en el Puig de Montesión.

Se explotan como acuífero.

Lias medio o Cretacico.- Serie muy homogénea de calizas margosas con niveles de sílex y pasadas oolíticas; hacia el techo de la serie pasan a margas. Contienen radiolarios, Ammonites, etc. Prácticamente impermeable.

Eoceno.- Materiales transgresivos formados por conglomerados y calizas arenosas más o menos fisuradas. Contiene gran cantidad de Nummulites. Se explota localmente como acuífero.

Oligoceno.- Serie de conglomerados, calizas arenosas y margas, atribuida al Estampicense. Algunos retazos incluidos en los pliegues son de Aquitaniense marino. Puede ser explotado localmente como acuífero aunque de bajo rendimiento.

Burdigaliense.- Constituido por una serie detrítica de bases (conglomerados, calizas arenosas, areniscas) que localmente puede ser explotada como acuífero, seguidas por una potente serie de margas grises arenosas con tramos de areniscas intercaladas, más o menos calcáreas. Alguno de estos niveles de areniscas calcáreas pueden proporcionar algo de agua. Encima de todos estos depósitos marinos aparecen margas y calizas de tipo continental lagunar o salobre.

En el Puig de Randa esta serie es algo distinta; comienza con el tramo margoarenoso (por faltar los depósitos detríticos de base) y culmina con las "calizas de Randa" (calizas detríticas zoógenas) posible equivalente de los depósitos lagunares-salobres de otras zonas.

Vindoboniense.- Comprende dos unidades fundamentales M_1 y M_2 (Tortonense y Helveciense respectivamente). La primera aparece al W. de la línea Puig de Canals Enderrocat (ver Plano 2) y consta de una primera formación aflorante de calcarenitas blandas fosilíferas margosas con tramos de calcarenitas y calcisiltitas coquerosas (M_{11}) le siguen margas grises arenosas que se acuñan hacia el E y pasan a margas amarillentas (Margas grises con Ammusium - M_{12})

La segunda unidad consta de tres formaciones que de arriba abajo son M_{21} , M_{22} , M_{23} (Helveciense).

M_{21} .- Está constituida por un primer nivel de calcarenitas groseras a veces lumaquelicas, carstificadas y calcisiltitas fosilíferas (corales), le siguen calcarenitas margosas con fauna abundante. Es el nivel que aflora en superficie en toda la zona.

M_{22} .- Margas grises arenosas con fauna marina o lagunar según los tramos; bastante potentes y prácticamente impermeables.

M_{23} .- Muy poco conocido. Se ha localizado en el tramo final del S.1 y en la zona Son Grau-Porrera-Felanitx (S.3, S.4 y S.8), ver Anejo 1 y Plano 3 b).

Esta constituido por calcarenitas y calcisiltitas compacta y coquerosas, con algunos niveles margosas y al final tramos de conglomerados.

Posiblemente hacia el S. pasa a margas con lo que constituye una sólo formación impermeable con el M_{22} (M_{22} - M_{23}).

De estas formaciones constituyen acuífero el M_{11} , M_{21} y M_{23} .

5.1.3 Evolución de la calidad del agua en los acuíferos.

Limitándose a consideraciones generales, se puede decir que :

En la zona de San Veri (NW) (Hoja 723 Oc tante 4) parece que se ha producido un cierto empeoramiento especialmente en los pozos más antiguos que explotan el M_{11} ; en los recientes que explotan el M_{21} (723-4-4-) la concentración ión cloruro supera en la fecha del 7-72 los límites de potabilidad mientras que un sondeo muy próximo realizado recientemente y que capta el mismo acuífero tiene solamente 146 pp.- de Cl^- . Esta zona es la que presenta mayor volumen de extracciones concentradas.

La zona de la depresión de Campos presentaba ya serios problemas de contaminación en 1962-1964 como se desprende de los análisis y planos que presenta Roselló (Mallorca Sur y Sureste). Para esas fechas la zona contaminada incluía ya el pueblo de Campos y quizás algo más al N.

Posiblemente desde entonces se haya producido un aumento de la contaminación, pero no parece que pueda hablarse de un avance de intrusión marina.

Los datos de que se dispone (existencia de zonas pantanosas-salobres alimentadas por surgencias de este tipo, cotas de nivel piezométrico bajas, etc.) parecen indicar la existencia de una

interficies muy tendida que alcanzaría hasta Campos y relativamente a poca profundidad.

La salinización de la zona no indicaría más que esta presencia puesta de relieve por la excavación de pozos y reforzada por la reutilización (extracción-infiltración-extracción) del agua.

Pliocuaternario.- Depositos continentales formados por limos rojos con gravas en la depresión de Campos y en la llanura de Lluchmayor. Bordeando por el N. estas zonas se encuentran dunas fósiles pliocenas en algunos casos (Galdent y Son Fullana) y dudosas en otros, son Grau y porción E. de la depresión de Campos. Estas dunas son anteriores a la deposición de los limos rojos con gravas.

Al Sur de la depresión de Campos, existen depósitos lagunares salobres cerrados por una barrera de dunas muy recientes.

En la propia depresión de Campos y dentro de los limos rojos se encuentran lumaquetas de tipo salobre que se explotan como acuífero.

3.2.2. Disposición Estructural

Debe distinguirse por un lado la zona de los bordes y por otro la zona de subsidencia.

En la zona de los bordes es necesario diferenciar el macizo de Puig Gros. En el primero se trata de una serie de sierras con alineación estructural SW-NE constituida por pliegues muy pronunciados más o menos fallados pero en las que hasta el presente no se han localizado cabalgamientos.

En el macizo de Puig Gros estamos ya en el tipo estructural de la sierra de Levante, es decir, en un cabalgamiento más o menos complejo de materiales dolomíticos del Infralías Lías Inferior, sobre un país cretácico más o menos plegado que ha soportado la transgresión eocena y se ha plegado después.

Sobre estas estructuras preexistentes y cuya deformación final más importante es post burdigaliense se produce la transgresión Helveciense primero de una manera alternante depositando materiales marinos y salobres y por fin son depósitos calcareníticos claramente marinos.

Durante la deposición de estos materiales y de forma continuada, se produce una subsidencia, favorecida posiblemente por faltas de reajuste tectónico al pie de las sierras marginales. Esta subsidencia finaliza en esta zona con el Helveciense a diferencia de otras zonas (Llano de Palma, Inca, La Puebla) donde la subsidencia se mantiene durante el Tortoniense.

Durante el Plioceno el mar cubre toda la zona hasta algo al N. de Lluchmayor, depositando sedimentos marinos (hay barridos por la erosión) y en sus bordes dunas y depósitos de playa (Colom, Sacarés, Cuerda, obra citada). Durante el cuaternario se produce una intensa erosión que dismantela en parte los sedimentos anteriores y deja depósitos de limos rojos y gravas.

3.3. Inventario de puntos acuíferos.

Se han recopilado los datos existentes (Comité de Coordinación-EDDES), sobre puntos acuíferos y, en bas a este material, se ha completado, dentro de lo posible, dicho inventario.

Los conocimientos sobre las obras existentes y su ubicación figuran en el Plano de Inventario -Plano 5- y en el Anejo 5 (Datos de Inventario de Puntos de Aguas, Características y Calidad)

En general son muy inexactamente conocidos los materiales cortados durante la perforación y las profundidades de la obra, pocas veces se conservan los testigos y todo lo más quedan restos de ellos desordenados.

3.4. Climatología

Los datos básicos tanto de temperaturas como pluviométricos, utilizados en este capítulo se han tomado del anejo de climatología del Informe de Recopilación y Síntesis (SGOP-EDES Palma 1970).

3.4.1. Temperatura.

Oscila entre los 10°C (Enero-Febrero) y los 25°C (Julio-Agosto). Las temperaturas medias mensuales de la zona en estudio son muy similares a las obtenidas en la estación de Palma, por lo que se toma esta última como estación de referencia a efectos termométricos, resultando ser aquellas para el período 1949/1965 las siguientes:

Temperatura media en °C mensual, periodo 1945/65

E	F	M	A	M	J
10,37	10,64	12,48	14,62	17,98	21,89
J	A	S	O	N	D
25,00	25,05	23,02	18,61	14,44	11,85

Estos valores mensuales se utilizarán para cálculos posteriores.

3.4.2. Evapotranspiración potencial según Thornthwaite.

La serie anterior de temperaturas permite calcular los valores de la evapotranspiración potencial mensual (ETP) de acuerdo a la formula emírica de Thornthwaite. (ETP= 1.6 $\frac{(10.t)^a}{I}$)

Valores que según la latitud media de la zona de 39º25', resultan ser los que se reflejan en el siguiente cuadro :

ETP SEGUN THERMOWAITE

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura media mensual en G	10,57	10,64	12,48	14,62	17,98	21,89	25,00	25,05	23,02	18,61	14,44	11,85
Indice de calor 1 en G	3,05	3,12	4	5,07	6,93	9,35	11,44	11,45	10,10	7,32	4,98	3,69
ETP media diaria sin ajustar en mm.	0,8	0,9	1,2	1,6	2,5	3,2	4	4	3,6	2,4	1,6	1,1
ETP mensual ajustada en mm.	20,4	22,6	37,1	53,2	85	119	151	142	112	69	40,3	27,4

3.4.3. Pluviometría

Las series pluviométricas medias mensuales que sirven como base abarcan los veinte años que van desde 1949-50 a 1968-69

Las estaciones consideradas aptas para la representatividad buscada en la zona han sido : La Estación Arenal (25-1), Salinas de Levante (12-2), Salinas S'Avall (39-1), Alqueria Blanca (46-1) cuya ubicación figura en el Plano nº 7 (Plano de Isoyetas).

La pluviometría media anual de las estaciones representativas en el período considerado (1949/50 - 1968/69) resulta ser la siguiente:

Estación	Pluviometría media anual en mm.
25-1 Arenal	387,0
12-2 Salinas Levante	416,6
39-1 Salinas S'Avall	387,6
46-1 Alqueria Blanca	476,0

En el Plano 6 se refleja la media mensual para las distintas estaciones consideradas.

La recopilación de datos pluviométricos de todos los puntos de medida situados dentro del perímetro que se estudia (Informe de Recopilación y Síntesis-Marzo 1970), ha permitido el trazado de los mapas de isoyetas (Planos 7a, 7b, 7c) correspondientes respectivamente a un año seco (1963/64) año medio y año húmedo (1958/59) en el período considerado (1949-1969).

Dada la forma de las isoyetas, se ha tomado como pluviometría media mensual de la subzona de "La Marina" (D-16) (Plano 7b) de la estación de "El Arenal" (25-1) y para la subzona de "Campos" (D-17) una media ponderada de las estaciones 12-2, 39-1 y 46-1. Resumiéndose en el siguiente cuadro los valores adoptados.

PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL EN MM.

Mes	Subzona de la Marina (D-16)	Subzona de Campos (D-17)
E.	36,9	44,8
F.	25,5	31,5
M	32,3	30,5
A.	28,0	30,5
M.	23,8	20,5
J.	14,9	24,5
J.	3,9	3,2
A.	14,8	16,0
S.	45,0	45,0
O.	69,9	78,0
N.	48,8	68,0
D.	43,5	4,20
Media anual	387,3	434,5

Valores que vienen reflejados en el Plano 6 (Pluviometria media mensual)

Los mayores precipitaciones ocurren en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, presentando un máximo el mes de Octubre.

3.5. Hidrología de superficie.

La topografía suave; entre 40 y 100 mts. para el Mioceno y entre 5 y 30 mts. para los recubrimientos cuaternarios de Campos, así como la escasa pluviometría, son las causas de que las aportaciones superficiales al mar sean prácticamente nulas. Toda el agua caída en forma de lluvia se evapotranspira o se infiltra, pero no corre superficialmente, a no ser en casos excepcionales de una tormenta de alta intensidad y duración suficiente

3.6.- Hidrología subterránea e hidroquímica.

La existencia de unos 95 puntos de control son deos y pozos (Plano 5 y Anejo 3) de los que 52 están nivelados y de datos de nivel tomados esporádicamente durante los últimos años, ha permitido el trazado aproximado de las líneas isopiezas en las fechas de Agosto-Septiembre de 1970 (Plano 8a) y en Noviembre de 1971 (Plano 8b)

Estas isopiezas corresponden al paquete M_{21} y al Cuaternario en su zona saturada recubriendo al anterior ya que ambas formaciones tienen entonces la misma carga hidráulica.

En el borde NE, (S.3 - Porreras - Felanitx) las isopiezas son meramente aproximativas y equivalen al nivel piezométrico en el paquete M_{25} o al nivel limoso superior, por ello aparecen los importantes saltos entre una y otra piezometría. En el borde W, entre Cap Blanch y el Arenal, algunos pozos presentan anomalías piezométrica puntuales de considerable interés, debidas quizás a motivos de carstificación diferencial como se indica en el apartado 5.1.1. del capítulo 5.

La ausencia de datos al Sur de Lluchmayor deja una vasta zona sin conocer en cuanto a piezometría se refiere.

Las oscilaciones de nivel figuran en el apartado 4.4.1 y en los Planos 9a y 9b.

El acuífero se comporta, en general, como un embalse recargado principalmente por la infiltración directa de lluvia y drenado por el mar y por los bombeos en el Cuaternario al Sur de Campos principalmente.

El borde NW. (Son Veri (723-4-5) zona de Solape) presenta sus dificultades por desconocer su posibilidad o ausencia de conexión con la zona central Algaida-Sancellas.

La calidad química del agua esta suficientemente tratada en el capítulo 5 y plasmada en los correspondientes planos y diagramas.

3.7 Limite de la zona en estudio

Las características topográficas, la geomorfología y geología y la geometría de las izopiezas han permitido establecer los límites de la zona en estudio, límites tanto hidrográficos como geológicos e hidrológicos y que figuran en el Plano 10 (Plano de límites).

3.8 Demandas

Ocupa el primer lugar la demanda agrícola, siguiéndole en menor cuantía la demanda para abastecimiento de los núcleos urbanos que puedan aprovechar los recursos subterráneos de la zona.

3.8.1. Demanda agrícola

Se diferenciará la demanda agrícola actual y la demanda futura prevista (En el anexo de "Demanda agrícola", se trata más extensamente de las necesidades de agua para uso agrícola en esta zona).

Se denominará: Demanda potencial teórica, D_p : A la dotación necesaria para el cultivo al nivel de la parcela (contabilizando la eficiencia de riego) equivaldrá al volumen teórico a bombear suponiendo que no se producen pérdidas en la red.

Demanda teórica del cultivo, D_c : A la necesidad de agua a nivel de la planta y Demanda real, D_r , al agua realmente aplicada por el regante. D_c y D_p están en la relación $D_p = D_c / \%$ por eficiencia de riego.

3.8.1.1. Demanda agrícola actual.

Los datos básicos que se utilizan se han obtenido directamente del Servicio Agronómico de Baleares y del Informe de Recopilación y Síntesis (EDES-SGOP. Palma 1970)

Según datos facilitados por el Servicio Agrónomico de Baleares la superficie en riego (términos de Campos (75%) Lluchmayor, Felanitx y Ses Salines y algo de porreras y Santanyó) alcanza las 1610 has. en 1970

La superficie cultivada asciende a 1850 Has, lo que se traduce en un índice de ocupación de 1.15.

La demanda real D_r , se centra sobre los 6.100 m³/Ha. año, lo que equivale a una extracción de 11,3 Hm³/año que considerando una reinfiltración del 10% equivale a un consumo al nivel del manto de 10 Hm³/ año.

La cifra anterior es inferior a la necesaria para satisfacer la Demanda Potencial teórica D_p , en las condiciones actuales (vease Anejo 4 "Demanda Agrícola Actual")

La D_p . se centra, según los cálculos efectuados para la zona, entre 8000 y 9000 m³/Ha año lo que equivale a 14/16 Hm³/año de bombeo, que considerando que parte se reinfiltra se traduce en un consumo a nivel del manto de 12/14 Hm³/año.

El siguiente cuadro resume lo anteriormente dicho.

DEMANDA AGRICOLA ACTUAL -año medio-

lmm3.

	Demanda potencial teorica Dp	Demanda real Año 69 / 70.
Extracción anual del manto acuífero	14 - 16	11,5
Consumo anual del manto acuífero.	12 - 14	10

3.8.1.2. Demanda agrícola futura.

La baja calidad del agua que provoca un crecimiento defectuoso de la planta con la consiguiente rentabilidad baja, en las zonas de más intenso regadío actual, hacen prevver un incremento mínimo cuando no nulo, de la superficie de riego en esta zona sin crear graves problemas de intensificación salina.

Por ello se estima como nulo el aumento de las Has. regables en el cuaternario de Campos y un posible incremento en el triangulo Campos - Porreras - Felanitx, incremento no definible hasta que se decidan los destinos de dichos recursos.

Posiblemente más que aumentar la superficie en regadío convendría dotar suficientemente a los actualmente existentes.

3.8.2. Demanda para abastecimiento

3.8.2.1 Demanda actual

Los datos que aquí figuran se basan en el censo de Diciembre de 1970 del Instituto Nacional de Estadística y en el Informe de Recopilación y Síntesis (EDES-SGOP 1970)

a) Población residente.

La población actual que puede ser necesario abastecer del manto de la formación acuífera en estudio, oscila entre 25.000 y 30.000 habitantes que para una dotación de 180 l/h día suponen de 1,3 a 1,7 Hm³/año.

b) Población turística.

En el año 1967 el nº de estancias fue de 479.146, actualmenteserá algo mayor, pero para una dotación de 300 l/h. día la demanda turística actual oscilará entre 0,2 y 0,3 Hm³/año.

Actualmente el consumo servido entre la población residente y turística oscila alrededor de 1 Hm³/año con foco principal en el Arenal de Lluchmayor, abastecido por los sondeos de Son Verí.

3.8.2.2. Demanda probable futura

a) Población residente.

La tendencia de la población residente es estacionaria. El informe de Recopilación y Síntesis (EDES-SGOP 1970) establece para el año 1985 una demanda de 1,8 Hm³/año (180 l/h. día) y para el año 2.000 del orden de 3 Hm³/año (280 l/h.día) incremento debido a una mayor dotación.

b) Población turística.

El citado informe establece para el año 1985 una demanda de 1 Hm³. y para el año 2000 2 Hm³. Estas cifras basadas en la ley de crecimiento del nº de estancias parecen excesivas.

Cuadro resumen de la demanda para abastecimiento

	Demanda actual	Demanda futura Hm ³	
	(1972) Hm ³ .	Año 1985	Año 2000
Población residente	1,3 - 1,7	1,8	3
Población turística	0,2 - 0,3	1	2
TOTAL	1,5 - 2	2,8	5

CAPITULO 4.- HIDROLOGIA SUBTERRANEA

4.1. Descripción de los acuíferos.

Pueden considerarse como acuíferos las siguientes formaciones:

Dolomías Infraliásicas (L).

Se trata de dolomías brechoides o compactas muy trituradas (en forma de pequeños paralepipedos) grises. En esta región suele comportarse como buen acuífero, aunque no es muy extenso. Pequeñas unidades aisladas.

Las principales unidades explotadas son las de Puig de Montesión por su vertiente oriental. Presenta poca importancia en el estudio del conjunto.

Conglomerados y Calizas del Eoceno-Oligoceno.-

Serie detrítica, permeable por fisuración. Poco importante como acuífero. Lo explotan escasos pozos en los que se obtiene poco caudal. Localmente puede alimentar al Helveciense (S-4).

Helveciense.

Se diferencian aquí dos niveles (M_{21} y M_{23}). El primero (M_{21}) está constituido por un primer tramo (superior) de calizas microcristalinas y un segundo tramo de calcarenitas más margosas con niveles lumaquéllicos que pueden estar carstificados.

El espesor del primer plano oscila alrededor de los 50-80 m. y no esta saturado más que en la depresión de Campos y en la zona de Son Veri siendo el que da pozos con mejores rendimientos. El segundo tramo tiene pocas características de permeabilidad; no obstante los niveles lumaquéllicos más o menos carstificados pueden dar

permeabilidades interesantes pero muy dispersas.

El segundo nivel (M₂₃) esta menos estudiado y también menos explotado. Su extensión parece menor. Se trata de un acuífero que en su parte puede estar confinado formado por calcarenitas y calcisiltitas, muy compactas carstificadas con niveles de calizas arenosas y conglomerados. Lo explotan algunos pozos de la zona Porreras-Pelanitx.

Cuaternario.

Constituido por gravas intercaladas entre los limos rojos y algún nivel de lumaquela (deposito salobre lagunar) pueden tener interés ciertas zonas de duna.

Sólo se encuentra saturado en la depresión de Campos.

4.2. Características geométricas de los acuíferos

Limitándose a los acuíferos Helvecienses y Cuaternario, pues los demás tienen interés local al estar en unidades muy dispersas y conocerse poco sus características.

Acuífero M₂₁.

Tiene una extensión superficial de aproximadamente 640 km². de los que 250 están recubiertos por Cuaternario o suelos de descomposición y sólo unos 420 km². están saturados, con una potencia medida de 150 m. y máxima de 180 (salvo en la zona al N. de Campos, donde la potencia media es de unos 50 m.)

La extensión de la zona saturada es de unos 420 Km². y el espesor medio saturado de 110 m. y 2 m. por encima del nivel del mar. Conviene mencionar que este acuífero se encuentra en seco al N. del S-3 (aproximadamente entre 1 y 2 km. al norte).

Acuífero M₂₃.

Su extensión es desconocida. El espesor medio es de unos 40 m. Se trata de un acuífero en parte confinado.

Cuaternario (Q).

Si se contabilizan como cuaternario los suelos de descomposición de pequeño espesor que recubren en parte el mioceno (estos suelos no figuran en el plano geológico) éste alcanza los 250 km². aproximadamente, cifra que quizás influya al tener que contar con estos suelos a efectos de retención-evapotranspiración-infiltración.

Del cuaternario como tal sólo se contabilizan las extensiones de Lluchmayor (70 km².) y la del Sur de Campos (90 km².) de los cuales solamente están saturadas

unos 60 km². (Sur de Campos) con un espesor medio de 10-15 m. y espesor saturado de 10 m., disminuyendo hacia el Norte. El resto no constituye acuífero.

4.3. Características hidrológicas de los acuíferos.

4.3.1. Trasmisibilidades

La ausencia de ensayos puntuales -ensayos de bombeo-, imposibilita el conocimiento preciso de los parámetros hidrológicos de la formación acuífera Miocena así como del Cuaternario saturado que la recubre parcialmente.

Basándose en datos del nivel dinámico en época de bombeo, se ha calculado un valor aproximado del caudal específico (Q/a) en varios puntos de extracción (Plano II, Caudales específicos y valores estimativos de la transmisividad) valor que oscila entre 100 y 500 m³/día/m en el Mioceno (M_{21}) al Sur de la línea Campos Lluchmayor y entre 1000 y 2500 m³/día/m. en el Cuaternario al Sur de Campos (debe tenerse en cuenta que bastantes pozos de los observados en el Cuaternario, atraviesan un poco de "mares" $-M_{21}$ - con lo que este segundo dato vendrá influenciado por la posible buena transmisividad del techo del Helveciense bajo el Cuaternario).

Mediante tanteos (utilizando la fórmulas teóricas de Jacob) se ha establecido la relación aproximativa que deberá ser posteriormente modificada en cuanto se disponga de datos de ensayo de bombeo, siguiente:

- Para el Mioceno (M_{21}) al Sur de la línea Cap Enderrocat-Lluchmayor-Campos. La transmisividad se considera comprendida entre 1.1 Q/s y 2 Q/s.

- Para el Cuaternario y algún metro del techo Mioceno que le sirve de base, comprendida entre 0,9 Q/s y 1.5 Q/s (Q en m³/día y s en metros.)
- Entre Campos y Porreras apenas existen datos, sin embargo un reciente sondeo realizado por el IRYDA (Septiembre 72) junto al S.3 que capta el paquete M₂₁ y el M₂₃ (Cortes Hidrogeológicos Plano 3) ha mostrado unas condiciones hidráulicas locales excelentes y de la que se deduce una T próxima a 7.000 m²/día para el paquete M₂₁ y posiblemente próxima a 3.000 m²/día en el paquete M₂₃ (Plano 11).

Este dato invita a centrar en el futuro las investigaciones sobre esta zona al Sur y al Norte de la Carretera Porreras-Felanitx y así investigar el paquete denominado M₂₃, apto para su calidad química, para futuros abastecimientos.

4.3.2. Coefficiente de Almacenamiento o porosidad eficaz

A falta de piezómetros junto a pozos de bombeo, ha tenido que estimarse este parámetro.

La porosidad eficaz se considera próxima a 10^{-2} en el paquete Mioceno M₂₁ y próxima a 10^{-1} en el Cuaternario.

Al coeficiente de Almacenamiento del paquete M₂₃ se le asigna un valor de 10^{-3} .

Un primer tanteo evaluativo puede centrar el orden de magnitud asignado a la porosidad eficaz en el cuaternario del siguiente modo:

La explotación de éste en su extensión de unos 60 km². al Sur de Campos es del orden de 10 Hm³. durante el estiaje, teniendo en cuenta que puede ser recargado por el mioceno inferior y lateralmente pero al mismo tiempo pueden existir salidas hacia el mar o a zonas pantanosas -Salinas- pueden establecerse entre 5 y 8 Hm³. la variación total de reservas en estos 60 km². para una fluctuación piezométrica media de 1 metro (se supone la recarga directa es nula durante los meses de riego). Entonces:

$$S_1 \times 60 \times 10^6 \times 1 = 8 \times 10^6 \quad S_1 = 1.3 \cdot 10^{-11}$$
$$S_2 \times 60 \times 10^6 \times 1 = 5 \times 10^6 \quad S_2 = 0.08 = 8 \cdot 10^{-2}$$

el coeficiente de almacenamiento o porosidad eficaz de este cuaternario explotado para riego obtenido así parece próximo al valor de 10^{-1} .

4.3.3. Capacidad de Embalse

Evaluar las reservas de agua dulce es prácticamente imposible, ya que se desconoce la posición de la interfase en el paquete Mioceno M_{21} ; esta interfase no se aproximará probablemente a la superficie teórica de Ghyben-Herzberg ya que es de preveer la existencia de domos más o menos pronunciados y numerosos (varias zonas de bombeo se alcanzan durante el estiaje cotas negativas continuas del nivel dinámico).

Por lo tanto se evaluará el volumen de embalse positivo, denominando así al volumen comprendido entre la cota o (nivel del mar) y la cota piezométrica media en la formación.

- Cuaternario Q.

Superficie saturada 60 km². porosidad media es estimada: 10^{-1} . Espesor saturado medio: 10 m.

Cota piezométrica media 1,5 m.

Volumén total: $60 \times 10 \times 10^{-1} = 60 \text{ Hm}^3$.

Embalse positivo: $60 \times 1.5 \times 10^{-1} = 9 \text{ Hm}^3$.

- Mioceno paquete M_{21} .

Superficie saturada: 420 km². porosidad media estimada: 10^{-2} . Espesor saturado medio: 100 m.

Cota piezométrica media: 2 m.

Volumén total: $420 \times 100 \times 10^{-2} = 420 \text{ Hm}^3$,

Embalse positivo: $420 \times 2 \times 10^{-2} = 8,4 \text{ Hm}^3$.

- Paquete calcarenítico M_{23} captado en los sondeos S.4, S.5 y S.8 (corte hidrogeológico Plano 3):

Se desconocen sus características geométricas e hidrológicas. Se trata de un acuífero en parte confinado sin conexión aparente con el mar, por lo que aquí no se hablara de "Embalse positivo".

En una primera aproximación se considera que puede extender unos 60 km². con un espesor medio de 40 m. y un coeficiente de Almacenamiento supuesto de 10^{-3} .

Volumén embalse: $60 \times 40 \times 10^{-3} = 2,4 \text{ Hm}^3$.

4.4. Funcionamiento del embalse subterráneo

4.4.1. Oscilación de niveles.

Se poseen datos de oscilación de niveles desde 1970, cuya historia está reflejada en los Planos 9a y 9b junto con las pluviometrías mensuales en las mismas fechas a efectos comparativos.

Las mayores oscilaciones se producen en la parte más occidental del acuífero (Octante 723-4) así como al norte de Campos (Octante 724-3), es tas fluctuaciones que pueden alcanzar en ambos casos los 3 metros de diferencia son especialmen te debidas a bombeos puntuales, que por tratarse de las zonas donde el caudal específico (Q/s) es menor (Plano 11) provocan depresiones más acusadas en los puntos de extracción, reflejándose en los gráficos de oscilación.

En la parte Sur de la formación acuífera (Octantes 724-6 y 724-7) los niveles fluctúan poco, se trata de la zona más transmisiva y de mayor explotación, estos se mantienen entre 0 y \pm 1 metro generalmente. Una toma de datos de nivel cuidadosa realizada en Junio de 1972 ha demostrado que bastantes puntos de extracción mantienen su nivel dinámico durante la época de máxima explotación (Junio-Septiembre) por debajo del nivel del mar (entre 0 y -1 m. generalmente) (plano 12).

4.4.2. Recarga

La infiltración directa debido a la pluviometría sobre la formación permeable, constituye la principal fuente de recarga de la zona.

Secundariamente cierta recarga por escorrentia directa que se infiltrará en la formación proveniente de los bordes cuya cuenca hidrográfica vierta hacia el Mioceno, (Plano 10. Plano de límites)

Se trata de la zona montañosa Galden-Randa Porreras, con 68 km². de cuenca vertiente y la espina entre Felanitx y Alquería Blanca (Puig de San Salvador) con unos 80 km². de cuenca vertiente.

En tercer lugar puede existir cierta recarga subterránea a través de bordes semipermeables especialmente al NE de la formación en estudio, recarga que, en un principio por su cuantía y condiciones parece despreciable.

Se evaluarán estas recargas en el apartado

4.4.4.

4.4.5. Descarga

La principal descargase efectua a través de las obras de captación (pozos y sondeos) que se utilizan para absteamiento agrícola, más el pequeño porcentaje destinado a abasteamiento urbano.

Los manantiales inventariados son de escasísima importancia.

Los 50 km. de costa de contacto, formación acuífera-mar constituyen también una importante línea de drenaje y pérdidas directas de los recursos.

Se evaluarán estas descargas en el apartado 4.4.4.

4.4.4. Balance (actual)

Para centrar el balance se procederá a un estudio de la Descarga actual y a una evaluación de la Recarga media.

4.4.4.1 Evaluación de la Descarga

- a) Descarga agrícola.- Como yase mencionó en el apartado de demanda, oscila al extracción para uso agrícola (1971) alrededor de los 10 Hm³/año considerando ya el porcentaje reinfiltrado.
- b) Descarga abastecimiento: Para usos urbanos la extracción actual oscila alrededor de 1 Hm³/año concentrado en la zona de "solape" (Arenal).
- c) Descarga al mar: Los recursos que drenan al mar son difíciles de evaluar, por no conocerse los valores de transmisividad en la línea de costa y falta de puntos de control en la franja costera que reproduzcan con exactitud la piezometría.

El caudal de drenaje vendrá dado por $Q = T_{ix}iL$ donde T es la transmisividad media costera; i : la pendiente piezométrica y L : la longitud de costa drenante.

Observando los planos de piezometría y el de transmisividades (Plano 8 y 11) pueden acotarse estas descargas del siguiente modo:

C.1) Tramo de costa desde El Arenal a S'Estanyol L=30 km. en i (media) comprendida entre $10^{-3}/3,5$ y $10^{-3}/1,5$. T media comprendida entre 200 y 1000 m²/día.

Para estos valores el caudal de drenaje Q estará comprendido entre 1.700/4.000 m³./día para $T = 200$ m² día y 8500/20.000 m³/día para $T=1000$ m²/día, dependiendo de la piezometría según la época del año, lo que equivale a un volumen medio anual entre 3 y 9 Hm³/año.

C.2) Tramo entre S'Estanyol y el Borde E de la formación acuífera.

Las salidas directas al mar se ven disminuidas por los bombeos en el Cuaternario, que provocan entre la Playa del Trench y la Colonia de San Jordi una inflexión tierra dentro de las izopiezas. Se estiman éstas del orden de 1 Hm³/año (T media del orden de 2500 m²/día), llegando a poder ser nulas e incluso negativas al finalizar el período de fuerte explotación.

Parte del agua del Cuaternario alimenta las zonas estancadas, (lagunas) que para una superficie libre de 1 km². y una capacidad de evaporación de 79 mm (Thornthwaite) significa unas pérdidas directas de 1 Hm³/año.

Resumiendo, la descarga al mar y por evaporación directa puede en principio, centrarse en los siguientes ordenes de magnitud:

Salidas directas al mar : 4 - 10 Hm³/año
Evaporación directa : 1 Hm³/año

Total 5 - 11 Hm³/año

La descarga actual media de la formación acuífera Miocena-Cuaternaria se evalúa consiguientemente en :

- Descarga agrícola actual Hm³/año..... 10
- " para abastecimiento actual Hm³/año..... 1
- Salidas al mar / Evaporación directa. Hm³/año..... 5-11
- Total descargas Hm³/año.....16-22

4.4.4.2 Evaluación de la Recarga Media

a) Recarga por infiltración directa de la lluvia

Establecer la posible infiltración a base de un balance termo-pluviométrico, adolece del peligro que implica el fijar unos parámetros (especialmente el coeficiente de retención del suelo, R_s ,) que a falta de ensayos no se aproximen lo suficiente a la realidad, lo que en cuencas con bajas pluviometría y alta evapotranspiración puede conducir a errores groseros del valor de la infiltración. Si se añade que la estimación de la evatranspiración media también es aproximativa y la gran influencia del error de este dato en la infiltración, quedan claras las consecuentes reservas con

que debe tomarse tal evaluación.

No obstante dando como válidos los datos de evapotranspiración se ha procedido a la inversa, ajustando a groso modo la recarga a las descargas calculadas anteriormente y así se ha llegado a unos coeficientes de retención del suelo, Rs.

En el Mioceno dichos coeficientes han dado valores bajos, por lo que antes de darlos como suficientemente aproximados, fueron consultadas experiencias sobre retención realizadas en Canarias (Jose M^a Macias C.E.M.) que confirmaron la posibilidad de validez de estos valores, mientras no se cuente con la realización de ensayos que los confirmen o invaliden. Los valores obtenidos para el Cuaternario se aproximan bastante a los obtenidos mediante ensayos "in situ" y en laboratorio en el Plio-Cuaternario de Guadix por el Proyecto Guadalquivir (Fao-Gobierno Español). Con los coeficientes Rs así obtenidos se ha vuelto a invertir el proceso calculando la infiltración.

Estos Rs han sido:

- Mioceno della Marina (Subzona D-16). Suelos de "Mares" Caliza y Calcarenita, vegetación tipo "garriga" (matorral), generalmente sin apenas recubrimiento de suelos de cultivo. Coeficiente Rs, muy bajo, entre 25 y 15 mm.
- Mioceno de la subzona de Campos (D-17) : "Mares" recubierto en parte por costras y suelos de descomposición coeficiente de retención Rs bajo, próximo a 35 mm

- Cuaternario: Terrenos de cultivo poco arcillosos, especialmente extendidos al S. y N. de Campos, así como algo al Norte de la línea de Lluchmayor. Campos Coeficiente de retención estimado Rs, entre 50 y 60 mm.

Estos parámetros, junto con la pluviometría media y los valores de evapotranspiración (Thorntwaite) han dado los siguientes valores de volumen de infiltración

Mioceno Marina...	Infiltración = 20/30 mm.
	4,5/6,5 Hm ³ ./ año.
Mioceno Campos...	Infiltración = 49 mm.
	8 Hm ³ ./año.
Cuaternario Campos.	Infiltración= 29/35 mm.
	6.5/8.5 Hm ³ ./año.
TOTAL.....	19/23 Hm ³ . año

b) Recarga media anual por escorrentía proveniente de la zona semimontañosa comprendida en la cuenca hidrográfica.

La escorrentía superficial quep puede vertar e infiltrarse en parte en la cuenca hidrogeológica podrá aproximarse, según Informe Recopilación y Síntesis EDES-SGOP Fuster 1971, mediante la fórmula a=0,35 (P-450) así:

- Para la superficie de recogida Felanitx-Puig de San Salvador-Alquería Blanca. Area = 30 km². P media = 485 mm.
 $a = 0,35 (485-450) = 12 \text{ mm}$. Escorrentía = 0,3/0,4 Hm³.
- Superficie Puig de Galden-Manda_Porre ras. Area = 68 km². Pm 480 m.
 $a = 0,35 (485-450) = 12,7 \text{ mm}$. Escorrentía 0,7/0,8 Hm³/año.

Escorrentía total 1/1.2 Hm³. lo que hace presuponer que se infiltrarán y alcanzarán la capa freática aproximadamente 1 Hm³.

c) Recarga subterránea.

Dada la constitución geométrica y geológica los bordes de la formación acuífera en estudio, se estima que la recarga subterránea debe ser mínima y que a efectos de balance puede considerarse despreciable.

Acuífero	Extensión Superficial		Espesor medio		Porosidad eficaz media estimada.	Trasmisividad M2 / día	Espesor positivo. M. (l.)
	Total Km2	Saturada Km2	Total M.	Saturado M.			
Cuaternario	250 (70+90) (3)	60	10/15	10	10^{-1}	300 / 3000	1.5
M ₂₁	640	420	150	100	10^{-2}	200 / 1000	2
M ₂₃	(60)?	(60)?	40	40	(S= 10^{-3})?	(1000 / 2000?)	

(1) Se entiende por espesor positivo la altura saturada sobre el nivel del mar y se toma este índice dado el alto grado de salinación observado.

(2) No se dispone de datos suficientes, por lo que estos valores son estimativos.

(3) En los 250 km². están contabilizados los suelos de descomposición de pequeño espesor (0,5-3 m. que recubren en parte al Mioceno. El Cuaternario como tal ocupa unos 160 km². (70 Km². en Lluchamayor y 90 Km². al Sur de Campos)

Piezometría y oscilaciones.

A excepción del Borde NE., donde la geometría cambia (vease corte geológico. Plano 3 b) el resto mantiene una cota piezométrica media de \neq 2 m. con fluctuaciones de hasta 3 metros en zonas locales y de 1 metro en la depresión cuaternaria.

Comunicación entre los acuíferos.

El paquete mioreno M_{21} y el Cuaternario saturado están perfectamente comunicados constituyendo una sola unidad hidrogeológica.

La comunicación del paquete M_{23} con el Mioceno superior (M_{21}) ofrece dudas a resolver en el futuro mediante una investigación clarificadora de este paquete, hasta ahora muy poco conocido.

Calidad Química.

En la Meseta de Lluchmayor los datos de calidad son variables, pero en general puede hablarse de calidad aceptable mientras no se profundice la obra más allá de de algunos metros por debajo del nivel del mar.

En la Depresión de Campos muestra una distribución suficientemente uniforme de calidad mediocre-mala.

Funcionamiento hidraulico de los acuíferos.

Recarga media.

Estimada en 20/24 Hm³./año de los que 19/23 Hm³./año constituyen infiltración directa de lluvia y el resto (1 Hm³./año) infiltración de la escorrentía superficial proveniente de cuencas limítrofes.

Descarga media actual.

Por bombeo: Se cifra actualmente en unos 11 Hm³/año, de los que 10 Hm²./ año son destinados a usos agrícolas y 1 Hm³./año a usos de abastecimiento.

Descarga directa: Las salidas medias directas al mar se han estimado entre 4 y 10 Hm³./año a las que hay que añadir 1 Hm³/año de evaporación directa de las zonas de salinas.

Balance.

Sólo mediante un control de niveles y calidad a medida que se incrementan las explotaciones puede decirse cuales son los recursos no aprovechados actualmente. En principio no parece prudente programar nuevas explotaciones que sobrepasen los 4/5 Hm³./año y ello alejándose de las zonas costeras y en la Depresión de Campos (Q).

Conclusiones.

Es necesario seguir manteniendo un control de niveles y calidad, a fin de preveer la infra o sobre explotación futura y poder regularla.

No proyectar en principio un incremento de explotación que sobrepase en $4/5$ Hm³/año a la actual cifra, a la que debe llegarse gradualmente.

Como zona de preferencia para nuevas extracciones se estima el borde NE como el más propicio.

Se considera muy peligroso el incremento de los bombeos en el Cuaternario de Campos.

CAPITULO 5.- HIDROQUIMICA

5.1. Calidad actual del agua de los acuíferos

Con los análisis completos efectuados en Junio-Julio de 1972, se han realizado un plano de diagramas de Stiff modificados y gráficos de Piper, Schoeller y Potabilidad.

En los gráficos de Piper y Schoeller (Plano 13) se observa una gradación muy regular hacia el tipo agua de mar. No parece que se puedan diferenciar grupos de aguas con características definidas.

Tomando como extremos el agua de mar y la del pozo 724-1-2 (San Juliá) por encontrarse ésta en el borde N. y a suficiente distancia del mar para suponer que no existe modificación por contaminación y que representa el tipo de calidad de agua primaria del acuífero, se observa que todas las demás muestras se agrupan alrededor de la recta que une estos dos análisis.

En el plano de diagramas de Stiff (Plano 14a y 14b) se observa la distribución horizontal de las calidades y a partir de aquí se tratará la distribución de las mismas por acuíferos.

5.1.1 Acuífero M₂₁ y Q.-

Se constata aquí en principio una diferenciación inicial en dos zonas: Llanura de Lluçmajor Marina y Depresión de Campos.

La primera presenta una distribución bastante arbitraria de las calidades; esta dispersión puede ser debida en parte a profundización excesiva de algunos sondeos y diferencias en la cuantía de los bombeos. Los datos del inventario no aportan pruebas en este sentido pero, en otras zonas (alrededores de Santanyi, se conoce el caso de dos sondeos (Son Rulla y Son Morla) en los cuales sucedió que en el curso de la perforación se cortó el nivel de agua y se efectuó una prueba de bombeo, obteniéndose poco caudal (7-10 m³/h.) pero de buena calidad. Para aumentar dicho caudal se profundizó más el sondeo (50 m. \neq en el primer caso y unos 20 en el segundo) con lo cual se extrajeron unos 40-50 m³/h., pero con una calidad entre 5 y 11 gr. ClNa/l (datos procedentes de los arrendatarios de las fincas). Posiblemente también haya sucedido algo parecido en pozos de la zona que se estudia.

Por otra parte, en un estudio detallado realizado por GEOTECNIA en la zona de C'as Garrigue (próxima a cabo Enderrocac) se observó la posible presencia de una carstificación diferencial, lo cual podría explicar en parte la diferencia de calidad entre pozos próximos con las mismas características y también diferencias acusadas de nivel entre pozos próximos (J. Molist comunicación verbal).

En principio parece que los pozos situados al N. de Son Serra (S.1) no presentan problemas de calidad y los situados al S. presentan una dispersión notable de la misma en función de la profundidad, bombeos y carstificación local.

Mención especial merece la zona de Son Verí (Borde N. de la zona de estudio y límite con el llano de Palma). En esta zona, en la cual existen obras de captación importantes para abastecimiento del Arenal, parece ser que la calidad está muy directamente ligada a la profundidad de la obra. Por tratarse de una zona muy importante se está efectuando un estudio detallado por lo cual es prematuro sacar conclusiones. Posiblemente existe una recarga importante procedente de la zona de Sancellas Algaída, lo que hace que no se hayan presentado todavía problemas apreciables a causa de la explotación.

La depresión de Campos parece más homogénea. Se trata siempre de aguas de calidad media o mala y en función de la profundidad y de los bombeos. Solamente en los bordes mejora la calidad.

Por las características de los análisis se trata de una clara contaminación marina y posiblemente parte de la dispersión es debida a recirculación (no olvidar que los niveles es tán muy próximos a la superficie y que se trata de una zona de regadío.)

Es interesante citar en esta zona, la fuente de San Juan, termal y con un alto contenido salino (Anejo 3). Roselló describe la fuente en su obra (Mallorca Sur y Sureste) y plantea las posibles explicaciones: falla profunda y aumento de temperatura de agua salobre (de origen máximo) por proceso de fermentación turbosa. Con los datos geológicos disponibles es imposible concluir algo definitivo, no obstante la idea de la existencia de una falla profunda no es desechable.

En la zona de la depresión de Campos, hacia el S. y cerrada por las dunas de la Playa d'el Trenc, existe una zona pantanosa, hoy parcialmente desecada (es Salobrar de Campos) del que las Salinas en explotación y Sa Mareta des Trench son restos. (Roselló obra citada).

Hacia el cabo Salinas existen otras dos lagunas de tipo salobre Estany de Ses Gambes y D'el Tamarells.

La alimentación de estas lagunas parece que se realiza por surgencias en su fondo próximo a los bordes, surgencias éstas de tipo salobre (fuentes de interfacies?).

La presencia de estas lagunas parece apoyar la idea de una salinización previa del acuífero (zona pantanosa o antigua albufera).

Calidad para agricultura y abastecimiento.-

Se consideran varias zonas cuyas características de calidad, resumidas se incluyen en el anejo 3. Estas zonas son: SON VERRI-SON MOJOS (Parte N°) LLUCHMAYOR-MARINA, DEPRESION DE CAJAS.

La primera zona presenta calidades de agua bastante explotables. Solamente superan el límite de potabilidad según la norma española de 1960 respecto a cloruros (Anejo 3 y Plano 13) algunos pozos. También presenta algún problema de contaminación orgánica (colibacilos) el pozo 723-1-3 (Son Verrí).

Por lo que respecta a la calidad agrícola se trata de aguas de buena calidad para suelos con buen drenaje, con índices SAR que oscilan entre 3,9 y 5,6 (Ver anejo 3)

La segunda zona se encuentra comprendida entre las características de ésta y la tercera. Dada la gran dispersión de los valores obtenidos nada se puede generalizar a este respecto (Habría que tratar cada pozo en particular). Como puede observarse en el plano de diagramas de Stiff (plano 14) y en el Anejo 3, la calidad en lo que es específicamente Llano de Lluchmayor (al norte del S-1 (724-1-3 Son Serra) es potable y por los pocos datos que se poseen notablemente más homogénea).

La zona de la depresión de Campos está realmente muy contaminada y presenta aguas fuertemente cloruradas sódicas (solamente 3 muestras de las 11 recogidas presentan valores inferiores a 1000 ppm. de Cl. y se trata de muestras de la zona de borde, hacia el E. próximas a Santanyi) no aptas para abastecimiento por sobrepasar los límites de potabilidad (norma citada) en lo que respecta a Cl⁻. Residuo seco y dureza fundamentalmente. En lo referente a calidad agrícola se trata de aguas con índice SAR que oscila entre 6,6 y 27,5, es decir, no aptas teóricamente incluso para suelos muy bien drenados.

En esta zona aumenta la contaminación orgánica (coliformos). Posiblemente en todas las zonas estudiadas esta contaminación se produce por una deficiente construcción de las instalaciones de extracción. Al tratarse concretamente aquí de pozos abiertos en una zona con predominio de explotación ganaderas (establos etc.) en la mayoría de los casos no suficientemente aisladas de los pozos, es más fácil la contaminación bacteriológica.

5.1.2 Acuífero M₂₃

Se poseen datos de calidad en dos zonas: Son Grau (S.5) - Porreras - Felanitx y Zona de Pahisa - S.1 (Llano de Lluchmayor-Marina).

De la primera zona se dispone de bastantes datos actuales, tanto geológicos como de calidad del agua. Se trata de aguas cuyos componentes se encuentran en su totalidad dentro de los límites de potabilidad y por tanto muy aptas para abastecimiento. Por otra parte al tratarse de un acuífero profundo, la contaminación orgánica es bastante más difícil.

Desde el punto de vista agrícola, se trata de aguas aptas para los cultivos y para suelos incluso con drenaje deficiente (SAR entre 1,5 y 2,7).

De la segunda zona se poseen muy escasos datos. Las muestras obtenidas en un bombeo de corta duración en el sondeo profundo S.1. dan una calidad muy mala para este acuífero (Ver anejo 3 y plano 14 b), tanto desde el punto de vista agrícola como de abastecimiento. Por otra parte un sondeo efectuado en el predio Pahisa (entre Lluchmayor y Campos 724-2-3-) dió al parecer, primero un exiguo caudal de agua dulce (acuífero M₂₁) y luego corto un acuífero artiano con agua a 342 y fuertemente salina (21 gr. ClNa?) (información verbal procedente de A. Muntaner y del aparejador del Ayuntamiento de Lluchmayor). Este sondeo tiene al parecer unos 200 m. y alcanza el Burdigaliense. Con estos datos parece poder hablarse en principio de una falla profunda al pie del macizo de Randa S.L. que en la zona de Pahisa alimentase al acuífero M₂₃ con aguas salobres termales procedentes de acuí

feros más profundos (posible explicación también al termalismo de la fuente de San Juan?).

Las muestras obtenidas procedentes del nivel acuífero inferior del S-1 no permiten aclarar la procedencia del agua ni los motivos de su salinización (plano 14.b) que podría también provenir de una infusión marina. No obstante dado que se desconoce si este acuífero alcanza a ponerse en contacto con el mar, no es posible optar por ninguna de las posibles explicaciones.

**CUADRO RESUMEN DE LA CALIDAD
DE LAS AGUAS DE LOS ACUIFEROS, POR ZONAS.**

Zona	Cl ⁻ en p.p.m.	SO ₄ ²⁻ en p.p.m.	CO ₃ H+CO ₃ ⁻ en p.p.m.	Residuo seco a 105°C. en p.p.m.	SAR	Acuifero	Observaciones
ZONA SON VERI - SON MONJOS	99-453	19-80	150-317	270-1210	1,9-5,6	M11-M21	6 muestras
LIMBO DE ILLUMAJOR - MARINA	148-3581	22-424	207-446	570-6200	2,3-19,2	M21	Total de 17 muestras
DEFRESION DE CAM- POS	709-10494	133-1844	301-446	1730-6680	6,6-27,5	Q-M21	Solo tres muestras presen- tran contenido menor de 1000 ppm de Cl ⁻ . de un total de 15 muestras
ZONA SON GRAU-FO- RBRAS-PELANITX	120-269	28-166	341-455	620-1100	1,5-2,7	M23	7 muestras

CAPITULO 6.- COMPARACION DE LOS RECURSOS Y DE LAS DEMANDAS.

Ponderando las cifras obtenidas en la evaluación de la descarga, con las de la Recarga Media (apartado 4.3.4) pueden cifrarse los recursos (en parte no aprovechables) entre 16 y 22 Hm³ anuales, de los que entre 11 y 12 Hm³ se consumen actualmente entre agricultura y abastecimiento, estando de 5 a 10 Hm³ que se pierden principalmente al mar (Parcialmente aprovechables.)

Las demandas totales (agrícolas y abastecimiento) según lo obtenido en el apartado 3.3. Se cifran en:

- a) Demanda total considerando que no varían las Has. de regadío en el futuro y se abastece a los regadíos existentes con su dotación teórico-necesaria.

Extracción.....	1972	1985	2000
Hm ³	15,5/18	17/19	19/21
Consumo a nivel del			
manto (considerando			
reinfiltración).....	13,5/16	15/17	17/19
Hm ³ .			

- b) Demanda total considerando que no se incrementa la dotación real actual utilizada en usos agrícolas ni las Has. de regadío.

Extracción Hm ³	1972	1985	2000
	13/13,5	14	16
Consumo a nivel del			
manto.....			
	11,5/12	13	15

El porcentaje de los recursos totales provechables mediante nuevas explotaciones ve
drá acotado y será función de los problemas de
salinización que puedan crearse. Es imprescindi
ble mantener unas mínimas descargas del acuífero
al mar, a fin de impedir la intrusión, por lo que
parece aconsejable no incrementar los regadíos que
actualmente existen.

CAPITULO 7.- INFORMACIÓN SOBRE LA EXPLORACIÓN ACTUAL Y FUTURA

En principio y a la vista de esta primera aproximación realizada en este Informe, no parece prudente sobrepasar los 16 Hm³. anuales medios -lo que equivale a un incremento de unos 4/5 Hm³. de la explotación actual.

Incremento cuyo fin (agrícola o urbano) tendrá que establecerse según la escala de necesidades prioritarias que se considere oportuna.

Las nuevas obras de captación deberían alejarse de la costa y en especial rehuir de una mayor explotación en el Cuaternario situado al Sur de Campos.

El control futuro dirá si estas primeras previsiones son más o menos acertadas y si es posible incrementar la explotación más allá de lo estimado.

Sobre las obras futuras de captación parece de primordial importancia el establecer un tope de profundidad de perforación suficientemente conservador, de modo que el fondo de la obra no sobrepase la cota -2 (dos metros por debajo del nivel del mar) donde el último metro y medio podría estar destinado a cámara de recepción de sólidos de deposición, situando a continuación por encima, la cámara de aspiración.

Para tenerla debería poderse hacer extensible a los actuales pozos existentes y muy especialmente a los que explotan el Cuaternario al sur de Campos, es decir, a la mayoría de abastecimiento agrícola.

Naturalmente ello obligaría a un caudal puntual menor y por lo tanto a un mayor número de obras, pero los peligros de contaminación salina que se observan en los análisis de calidad (Planos 14a y 14 b) hacen deseable tal medida, especialmente si se tiene en cuenta que la superficie de interfacias , agua salada -agua dulce, parece no estar muy profunda y si muy extendida tierra adentro, fenómeno probablemente provocado por el bombeo en grupos de pozos con su nivel dinámico más bajo que el ni vel del mar durante los meses de estiaje.

CAPITULO 8.- PROGRAMA DE TRABAJO FUTUROS DE CONTROL

Se engloba en este capítulo las operaciones de control a realizar en las obras de captación existentes y su periodicidad, a fin de conocer el comportamiento histórico futuro de la formación cuifera y de acuerdo al mismo, evaluar con más precisión las cuantificaciones previstas en este informe.

Los datos sistemáticos futuros de calidad y piezometría son indispensables para el conocimiento del principal problema que tiene hoy planteada esta zona, la alta salinización y por lo tanto para establecer el grado de explotación de los recursos, al mismo tiempo que conocerlos mejor.

8.1. Medidas de niveles piezométricos.

8.1.1 Puntos de control de niveles.

Se utilizarán como puntos de control piezométricos los pozos y sondeos nivelados y de factible medición, éstos son según hoja topográfica octante y número, los siguientes:

- Hoja 725

Octante 4. pozos nº 3, 4, 5, 12, 13,
19, 21 y 22.

Octante 8. pozos nº 5 y 6.

- Hoja 724.

Octante 1. pozos nº 2, 3 y 3-1.

Octante 2. pozos nº 3

Octante 3. pozos nº 5, 4, 6, 7, 8, 9, 10, y 3-7.

Octante 4. pozos nº 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 3-4 y 3-8.

Octante 5. pozos nº 1, 2 y 3.

Octante 6. pozos nº 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

Octante 7. pozos nº 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16 y 3-3.

Octante 8. pozos nº 1, 2, 3 y 4.

- Hoja 748.

Octante 3. pozos nº 1 y 2.

La densidad de puntos de control actualmente aptos se intensifica en el Cuaternario constituyendo una red suficiente para el conocimiento piezométrico del mismo, pero deja mucho que desear en cuanto a densidad en el resto de la zona especialmente en el triángulo Lluçmayor - Campos - Cap Blanch.

8.1.2 Periodicidad de las medidas piezométricas

Se realizarán, en los pozos anteriormente citados, medidas mensuales durante los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre y una medida cada dos meses en el resto del año. La evolución piezométrica en el estiaje indicará más claramente la respuesta del acuífero a las extracciones para riego y los problemas de contaminación salina que estas puedan provocar.

8.2. Toma de muestras de agua para análisis químico.

En el apartado siguiente se indica tanto la periodicidad de la toma de muestras como los puntos donde han de realizarse las mismas.

Las muestras se envasarán convenientemente y se obtendrán a la salida de la bomba, tras el tiempo de bombeo necesario para asegurar la representatividad de la misma. En los pozos donde no exista instalación se indicará la forma y profundidad a que fué tomada.

8.2.1 Periodicidad y puntos de control. Análisis a realizar.

Se tomarán dos muestras anuales, una a comienzos de marzo y la segunda a finales de Septiembre, de las que se analizarán exclusivamente los cloruros en los siguientes puntos:

- Hoja 723

Octante 4 pozos nº 4, 5, 6, 13, 21 y 22.

Octante 8 pozos nº 5 y 6.

- Hoja 724

Octante 1 pozos nº 2 y 3.

Octante 3 pozos nº 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y sondeo IRYDA.

Octante 5 pozos nº 1 y 2.

Octante 6 pozos nº 1, 4, 6, 8, y 9.

Octante 7 pozos nº 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 14 y 16.

Octante 8 pozos nº 1 y 4.

- Hoja 748

Octante 3 pozos nº 1 y 2.

A ser posible se realizarán anualmente una serie de análisis completos (Na^+ K^+ Ca^{++} Mg^{++} Cl^- , SO_4^{--} , CO_3^{--} , NO_3^- , residuo seco y conductividad) con muestras tomadas a finales de Septiembre -aprovechando la toma de datos para el estudio de cloruros- en los siguientes puntos:

- Hoja 723

Octante 1 pozos nº 4, 7, 13, 21 y 22.

Octante 2 pozos nº 5, 6.

- Hoja 724.

Octante 1 pozos nº 2, 3.

Octante 3 pozos nº 3, 4, 5, 6, 7, 8 Sondeo IRYDA.

Octante 4 pozos nº 4, 5, 6, y 10.

Octante 5 pozos nº 1, 2

Octante 6 pozos nº 1, 4, 6 y 8

Octante 7 pozos nº 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10

Octante 8 pozos nº 1 y 4.

- Hoja 748.

Octante 3 pozos 1 y 2.

En los puntos coincidentes (la mayoría) se suprimirá el análisis de cloruros de la toma del mes de Septiembre, pues el análisis completo sustituirá al anterior.

8.5. Registro de Salinidad.

Dos veces al año, en Marzo y Septiembre se realizará un registro de salinidad -temperatura en los piezómetros S.1 (superior e inferior) y S.2.

CAPITULO 9.- RECURSOS HÍDRICOS

Dos zonas, insuficientemente conocidas, pueden ser objeto de investigación prioritaria por su posibilidad de resolver problemas concretos.

La primera delimitada por los verticales S-5 (Son urau) Felanitx - Carretera Felanitx a Villafranca - Porreras, alcanza el borde Norte del paquete M_{21} saturado y el acuífero denominado M_{23} .

La investigación del paquete M_{23} comprendería el conocimiento de las características hidrológicas y su geometría aproximada, a fin de estimar los recursos de este acuífero.

El análisis de la muestra de agua obtenida en el S.3 de este acuífero inferior, fue satisfactorio (Anejo 3)

El fin de la investigación será el comprobar la posibilidad de utilización del mismo para abastecimiento de las Unidades Urbanas de Campos (6.600 habitantes) y suplemento al abastecimiento de Felanitx, así como las demandas para turismo de la zona en inmediata expansión de la Colonia de San Jordi.

Sondeos de investigación previstos de 3 a 5 con una profundidad media de 200 metros.

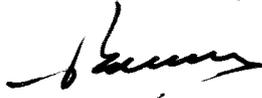
La segunda zona a investigar es la situada al Norte de la línea Son Verí (723-4-5) Puig de Llanis, es decir, el borde N^o 7 (parte de ella queda fuera de la zona del presente Informe).

La supuesta importancia de estos apertis (Informe Inca, Fuster-Barón, Palma 1972) justificaría esta investigación.

Puede proveerse de 3 a 5 sondeos con una profundidad media de 200/250 metros.

En tercer lugar y como etapa final la construcción de unared de piezómetros cubriendo los espacios faltos de puntos de inventario, ampliaría el conocimiento piezométrico de la zona y una distribución costera apropiada, permitiría controlar tanto la intrusión, como delimitar más precisamente los escapes al mar.

El Ingeniero Jefe
del S. H. B.,



El Director Accidental de S.G.O.P.,

