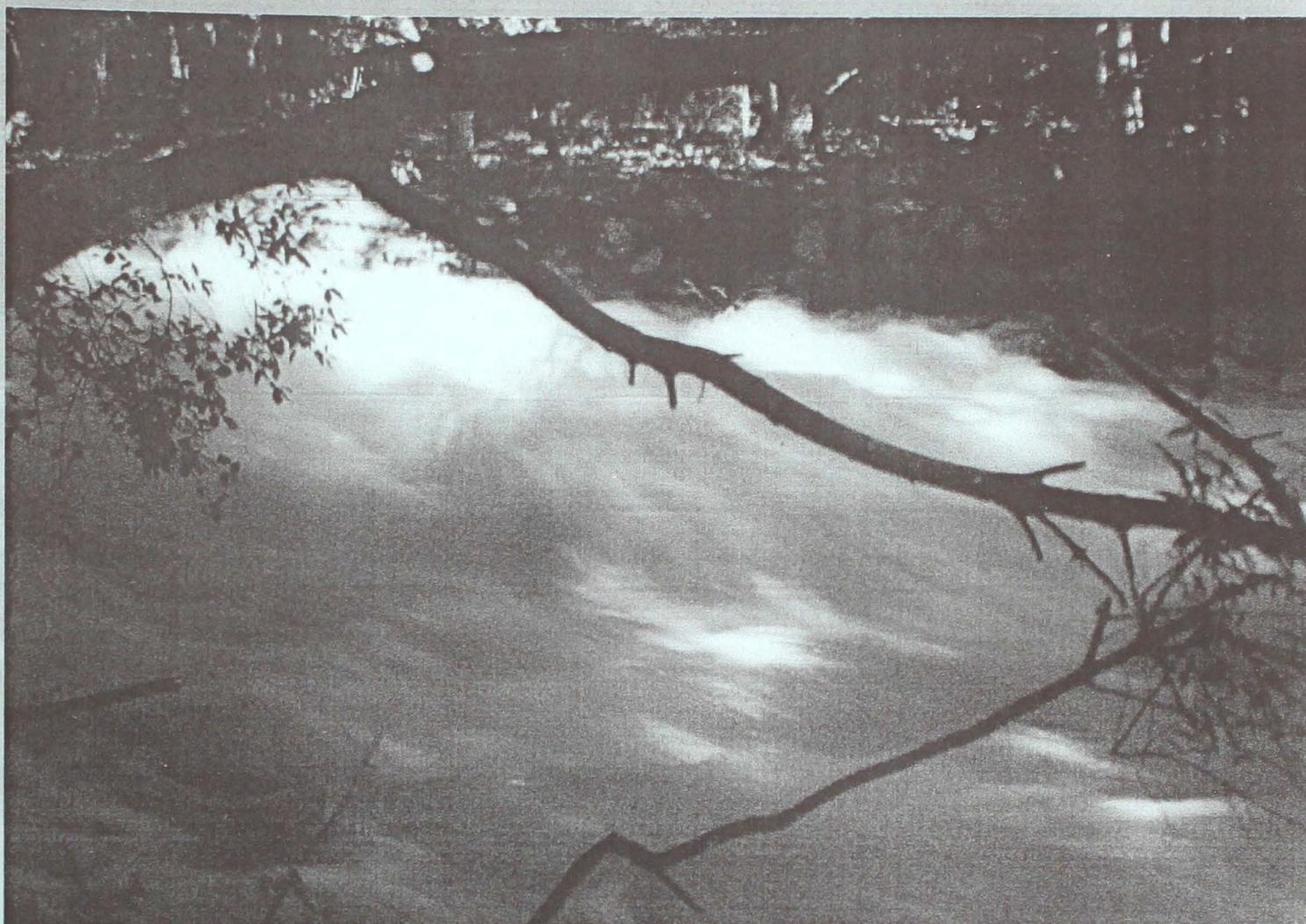


**ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SISTEMA
TÉCNICO-ECONÓMICO Y EL DISEÑO DE NORMAS DE
OPERACIÓN EN LA GESTIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE
INSTALACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL**



**APLICACIÓN DE LA RECARGA CON AGUAS
PROCEDENTES DE LAS FONTS UFANES DE GABELLI
MALLORCA**



GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics

DICIEMBRE, 2004



**Instituto Geológico y
Minero de España**

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente informe forma parte de los trabajos contemplados dentro del Convenio de Colaboración establecido entre el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Dirección General de Recursos Hídricos del Govern Balear (DGRHGB). Para la realización del mismo se ha contado con el apoyo de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

El equipo técnico de trabajo ha sido el siguiente:

Directores del estudio

- D. José Manuel Murillo Díaz (IGME)
- D. Alfredo Barón Periz (DGRHGB)

Toma de datos en campo y recopilación bibliográfica

- D. José María López García (IGME)
- D. Francisco Bautista Rodrigo (IGME)

Elaboración del modelo digital de flujo y autoría del informe

- D. Pedro Martínez Santos (UCM)
- D. Pedro Emilio Martínez Alfaro (UCM)

Seguimiento administrativo del Convenio

- D^a Rosa María Mateos Ruiz (IGME)
- D. Alfredo Barón Periz (DGRHGB)
- D^a Concepción González Casasnovas (DGRHGB)

Fotografía de portada

- D^a Rosa María Mateos Ruiz (IGME)

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo se centra en el estudio del sistema de gestión de la información en el ámbito de las empresas, más concretamente en el análisis de los factores que influyen en su éxito. Para ello se han realizado una serie de entrevistas a expertos en el tema y se ha recopilado una gran cantidad de datos que se han analizado en los capítulos 2 y 3.

El objetivo principal de este estudio es determinar los factores que influyen en el éxito de los sistemas de gestión de la información en las empresas y establecer las estrategias más adecuadas para su implementación.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo se centra en el estudio del sistema de gestión de la información en el ámbito de las empresas, más concretamente en el análisis de los factores que influyen en su éxito. Para ello se han realizado una serie de entrevistas a expertos en el tema y se ha recopilado una gran cantidad de datos que se han analizado en los capítulos 2 y 3.

El objetivo principal de este estudio es determinar los factores que influyen en el éxito de los sistemas de gestión de la información en las empresas y establecer las estrategias más adecuadas para su implementación. Para ello se han realizado una serie de entrevistas a expertos en el tema y se ha recopilado una gran cantidad de datos que se han analizado en los capítulos 2 y 3.

El presente trabajo se centra en el estudio del sistema de gestión de la información en el ámbito de las empresas, más concretamente en el análisis de los factores que influyen en su éxito. Para ello se han realizado una serie de entrevistas a expertos en el tema y se ha recopilado una gran cantidad de datos que se han analizado en los capítulos 2 y 3.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El acuífero de Crestatx se encuentra situado en el cuadrante nor-oriental de la isla de Mallorca, en las estribaciones de la Sierra de Tramuntana, unos cinco kilómetros al norte de la población de Sa Pobla (Figura 1). Actualmente, los recursos hídricos de dicho acuífero son aprovechados principalmente por los núcleos de población de la Bahía de la Alcúdia. Las extracciones se cuantifican aproximadamente entre 1 y 1.5 hm³ cada año.

Recientemente se ha planteado la posibilidad de incrementar los recursos del acuífero mediante la recarga artificial del mismo, a partir de los considerables excedentes de la descarga por las Ufanés en épocas de precipitaciones abundantes. Existe disparidad de opiniones acerca de la posible magnitud de la recarga artificial, que estará en función del volumen "vacío" disponible en el acuífero. Así, las cifras de volumen recargable artificialmente oscilan ampliamente (entre 0.5 y 5 hm³).

Ante esta situación, la DGRHGB planteó, en reunión mantenida con los técnicos del IGME el 25 de Marzo de 2003, la necesidad de realizar un análisis detallado de la recarga artificial en el acuífero de Crestatx mediante un modelo matemático y dentro del apartado de "Elaboración de una metodología para el análisis técnico-económico y el diseño de normas de operación en la gestión y la construcción de instalaciones de recarga artificial" del vigente convenio con dicho organismo.

El objetivo de este estudio consiste en alcanzar un mejor conocimiento de la dinámica hídrica del acuífero de Crestatx, así como de la viabilidad de las diversas alternativas de recarga artificial y consecuente gestión del acuífero, con la finalidad de valorar, en una primera aproximación, sus consecuencias sobre el sistema y su entorno. El modelo digital de flujo subterráneo presentado en este trabajo servirá como base para una futura gestión de garantía de la recarga artificial.

2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El estudio de la historia de la ciencia y la tecnología en el contexto actual es fundamental para comprender el desarrollo de la sociedad. Este trabajo tiene como objetivo principal analizar el papel de la ciencia y la tecnología en el proceso de desarrollo humano, desde sus orígenes hasta la actualidad. Se explorarán los factores que han impulsado el avance científico y tecnológico, así como el impacto de estos en la vida cotidiana y en la estructura social. El estudio se centrará en los siglos XVIII y XIX, momentos clave en la historia de la ciencia y la tecnología, donde se produjeron cambios significativos que marcaron el inicio de la era moderna. Se analizarán las contribuciones de grandes científicos y tecnólogos de esa época, así como el papel de instituciones como universidades y academias. El estudio también abordará el tema de la difusión de la ciencia y la tecnología, así como el papel de la educación y la cultura en este proceso. El objetivo final es proporcionar una visión integral de la historia de la ciencia y la tecnología, así como de su impacto en la sociedad actual.

2. METODOLOGÍA

El estudio se fundamenta en una metodología cualitativa que permite analizar y comprender los fenómenos sociales y culturales. Se utilizarán fuentes primarias y secundarias, así como técnicas de análisis de contenido y de discurso. El estudio se centrará en el análisis de los textos científicos y tecnológicos de la época, así como en el estudio de los contextos sociales y culturales en los que se desarrollaron. Se utilizarán técnicas de análisis de contenido para identificar los temas y los argumentos principales de los textos. El estudio también se beneficiará de la revisión de la literatura existente sobre el tema, así como de la consulta de expertos en el campo. El estudio se centrará en el análisis de los textos científicos y tecnológicos de la época, así como en el estudio de los contextos sociales y culturales en los que se desarrollaron. Se utilizarán técnicas de análisis de contenido para identificar los temas y los argumentos principales de los textos. El estudio también se beneficiará de la revisión de la literatura existente sobre el tema, así como de la consulta de expertos en el campo.

FIGURA 1. MAPA TOPOGRÁFICO Y DE SITUACIÓN DEL ACUÍFERO DE CRESTATX



2. METODOLOGÍA

Al efecto de alcanzar los objetivos descritos anteriormente, se ha procedido a la realización de un modelo de flujo subterráneo en planta para el acuífero de Crestatx. La elaboración de dicho modelo constó de las siguientes etapas.

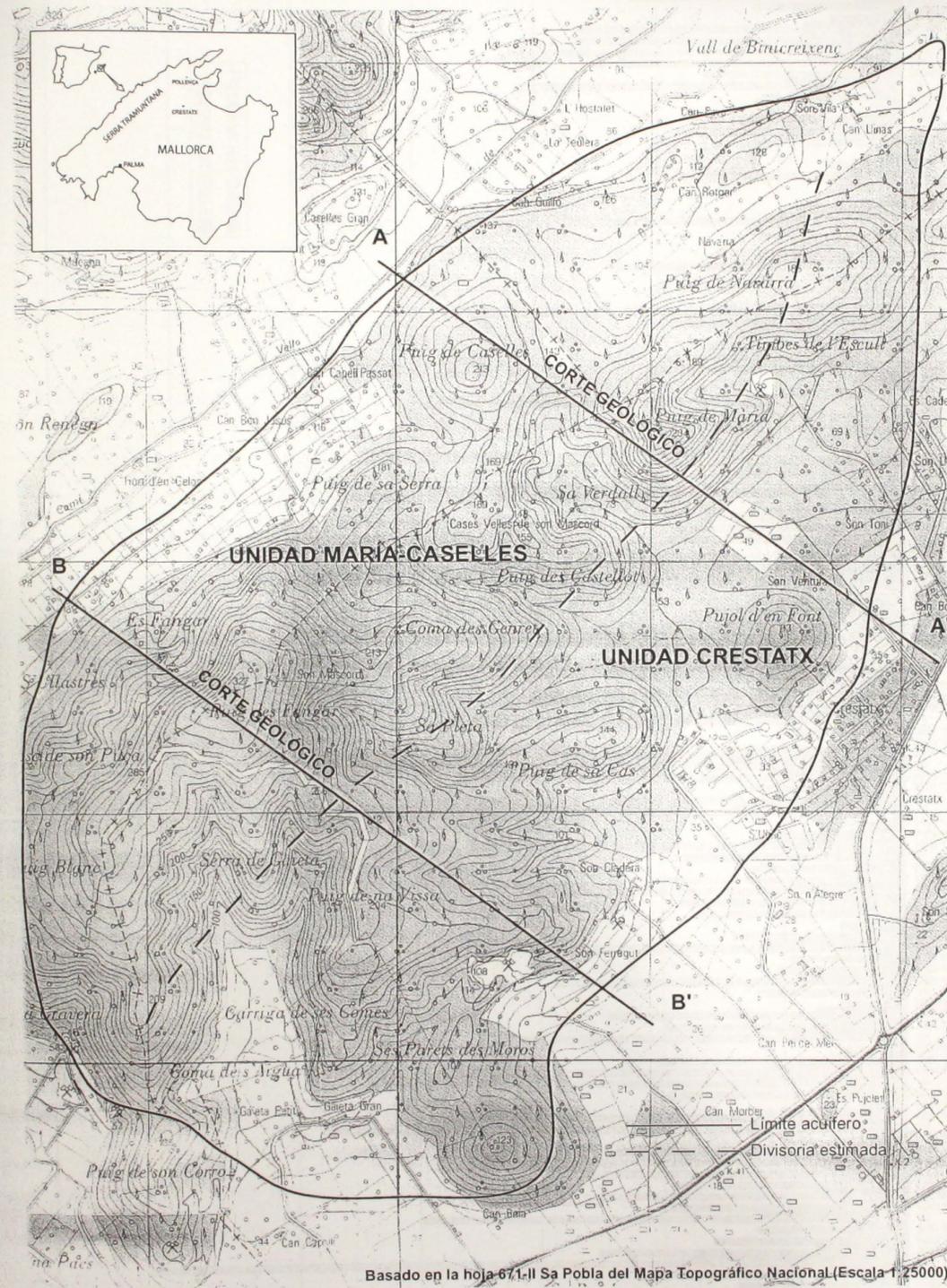
2.1 Recopilación de los datos existentes

En una primera etapa del estudio se procedió a la recopilación de los datos de campo disponibles para la unidad de Crestatx, así como a un repaso a la bibliografía existente. Los datos de precipitación, extracciones y niveles piezométricos fueron proporcionados por los técnicos de la oficina del IGME en Mallorca, mientras que la caracterización geológica del acuífero se llevó a cabo a partir de la adaptación de los cortes geológicos de Gelabert (1997). Con la información recabada, fue posible elaborar un modelo conceptual del acuífero susceptible de ser simulado matemáticamente.

2.2 Caracterización del acuífero

Se estima que el acuífero de Crestatx tiene una superficie aproximada de 14 Km² y está dividido en dos unidades hidrogeológicamente independientes, separadas por materiales impermeables del Retiense y del Keuper que constituyen la superficie de despegue de un cabalgamiento (ver adaptación del corte geológico de Gelabert, Figura 4). Estas unidades son conocidas respectivamente como María-Caselles y Crestatx (Figura 1).

FIGURA 1. MAPA TOPOGRÁFICO Y DE SITUACIÓN DEL ACUÍFERO DE CRESTATX



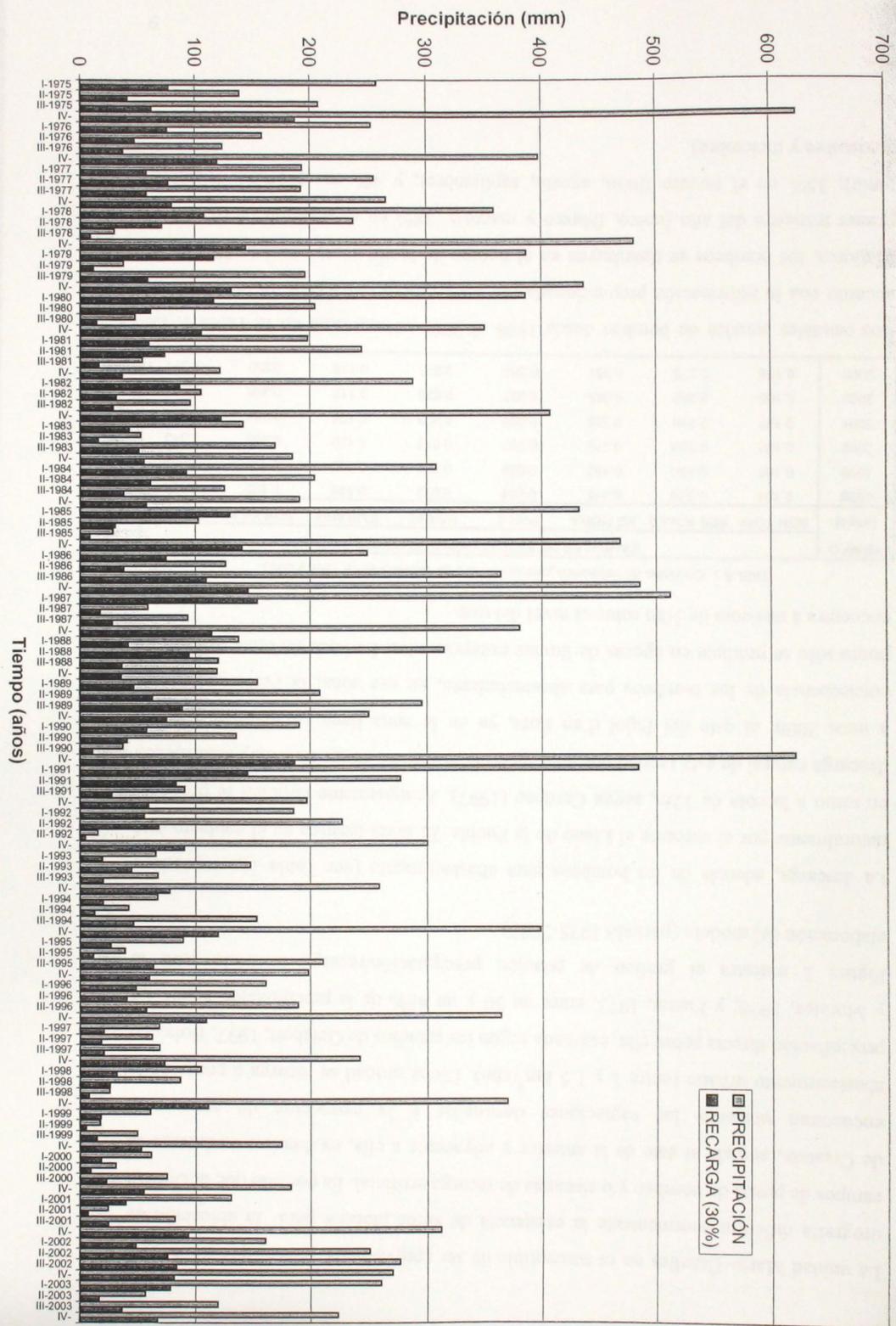


FIGURA 2. PRECIPITACIÓN TRIMESTRAL Y RECARGA ESTIMADA EN EL ACUÍFERO DE CRESTATIX (1975-2003)

La unidad María-Caselles no es susceptible de ser aprovechada, puesto que su abrupta orografía dificulta enormemente la existencia de sitios idóneos para la ubicación de campos de pozos de bombeo y/o sistemas de recarga artificial. Es por ello que la Unidad de Crestatx, situada al este de la anterior y adyacente a ella, es donde actualmente se encuentran ubicadas las captaciones destinadas a la extracción de agua para abastecimiento urbano (entre 1 y 1.5 hm³/año). Dicha unidad se recarga a partir de la precipitación directa sobre ella, estimada según los estudios de Gelabert, 1997; Bolzicco y Morales, 1998; y Fuster, 1973, entre un 30 y un 45% de la precipitación anual. La Figura 2 muestra el gráfico de relación precipitación/recarga utilizado para la elaboración del modelo (período 1975-2003).

La descarga, además de los bombeos para abastecimiento (ver Tabla 1), se produce naturalmente por el suroeste al Llano de la Puebla. El nivel freático en el contacto está en torno a la cota de 12m, según Cardoso (1997). Antiguamente también se producía descarga natural de esta unidad por unas galerías existentes en un área muy karstificada a unos 200m al este del Pujol d'en Font, ya en la zona llana. Actualmente, como consecuencia de los bombeos para abastecimiento, en esa zona, la descarga en este punto sólo se produce en épocas de lluvias excepcionales. La boca de estas galerías se encuentra a una cota de 30m sobre el nivel del mar.

TABLA 1. Caudales de extracción para el acuífero de Crestatx entre 1998 y 2003.

TIEMPO (años)	CAUDALES DE EXTRACCIÓN POR POZOS (hm ³)							TOTAL
	SON TONI	SES SOLLS	NE MORA	PAR 4	PAR 94	S'UBACH	SON VILA	
1998	0.104	0.324	0.315	0.054	0.072	0.108	0.190	1.168
1999	0.105	0.450	0.452	0.059	0.076	0.120	0.197	1.459
2000	0.107	0.359	0.370	0.057	0.073	0.120	0.256	1.343
2001	0.107	0.316	0.328	0.056	0.073	0.125	0.264	1.268
2002	0.108	0.393	0.398	0.057	0.075	0.112	0.255	1.399
2003	0.109	0.376	0.381	0.060	0.073	0.115	0.257	1.371

Los caudales anuales de bombeo desde 1998 al 2003 se muestran en la Tabla 1. De acuerdo con la información proporcionada por los técnicos del IGME en la oficina de Mallorca, los bombeos se distribuyen en el tiempo de la siguiente manera: 23% en el primer trimestre del año (enero, febrero y marzo); 38% en el segundo (abril, mayo, junio); 35% en el tercero (julio, agosto, septiembre); y 4% en el último (octubre, noviembre y diciembre).

La Figura 4 muestra la adaptación de uno de los perfiles geológicos elaborados por Gelabert (1997), en ella se observa que el muro de este acuífero estaría a una cota de aproximadamente 500m b.n.m. Se ha calculado, basándose en esos cortes geológicos y en la geología de superficie, un volumen aproximado de entre 1200 y 1300 hm³ para el acuífero. Considerando una porosidad eficaz del 1%, el acuífero tendría una capacidad de almacenamiento de agua de unos 12.5 hm³, que pasaría a ser de alrededor de 38.5 hm³ en caso de considerar el 3% de porosidad eficaz (órdenes de magnitud de porosidad eficaz manejados por Gelabert, según datos de la oficina del IGME en Mallorca). El volumen "eficaz" (susceptible de ser recargado artificialmente) de este vacío podría llegar a ser de hasta unos 38 hm³ en el caso de que la porosidad eficaz fuese del 3% y que el acuífero se agotara totalmente (según las cifras dadas anteriormente).

En cualquiera de los casos es planteable la hipótesis de incrementar notablemente los bombeos actuales (que son de algo más de 1 hm³ anuales) al objeto incrementar las posibilidades de abastecimiento urbano. El vacío producido en el acuífero podría rellenarse en época de recursos excedentes por precipitaciones extraordinarias mediante recarga artificial.

FIGURA 3. CAUDALES DE EXTRACCIÓN ANUALES POR POZOS

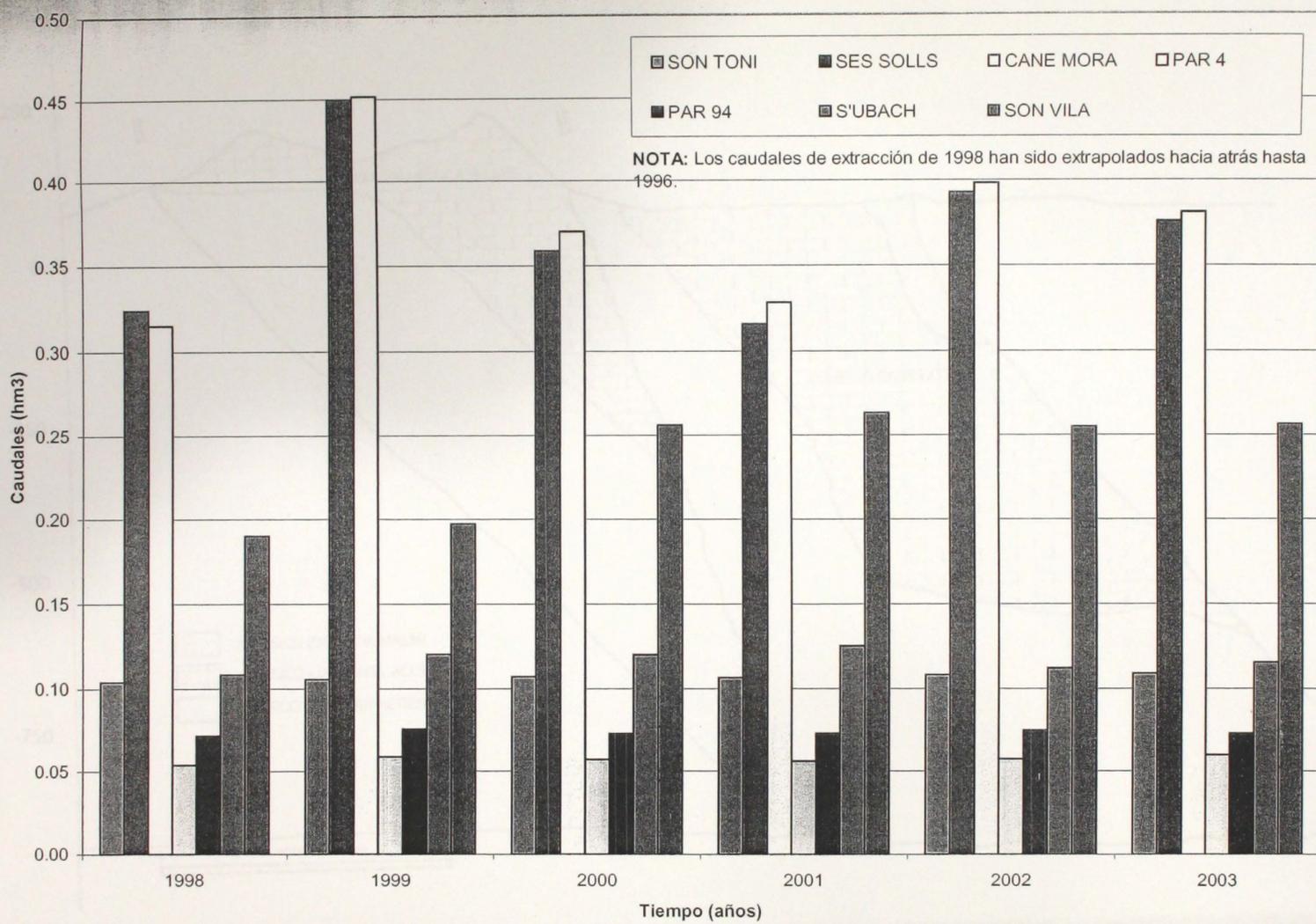
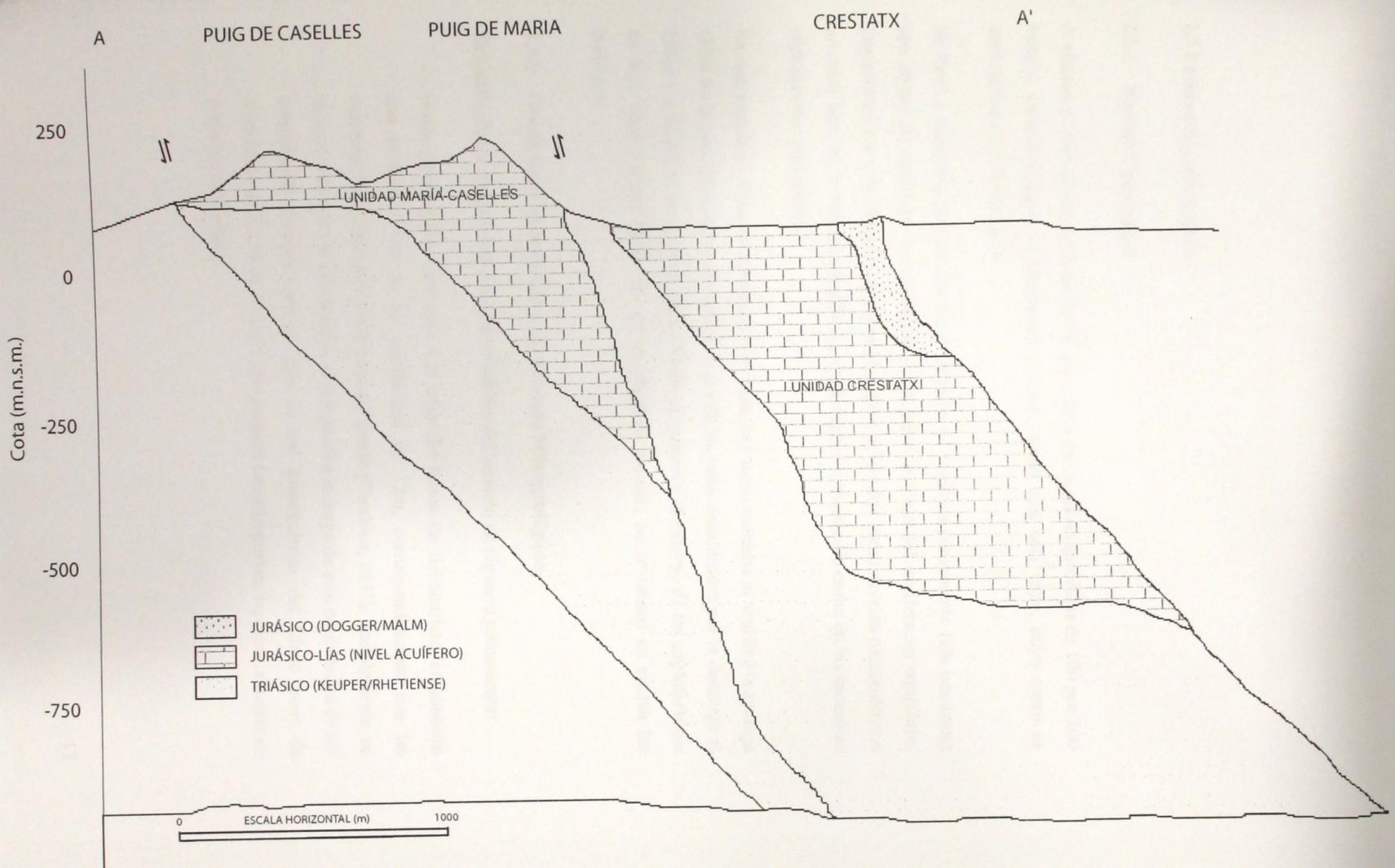


FIGURA 4. CORTE GEOLÓGICO A-A' DEL ACUÍFERO DE CRESTATX (Basado en Clabert, 1997)



2.3 Elaboración del modelo

2.3.1 Modelo Conceptual

A efectos de simulación se discretizó la superficie del acuífero en celdas de 100 por 100 metros, estableciéndose la dimensión vertical como una sola capa, cuyo muro se encuentra a cota 500m b.n.m.

Se llevó a cabo una primera pasada al modelo en régimen permanente (sin bombeos) con objeto de establecer las condiciones naturales de flujo del acuífero en equilibrio. Los potenciales obtenidos en esta pasada fueron utilizados como niveles piezométricos iniciales tanto en la calibración del modelo en régimen transitorio como en las sucesivas simulaciones posteriores.

En esta pasada en régimen permanente se considera como entradas al acuífero la recarga (30% de la precipitación media anual). Las salidas están constituidas por la descarga al Llano y a través de las galerías karstificadas situadas en el entorno de las explotaciones de Son Toni y Cane Mora. Al ser en régimen natural, no se tienen en cuenta los bombeos.

2.3.2 Condiciones de contorno y parámetros hidrogeológicos

Se establecieron como condiciones de contorno del modelo en régimen permanente:

- Borde de potencial constante a lo largo del límite sur del acuífero, en contacto con el Llano. Este se ha establecido en 12m, correspondiéndose con las isopiezas del Llano de la Puebla en ese punto (Cardoso, 1997). Posiblemente, en un futuro desarrollo del modelo, el potencial a lo largo de este borde habrá de ser considerado variable, puesto que la red piezométrica del Llano pone de manifiesto oscilaciones de nivel que podrían tener importancia, especialmente en períodos de recarga.

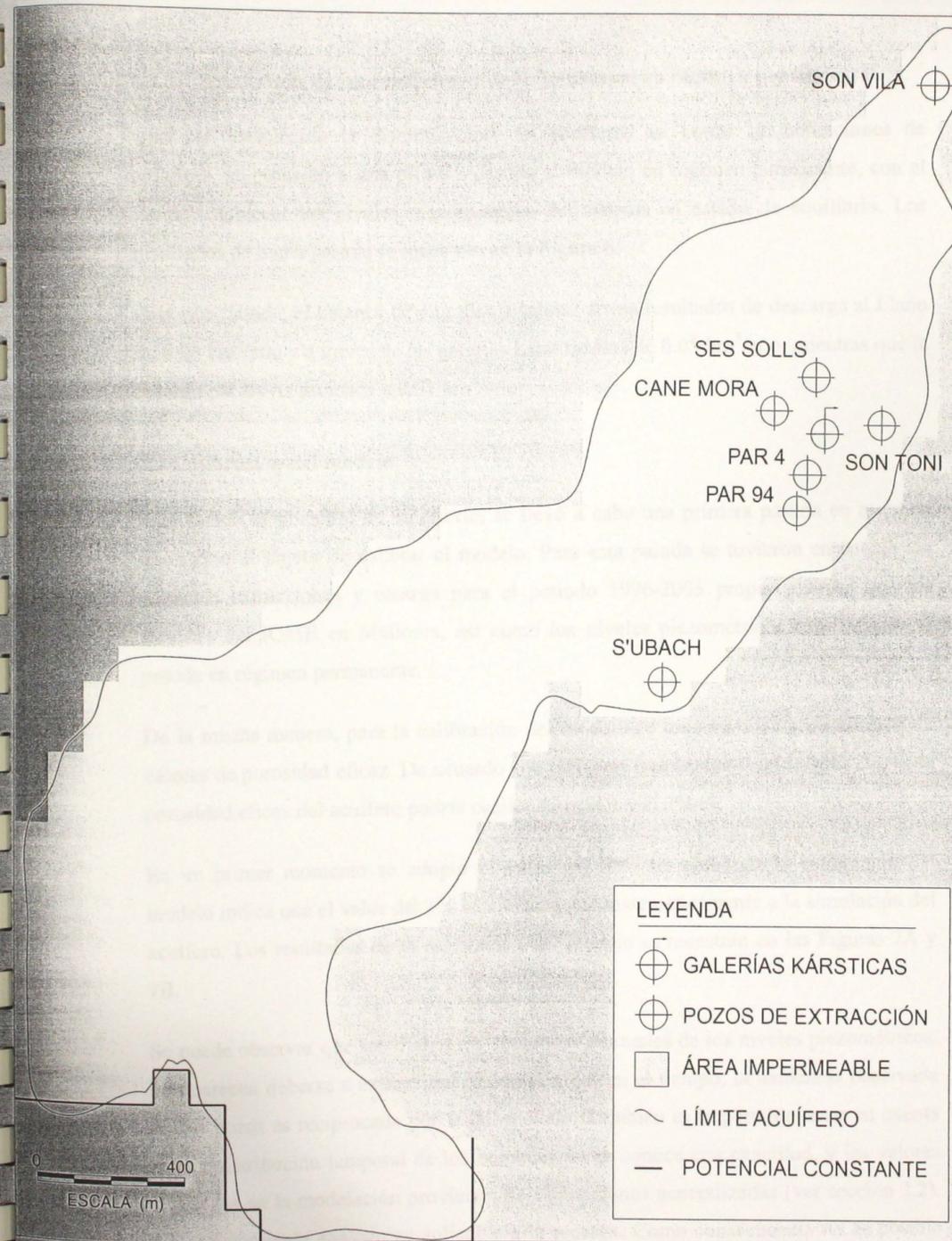
FIGURA 5. DISCRETIZACIÓN DEL ACUÍFERO DE CRESTATY

- Condición de dren para simular la zona de galerías situada en las proximidades de Pujol d'en Font (cota 30m s.n.m., según los datos de la oficina del IGME en Mallorca).
- Bordes impermeables a lo largo del resto de los límites del acuífero.
- Recarga equivalente al 30% de la precipitación media anual.
- Conductividad hidráulica de 0.5 m/día para el acuífero y de 2 m/día para la zona circundante a la zona karstificada (a partir de los ensayos de bombeo proporcionados por los técnicos del IGME en Mallorca).

Además, para las pasadas en régimen transitorio, se incluyeron las siguientes condiciones de contorno:

- Potenciales iniciales correspondientes a los resultados de la pasada en régimen permanente.
- Tiempo de calibración igual a 2920 días (8 años), equivalente al período 1996-2003, para el cual existen datos de piezometría, recarga y bombeos (si bien los bombeos tuvieron que ser extrapolados hacia atrás en el tiempo para 1997 y 1996).
- Tiempo de simulación igual a 10440 días (29 años). Se asume que los bombeos de los ocho primeros años coinciden con los conocidos, y que a partir del noveno año los bombeos se mantienen constantes.
- Condición de pozos de extracción para simular los bombeos de Son Toni, Ses Solls, Cane Mora, Par 4, Par 94, S'Ubach y Son Vila. Para la calibración se tuvo en cuenta que los pozos de S'Ubach y Son Vila comenzaron a bombear en 1997 y 2001 respectivamente, el resto se hallaba ya en régimen de explotación con anterioridad 1996 (datos de la oficina del IGME en Mallorca).
- Recarga equivalente al 30% de la precipitación en régimen trimestral (período 1996-2003 en el caso de la calibración, y 1975-2003 para las simulaciones).

FIGURA 5. DISCRETIZACIÓN DEL ACUÍFERO DE CRESTATX



2.3.3 Simulación de las condiciones de flujo natural en régimen permanente

Una vez establecida la discretización del acuífero, así como las condiciones de contorno, se procedió a una primera pasada al modelo en régimen permanente, con el fin de establecer los niveles piezométricos del sistema en estado de equilibrio. Los resultados de dicha pasada se muestran en la Figura 6.

Para esta pasada, el balance de entradas y salidas arroja resultados de descarga al Llano de $0.86 \text{ hm}^3/\text{año}$ y a través de las galerías karstificadas de $0.05 \text{ hm}^3/\text{año}$, mientras que la recarga por lluvia asciende a $0.91 \text{ hm}^3/\text{año}$.

2.4 Calibración del modelo

Establecida la situación de equilibrio, se llevó a cabo una primera pasada en régimen transitorio al objeto de calibrar el modelo. Para esta pasada se tuvieron en cuenta los datos de extracciones y recarga para el período 1996-2003 proporcionados por los técnicos del IGME en Mallorca, así como los niveles piezométricos resultado de la pasada en régimen permanente.

De la misma manera, para la calibración del modelo se tuvo en cuenta un abanico de valores de porosidad eficaz. De acuerdo con Gelabert (según datos del IGME, 2004), la porosidad eficaz del acuífero podría oscilar entre el 1 y el 3%.

En un primer momento se adoptó el valor del 3%, sin embargo la calibración del modelo indica que el valor del 1% se ajusta mejor matemáticamente a la simulación del acuífero. Los resultados de la calibración del modelo se muestran en las Figuras 7A y 7B.

Se puede observar que salvo algunos descensos puntuales de los niveles piezométricos, que parecen deberse a extracciones no sostenidas en el tiempo, la tendencia observada en los pozos es recíproca por la del modelo. También es importante tener en cuenta que la distribución temporal de los bombeos no se conoce con exactitud, y los valores utilizados en la modelación provienen de estimaciones generalizadas (ver sección 2.2). Un razonamiento análogo es aplicable a la recarga. Como consecuencia no es posible

2.3.3 Simulación de las condiciones de flujo natural en régimen permanente

Una vez establecida la discretización del acuífero, así como las condiciones de contorno, se procedió a una primera pasada al modelo en régimen permanente, con el fin de establecer los niveles piezométricos del sistema en estado de equilibrio. Los resultados de dicha pasada se muestran en la Figura 6.

Para esta pasada, el balance de entradas y salidas arroja resultados de descarga al Llano de $0.86 \text{ hm}^3/\text{año}$ y a través de las galerías karstificadas de $0.05 \text{ hm}^3/\text{año}$, mientras que la recarga por lluvia asciende a $0.91 \text{ hm}^3/\text{año}$.

2.4 Calibración del modelo

Establecida la situación de equilibrio, se llevó a cabo una primera pasada en régimen transitorio al objeto de calibrar el modelo. Para esta pasada se tuvieron en cuenta los datos de extracciones y recarga para el período 1996-2003 proporcionados por los técnicos del IGME en Mallorca, así como los niveles piezométricos resultado de la pasada en régimen permanente.

De la misma manera, para la calibración del modelo se tuvo en cuenta un abanico de valores de porosidad eficaz. De acuerdo con Gelabert (según datos del IGME, 2004), la porosidad eficaz del acuífero podría oscilar entre el 1 y el 3%.

En un primer momento se adoptó el valor del 3%, sin embargo la calibración del modelo indica que el valor del 1% se ajusta mejor matemáticamente a la simulación del acuífero. Los resultados de la calibración del modelo se muestran en las Figuras 7A y 7B.

Se puede observar que salvo algunos descensos puntuales de los niveles piezométricos, que parecen deberse a extracciones no sostenidas en el tiempo, la tendencia observada en los pozos es recíproca por la del modelo. También es importante tener en cuenta que la distribución temporal de los bombeos no se conoce con exactitud, y los valores utilizados en la modelación provienen de estimaciones generalizadas (ver sección 2.2). Un razonamiento análogo es aplicable a la recarga. Como consecuencia no es posible

FIGURA 4. ISOPEZAS EN RÉGIMEN NATURAL (PERMANENTE)

alcanzar una calibración exacta. Sin embargo, la conclusión del análisis es que el modelo, dentro de las limitaciones propias de una herramienta matemática, es capaz de reproducir razonablemente bien la realidad física del acuífero. De esta manera, la calibración es considerada satisfactoria.

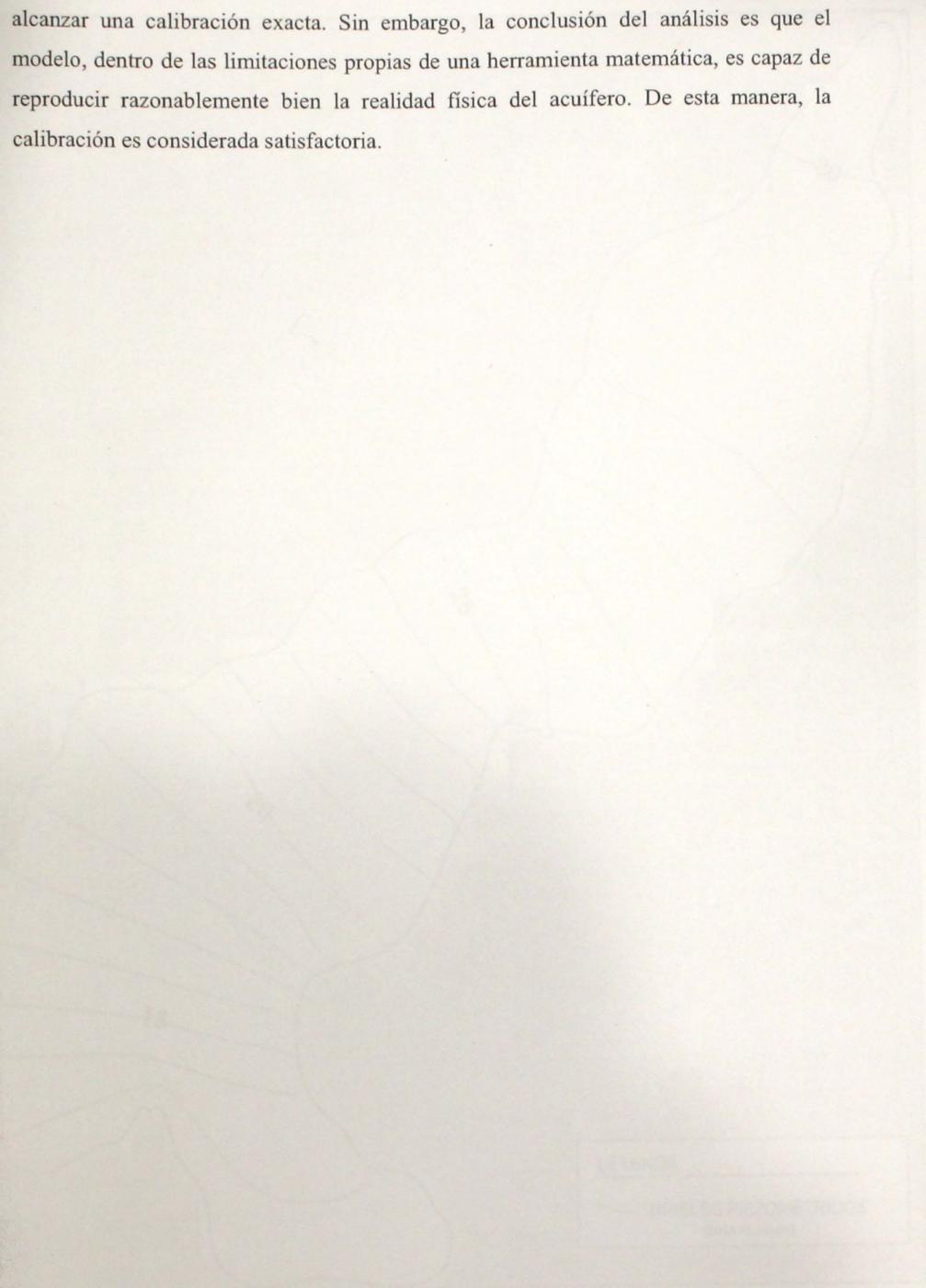


FIGURA 6. ISOPIEZAS EN RÉGIMEN NATURAL (PERMANENTE)

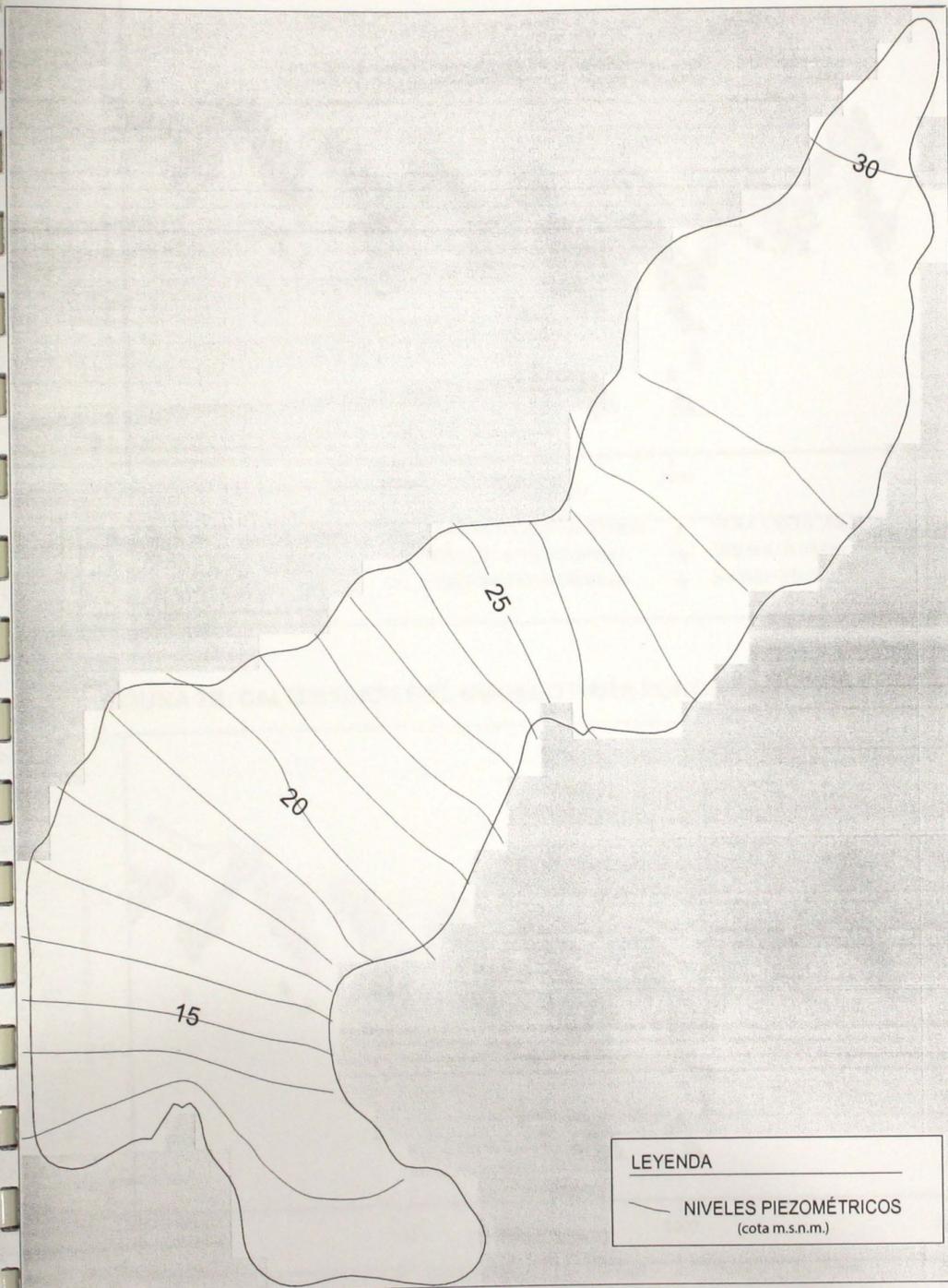


FIGURA 6. ISOPIEZAS EN RÉGIMEN NATURAL (PERMANENTE)

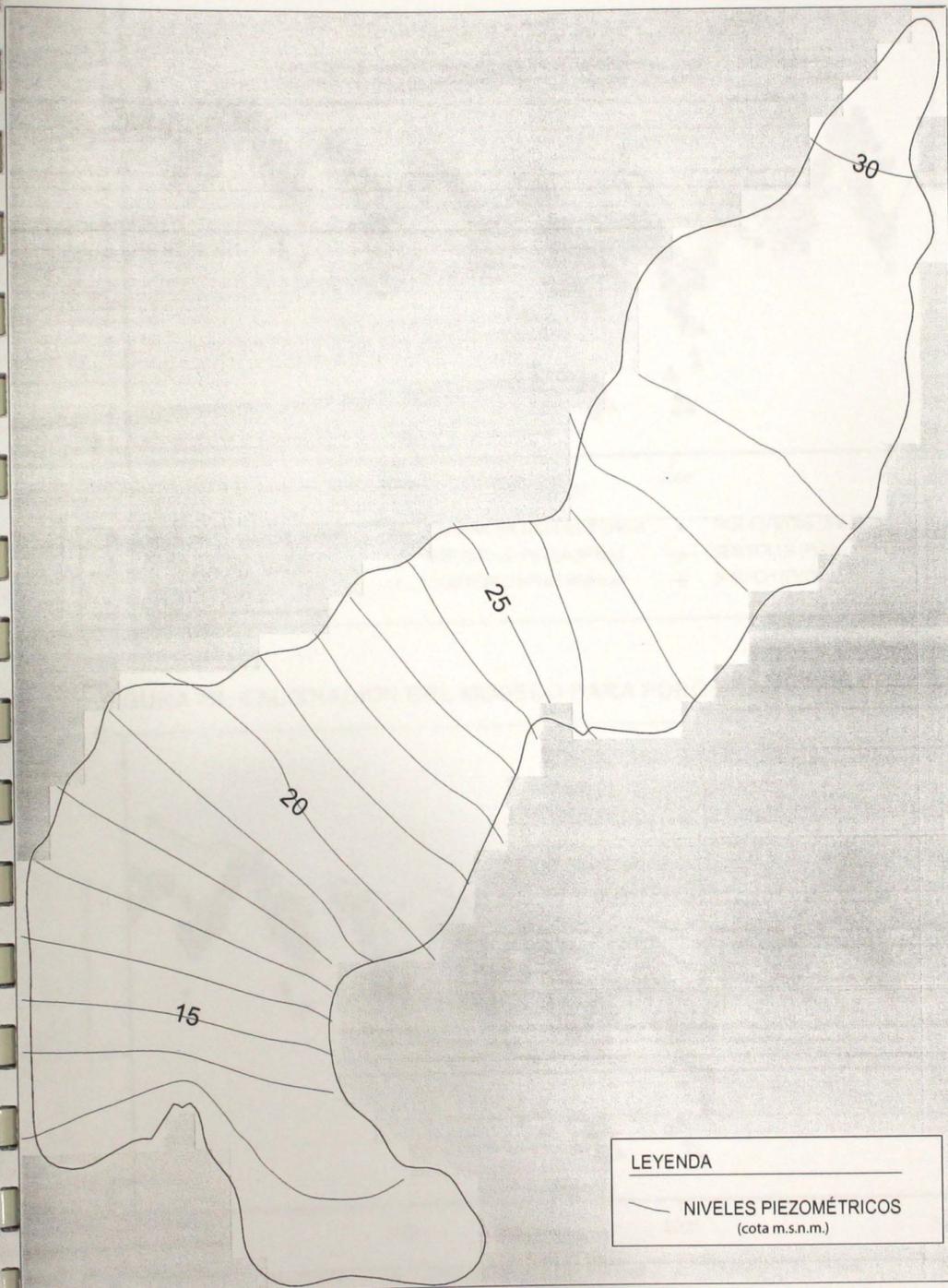


FIGURA 7A. CALIBRACIÓN DEL MODELO PARA POROSIDAD EFICAZ DEL 1%

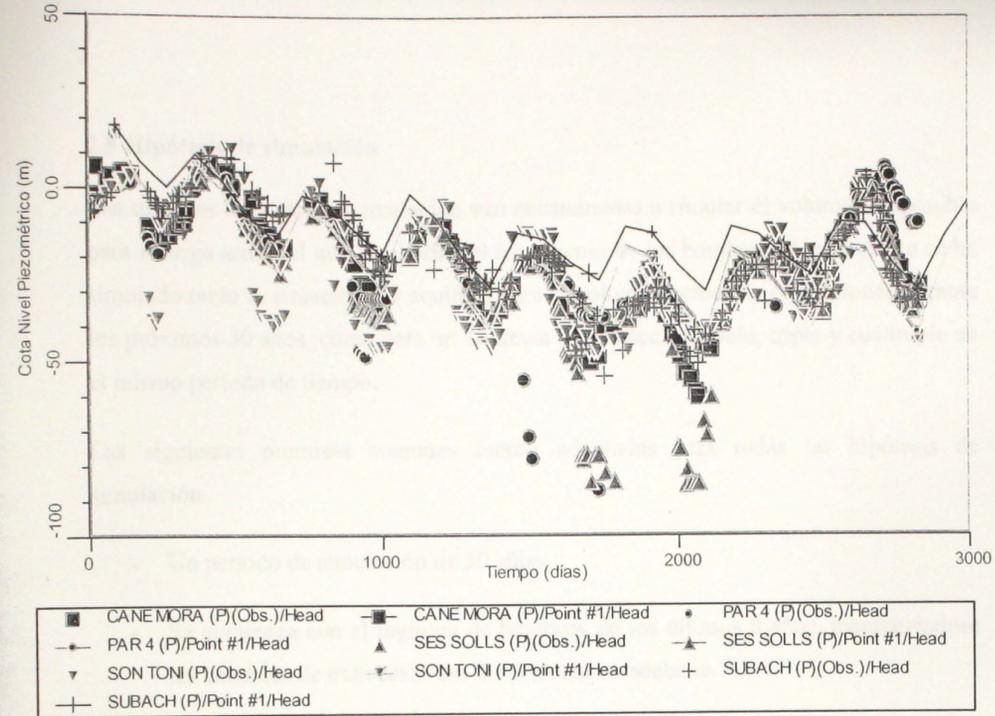
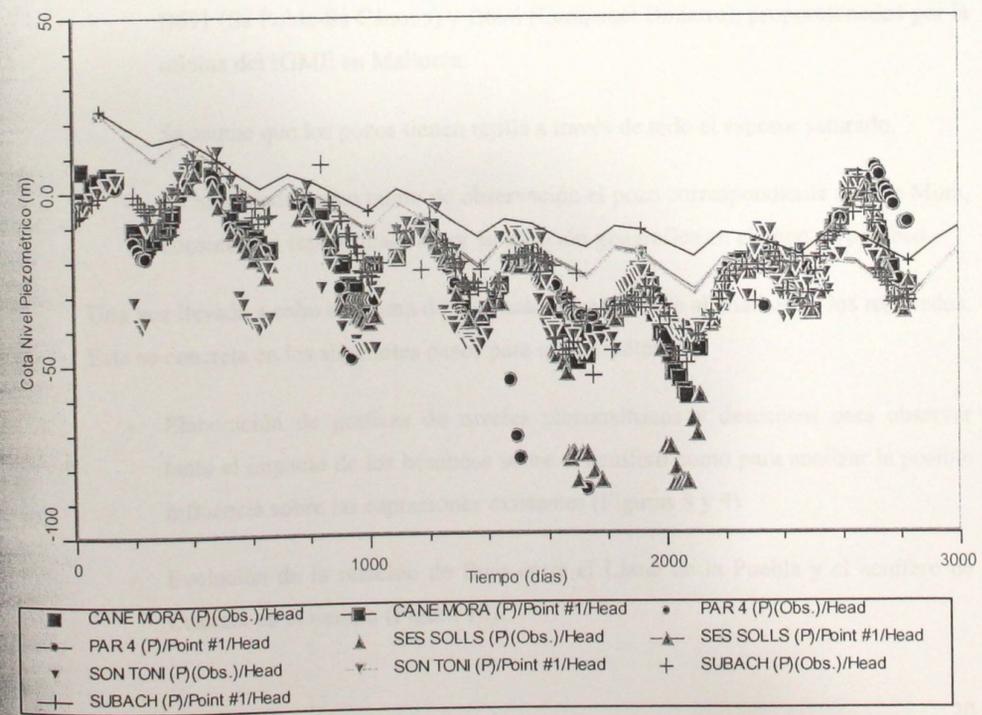


FIGURA 7B. CALIBRACIÓN DEL MODELO PARA POROSIDAD EFICAZ DEL 3%



2.5 Hipótesis de simulación

Las distintas hipótesis de simulación van encaminadas a simular el volumen disponible para recarga artificial que resultaría del incremento de los bombeos. A este efecto se ha simulado tanto la situación del acuífero para el volumen actual de extracciones durante los próximos 30 años, como para un volumen de extracción doble, triple y cuádruple en el mismo período de tiempo.

Las siguientes premisas comunes fueron adoptadas para todas las hipótesis de simulación:

- Un período de simulación de 30 años.
- Se comienza con el régimen de bombeos de los últimos 8 años, manteniéndose los caudales de extracción del 2003 de ahí en adelante.
- Se toma como recarga el 30% de la precipitación en régimen trimestral de los últimos 30 años, de acuerdo con los datos de las estaciones B690 (Sa Pobla), B691 (Sa Pobla-Sa Cánova) y B696 (Campanet Biniatro), proporcionados por la oficina del IGME en Mallorca.
- Se asume que los pozos tienen rejilla a través de todo el espesor saturado.
- Se ha tomado como punto de observación el pozo correspondiente a Cane Mora, considerado representativo por su posición geográfica en el cono de bombeo.

Una vez llevada a cabo cada una de las pasadas, se procede al análisis de los resultados. Este se concreta en los siguientes pasos para cada hipótesis:

- Elaboración de gráficas de niveles piezométricos y descensos para observar tanto el impacto de los bombeos sobre el acuífero como para analizar la posible influencia sobre las captaciones existentes (Figuras 8 y 9).
- Evolución de la relación de flujo entre el Llano de la Puebla y el acuífero de Crestatx en el tiempo (Figura 10).

- Como consecuencia de los bombeos, estimación del vacío acumulado en el acuífero a lo largo del tiempo. Este volumen es el susceptible de ser recargado artificialmente (Figura 11).
- Interpretación comparativa de resultados y conclusiones

3. RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1 Régimen de lluvias actual durante 20 años

En una primera hipótesis de simulación se consideró la posibilidad de mantener el régimen de lluvias actuales durante los próximos 20 años. Los resultados del balance anual obtenidos para cada hipótesis se muestran a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de los balances de agua y sal en los suelos para el régimen de lluvias y salinidad actual durante 20 años.

TIEMPO (años)	MATERIA			SALINIDAD		CANTIDAD DE AGUA (mm)	CANTIDAD DE SAL (g)
	ENTRADA	ALMACÉN	SALIDA	DEL SUELO	DEL AGUA		
1	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100

3. RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1 Régimen de bombeos actual durante 30 años

En una primera hipótesis de simulación se consideró la posibilidad de mantener el régimen de bombeos actuales durante los próximos 30 años. Los resultados del balance anual obtenidos para esta hipótesis se muestran a continuación en la Tabla 2.

TABLA 2. Resultados de los balances de entradas y salidas del sistema para el régimen de bombeos y de recarga actuales durante los próximos 30 años.

TIEMPO	SALIDAS			ENTRADAS		CAMBIO ANUAL ALMAC	VACÍO ACUMULADO
	GALERÍA	AL LLANO	BOMBEOS	DEL LLANO	LLUVIA		
Años*	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3
1	0.05	0.86	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00
2	0.00	0.36	1.17	0.05	1.15	-0.33	-0.33
3	0.00	0.07	1.17	0.19	0.82	-0.23	-0.56
4	0.00	0.01	1.17	0.29	0.82	-0.07	-0.63
5	0.00	0.03	1.46	0.40	1.01	-0.08	-0.71
6	0.00	0.03	1.34	0.42	0.98	0.03	-0.68
7	0.00	0.02	1.27	0.36	0.93	0.00	-0.68
8	0.00	0.00	1.40	0.63	0.57	-0.20	-0.88
9	0.00	0.01	1.37	0.64	0.85	0.11	-0.77
10	0.00	0.00	1.37	0.76	0.52	-0.09	-0.86
11	0.00	0.00	1.37	0.63	0.76	0.02	-0.84
12	0.00	0.02	1.37	0.59	0.93	0.13	-0.71
13	0.00	0.02	1.37	0.41	1.09	0.11	-0.60
14	0.00	0.08	1.37	0.42	0.95	-0.08	-0.68
15	0.00	0.00	1.37	0.59	0.65	-0.13	-0.81
16	0.00	0.00	1.37	0.60	0.85	0.08	-0.73
17	0.00	0.02	1.37	0.59	0.90	0.10	-0.63
18	0.00	0.05	1.37	0.37	0.95	-0.10	-0.73
19	0.00	0.00	1.37	0.65	0.68	-0.04	-0.77
20	0.00	0.00	1.37	0.83	0.49	-0.05	-0.82
21	0.00	0.00	1.37	0.85	0.57	0.05	-0.77
22	0.00	0.00	1.37	0.83	0.49	-0.05	-0.82
23	0.00	0.00	1.37	0.72	0.74	0.09	-0.73
24	0.00	0.00	1.37	0.88	0.38	-0.11	-0.84
25	0.00	0.00	1.37	0.89	0.52	0.04	-0.80
26	0.00	0.00	1.37	0.99	0.30	-0.08	-0.88
27	0.00	0.00	1.37	1.03	0.33	-0.01	-0.89
28	0.00	0.00	1.37	0.95	0.49	0.07	-0.82
29	0.00	0.00	1.37	0.64	0.85	0.12	-0.70
30	0.00	0.00	1.37	0.70	0.60	-0.07	-0.77
SUMA	0.00	0.72	39.12	17.90	21.17		-0.77

* El año 1 corresponde al estado natural de equilibrio del sistema, es decir, a la pasada en régimen permanente. Los valores de la primera fila son orientativos de lo que ocurre en régimen natural y no están incluidos en la suma final.

Como se puede observar en las Figuras 8 y 9, con estos caudales de explotación los niveles piezométricos del acuífero se establecerían entre las cotas -10 y -50, lo cual implica unos descensos en la profundidad de estos niveles de entre 40 y 80 metros con respecto al régimen natural. La estabilización de estos niveles indica que para una recarga y un régimen de bombeos como el actual, son el Llano y la recarga por precipitación, y no el acuífero, quienes soportan los caudales de extracción.

Asimismo, en la Figura 10 se observa una inversión del flujo del régimen natural del sistema. En efecto, entre el año 1 (régimen permanente) y en año 2 (primer año de bombeos) se observa que la descarga natural del acuífero al Llano (estimada en algo menos de $1 \text{ hm}^3/\text{año}$) deja de producirse. En su lugar se aprecia cómo, a consecuencia de los descensos piezométricos ocasionados por los bombeos, es el Llano quien comienza a recargar el acuífero.

Por tanto, suponiendo que las premisas adoptadas para las pasadas en régimen transitorio se mantengan constantes en el tiempo, la variación anual de almacenamiento en el acuífero (entradas-salidas) sería negativa en algo más de la mitad de los años, concretamente 16. En 11 de ellos, el balance anual sería igual o inferior a -0.1 hm^3 .

De no producirse recarga artificial, el vaciado acumulado al cabo del tiempo de simulación sería de aproximadamente 0.8 hm^3 , mientras que el vaciado máximo se produciría tras 27 años (cerca de 0.9 hm^3 , ver Tabla 2). La recarga desde el Llano en estas condiciones sería de algo más de 1 hm^3 .

Por último, es necesario tener en cuenta que el rellenado total del acuífero mediante recarga artificial en cualquier momento tendría como consecuencia práctica una vuelta al estado inicial del sistema (año 1).

3.2 Régimen de bombeos doble al actual durante 30 años

Para la segunda pasada se consideró la posibilidad de doblar el régimen de bombeos actual para los próximos 30 años.

TABLA 3. Resultados de los balances de entradas y salidas del sistema para el régimen de recargar similar al actual y de bombeos dobles durante los próximos 30 años.

TIEMPO	SALIDAS			ENTRADAS		CAMBIO ANUAL ALMAC	VACÍO ACUMULADO
	GALERÍA	AL LLANO	BOMBEOS	DEL LLANO	LLUVIA		
Años*	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3
1	0.05	0.86	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00
2	0.00	0.13	2.33	0.44	1.15	-0.87	-0.87
3	0.00	0.00	2.33	1.15	0.82	-0.36	-1.23
4	0.00	0.00	2.33	1.41	0.82	-0.10	-1.33
5	0.00	0.00	2.92	1.67	1.01	-0.24	-1.57
6	0.00	0.00	2.69	1.75	0.98	0.04	-1.53
7	0.00	0.00	2.54	1.65	0.93	0.04	-1.49
8	0.00	0.00	2.80	1.96	0.57	-0.27	-1.76
9	0.00	0.00	2.74	2.00	0.85	0.11	-1.65
10	0.00	0.00	2.74	2.12	0.52	-0.10	-1.75
11	0.00	0.00	2.74	2.00	0.76	0.02	-1.73
12	0.00	0.00	2.74	1.94	0.93	0.13	-1.60
13	0.00	0.00	2.74	1.76	1.09	0.11	-1.49
14	0.00	0.00	2.74	1.72	0.95	-0.07	-1.56
15	0.00	0.00	2.74	1.95	0.65	-0.14	-1.70
16	0.00	0.00	2.74	1.96	0.85	0.07	-1.63
17	0.00	0.00	2.74	1.94	0.90	0.10	-1.53
18	0.00	0.00	2.74	1.71	0.95	-0.08	-1.61
19	0.00	0.00	2.74	2.01	0.68	-0.05	-1.66
20	0.00	0.00	2.74	2.19	0.49	-0.06	-1.72
21	0.00	0.00	2.74	2.21	0.57	0.04	-1.68
22	0.00	0.00	2.74	2.20	0.49	-0.05	-1.73
23	0.00	0.00	2.74	2.09	0.74	0.09	-1.64
24	0.00	0.00	2.74	2.25	0.38	-0.11	-1.75
25	0.00	0.00	2.74	2.26	0.52	0.04	-1.71
26	0.00	0.00	2.74	2.35	0.30	-0.09	-1.80
27	0.00	0.00	2.74	2.40	0.33	-0.01	-1.81
28	0.00	0.00	2.74	2.32	0.49	0.07	-1.74
29	0.00	0.00	2.74	2.02	0.85	0.13	-1.61
30	0.00	0.00	2.74	2.07	0.60	-0.07	-1.68
SUMA	0.00	0.13	78.22	55.50	21.17		-1.68

* El año 1 corresponde al estado natural de equilibrio del sistema, es decir, a la pasada en régimen permanente. Los valores de la primera fila son orientativos de lo que ocurre en régimen natural y no están incluidos en la suma final.

En las Figuras 8 y 9 se observa que los nivel piezométricos en el sistema oscilan entre cota -50 y -130m s.n.m., lo cual implica un descenso efectivo de entre 80 y 160m con respecto a la cota de dichos niveles en régimen natural de flujo. De acuerdo con los datos manejados en este estudio, estos descensos podrían provocar el secado de algunas de las captaciones existentes actualmente en la zona.

Por tanto, suponiendo que las premisas adoptadas para las pasadas en régimen transitorio se mantengan constantes en el tiempo, la variación anual de almacenamiento en el acuífero sería negativa (es decir, se incrementaría el volumen recargable) de nuevo

en 16 años. En 10 de ellos, el balance anual sería igual o inferior a -0.1hm^3 . De no producirse recarga artificial, el volumen acumulado al cabo del tiempo de simulación sería de aproximadamente 1.7hm^3 , mientras que el máximo de volumen recargable acumulado se produciría tras 27 años (unos 1.8hm^3). En ese caso, el Llano podría llegar a ceder al acuífero de Crestatx 2.4hm^3 (ver Tabla 3).

3.3 Régimen de bombeos triple al actual durante 30 años

Se llevó a cabo una tercera simulación suponiendo un régimen de bombeos tres veces superior al actual. Esta pasada implicaría el establecimiento de los niveles piezométricos de equilibrio en el cono de bombeo entre -120 y -220 metros de cota s.n.m., es decir, entre 150 y 250 metros por debajo de los niveles actuales (ver Figuras 8 y 9). Si, de acuerdo con los datos facilitados por la oficina del IGME en Mallorca, las captaciones más importantes no alcanzan los 200m de profundidad, parece probable que este régimen de bombeos llevase a la necesidad de perforar nuevos pozos de extracción.

TABLA 4. Resultados de los balances de entradas y salidas del sistema para el régimen de recargar similar al actual y de bombeos triples durante los próximos 30 años.

TIEMPO	SALIDAS			ENTRADAS		CAMBIO ANUAL ALMAC	VACÍO ACUMULADO
	GALERÍA	AL LLANO	BOMBEOS	DEL LLANO	LLUVIA		
Años*	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3	hm3
1	0.05	0.86	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00
2	0.00	0.06	3.50	0.98	1.15	-1.43	-1.43
3	0.00	0.00	3.50	2.14	0.82	-0.54	-1.97
4	0.00	0.00	3.50	2.51	0.82	-0.17	-2.14
5	0.00	0.00	4.38	2.93	1.01	-0.44	-2.58
6	0.00	0.00	4.03	3.09	0.98	0.04	-2.54
7	0.00	0.00	3.81	2.96	0.93	0.08	-2.46
8	0.00	0.00	4.20	3.29	0.57	-0.34	-2.80
9	0.00	0.00	4.11	3.35	0.85	0.09	-2.71
10	0.00	0.00	4.11	3.49	0.52	-0.10	-2.81
11	0.00	0.00	4.11	3.37	0.76	0.02	-2.79
12	0.00	0.00	4.11	3.32	0.93	0.14	-2.65
13	0.00	0.00	4.11	3.14	1.09	0.12	-2.53
14	0.00	0.00	4.11	3.09	0.95	-0.07	-2.60
15	0.00	0.00	4.11	3.31	0.65	-0.15	-2.75
16	0.00	0.00	4.11	3.33	0.85	0.07	-2.68
17	0.00	0.00	4.11	3.31	0.90	0.10	-2.58
18	0.00	0.00	4.11	3.09	0.95	-0.07	-2.65
19	0.00	0.00	4.11	3.37	0.68	-0.06	-2.71
20	0.00	0.00	4.11	3.55	0.49	-0.07	-2.78
21	0.00	0.00	4.11	3.58	0.57	0.04	-2.74
22	0.00	0.00	4.11	3.57	0.49	-0.05	-2.79
23	0.00	0.00	4.11	3.46	0.74	0.09	-2.70
24	0.00	0.00	4.11	3.62	0.38	-0.11	-2.81

25	0.00	0.00	4.11	3.63	0.52	0.04	-2.77
26	0.00	0.00	4.11	3.72	0.30	-0.09	-2.86
27	0.00	0.00	4.11	3.77	0.33	-0.01	-2.87
28	0.00	0.00	4.11	3.69	0.49	0.07	-2.80
29	0.00	0.00	4.11	3.40	0.85	0.14	-2.66
30	0.00	0.00	4.11	3.45	0.60	-0.06	-2.72
SUMA	0.00	0.06	117.34	93.51	21.17		-2.72

* El año 1 corresponde al estado natural de equilibrio del sistema, es decir, a la pasada en régimen permanente. Los valores de la primera fila son orientativos de lo que ocurre en régimen natural y no están incluidos en la suma final.

Por tanto, suponiendo que las premisas adoptadas para las pasadas en régimen transitorio se mantengan constantes en el tiempo, la variación anual de almacenamiento en el acuífero sería negativa (es decir, se incrementaría el volumen recargable) de nuevo en 16 años. En 10 de ellos, el balance anual sería igual o inferior a -0.1hm^3 . De no producirse recarga artificial, el volumen acumulado al cabo del tiempo de simulación sería de aproximadamente 2.7hm^3 , mientras que el máximo de volumen recargable acumulado se produciría tras 27 años (casi 3hm^3). En ese caso, el Llano podría llegar a ceder al acuífero de Crestatx alrededor de 3.8hm^3 (ver Tabla 3).

FIGURA 8. EVOLUCIÓN TEMPORAL ESTIMADA DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN EL ACUÍFERO DE CRESTATX (SEGÚN EL RÉGIMEN DE BOMBEO)

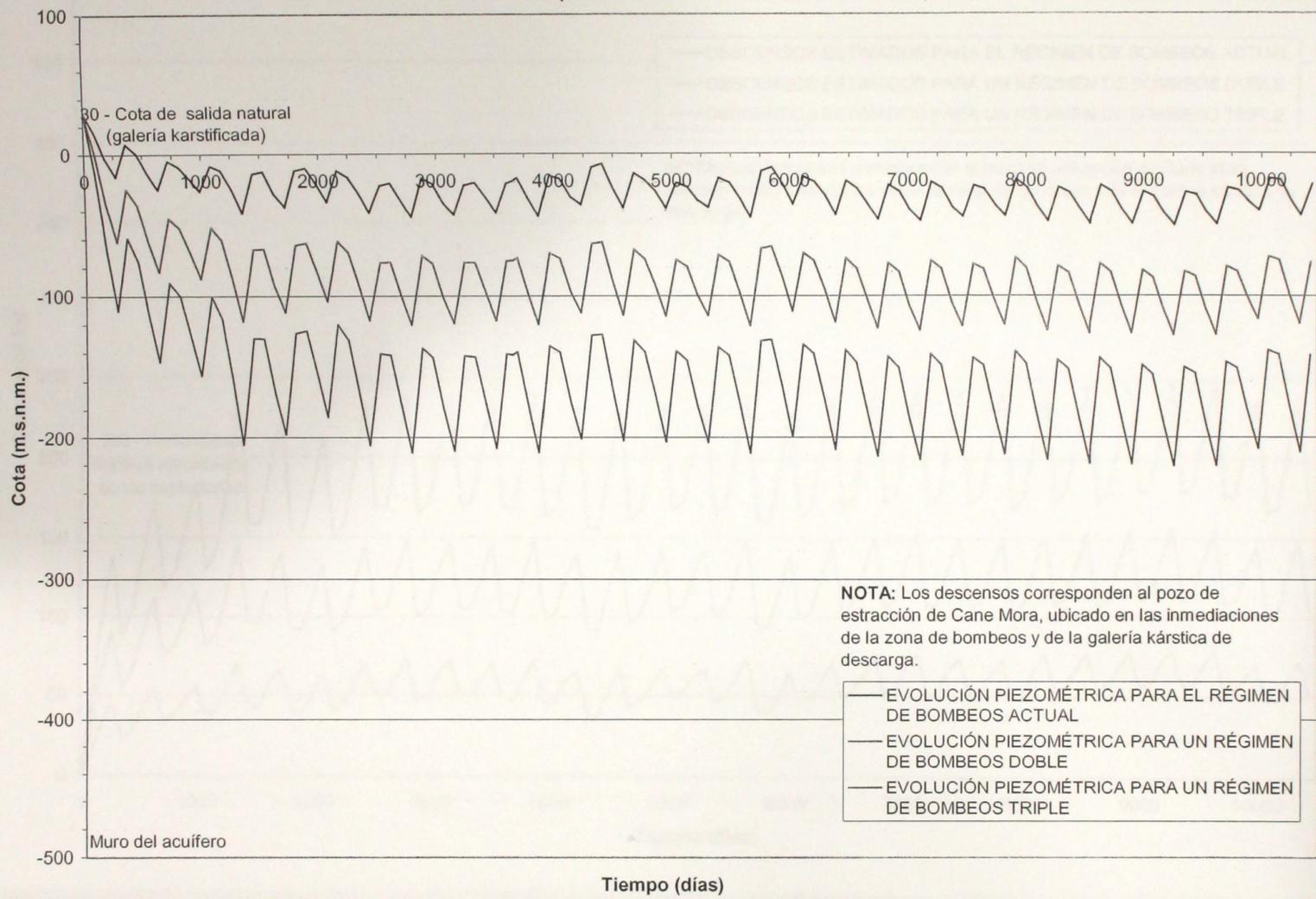
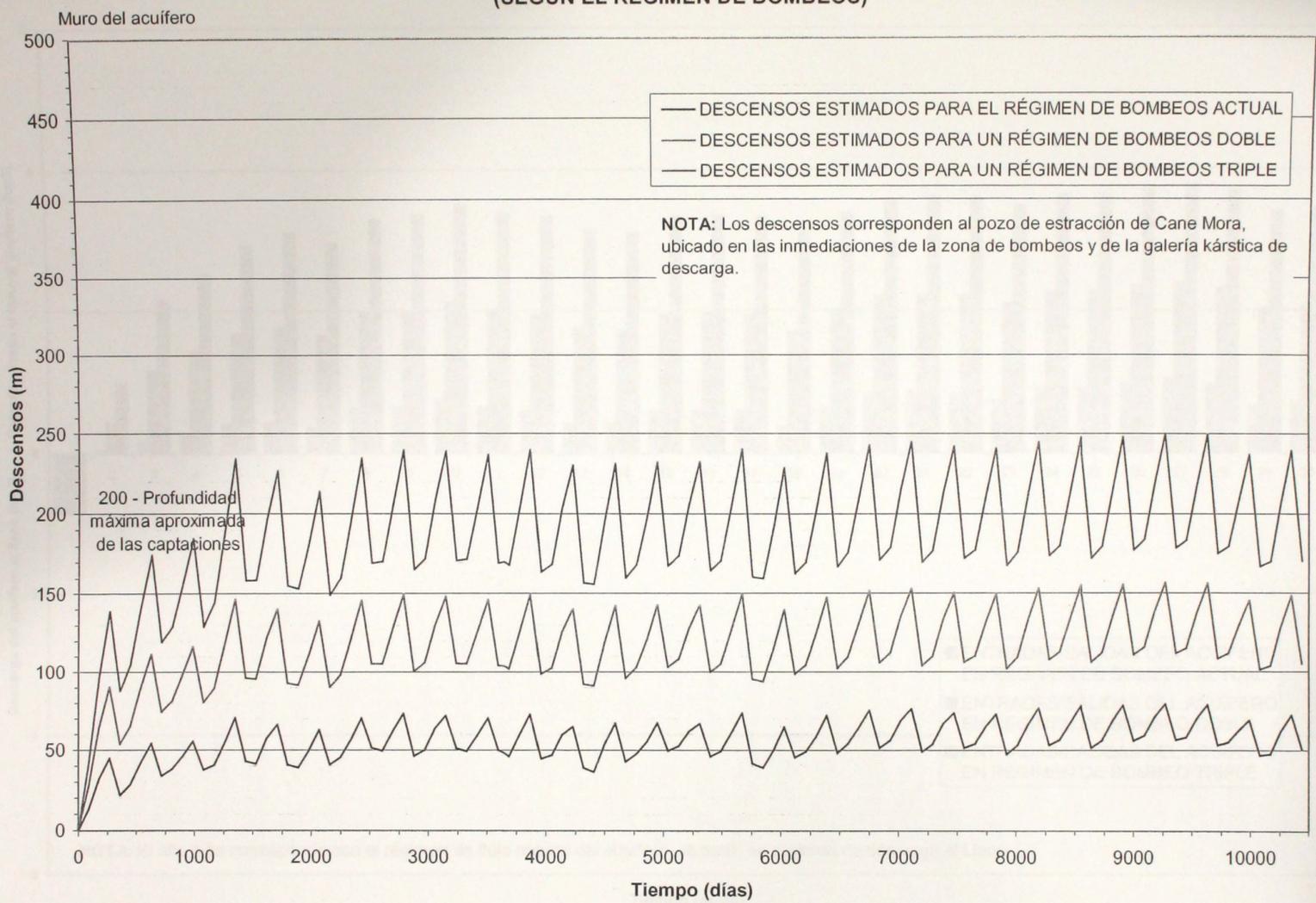


FIGURA 9. ESTIMACIÓN TEMPORAL DE LOS DESCENSOS EN EL ACUÍFERO DE JUREMA TX
(SEGÚN EL RÉGIMEN DE BOMBEOS)



(SEGUN EL REGIMEN DE BOMBEO)

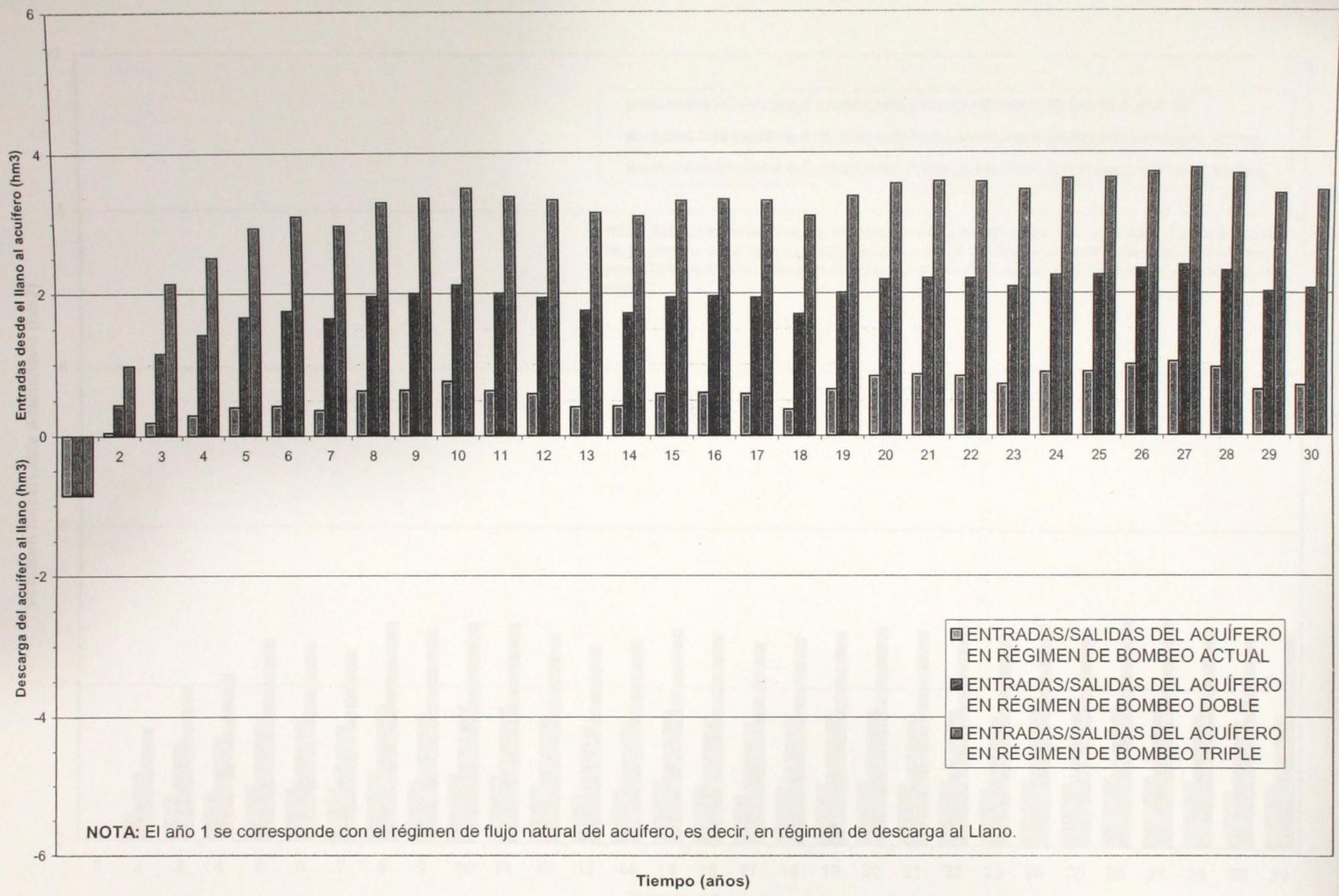
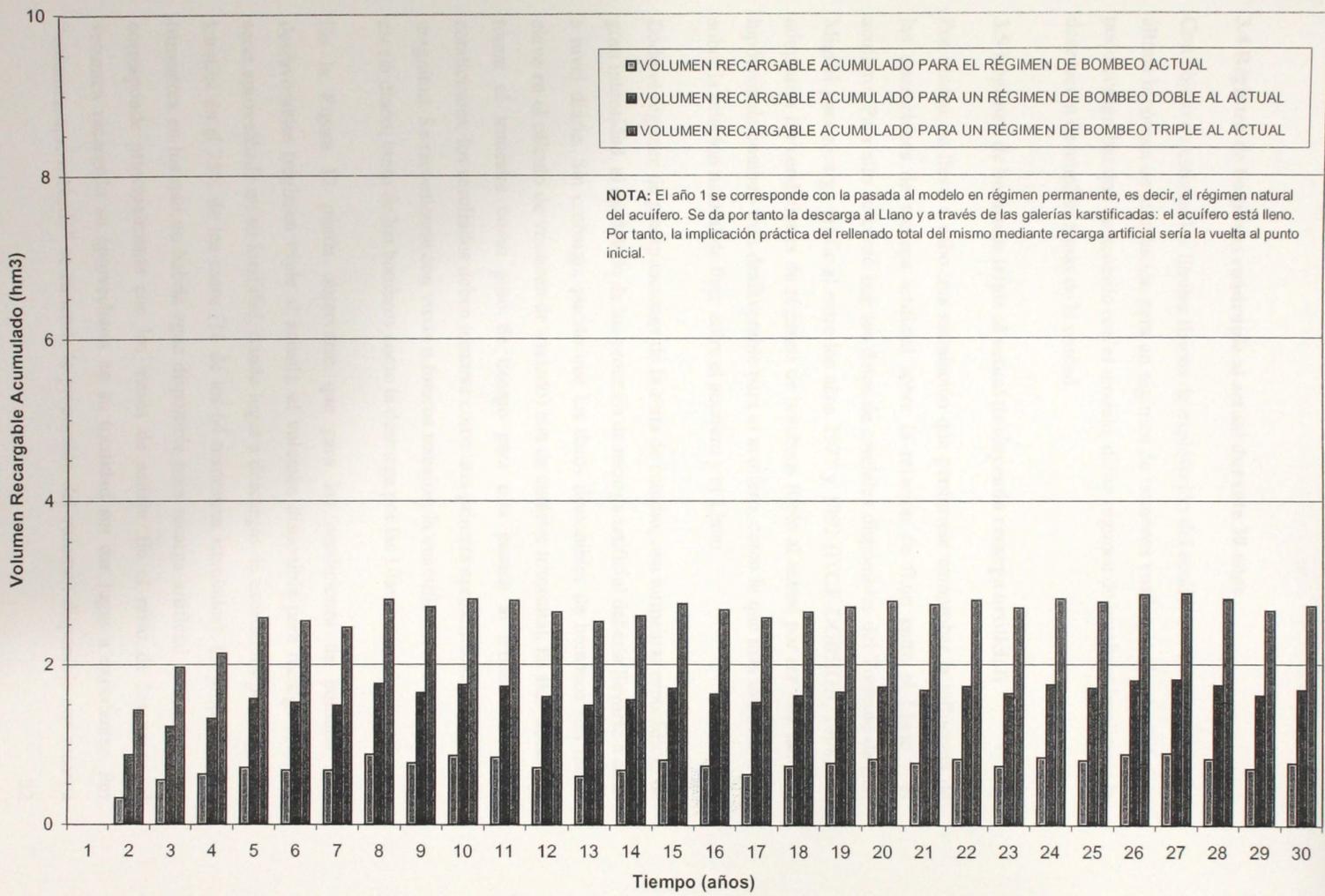


FIGURA 11. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN RECARGABLE EN EL TIEMPO PARA EL ACUÍFERO DE CRESTATX (SEGÚN EL RÉGIMEN DE BOMBEO)



3.4 Régimen de bombeos cuádruple al actual durante 30 años

Con objeto de estimar los límites físicos de explotación del acuífero se llevó a cabo una última hipótesis de simulación para un régimen de bombeos cuádruple al actual. Así se pudo comprobar que de acuerdo con el modelo, dicho régimen de bombeos implicaría la desecación de amplias zonas de la unidad.

3.5 Régimen de bombeos triple al actual (incluyendo recarga artificial)

Por último, se llevó a cabo una simulación que permitiese comprobar la influencia de las operaciones de recarga artificial sobre la relación de flujo entre el Llano y el acuífero. Para ello se contó con los datos de caudales disponibles del Torrente de San Miguel para recarga artificial entre los años 1977 y 1992 (ITGE-DGRHGB, 1998). Se adoptaron las condiciones de régimen de bombeos triple al actual por ser esta tanto la hipótesis de bombeo más desfavorable para el acuífero, como la que más impacto tiene sobre la relación natural de flujo entre el acuífero y el Llano.

Dado el régimen de precipitaciones de la zona de estudio, con tormentas esporádicas de gran intensidad, el modelado de los procesos de recarga artificial debería llevarse a cabo a nivel diario. Sin embargo, puesto que los datos disponibles de bombeos (un factor clave en el cálculo de volumen de vaciado) son de carácter trimestral, ha sido necesario tomar el trimestre como paso de tiempo para esta pasada al modelo. En estas condiciones, los resultados deben tomarse como una primera aproximación en orden de magnitud. Se recomienda con vistas a futuros trabajos, la cuantificación, a ser posible a escala diaria, tanto de los bombeos como la descarga por las Ufanés.

En la Figura 12 puede observarse que para las condiciones de bombeo más desfavorables (régimen triple al actual), el volumen disponible para recarga artificial sería aprovechado en su totalidad, dando lugar a descargas de excedentes por la galería kárstica en el 25% de los casos (16 de los 64 trimestres simulados). La proporción de trimestres en los que no habría agua disponible para recarga artificial es similar, y se corresponde principalmente con los meses de estiaje. En el resto de los casos, el volumen recargado se aprovecharía en su totalidad sin dar lugar a excedentes. Por "volumen aprovechado" se entiende la proporción del volumen disponible que recarga

tanto al acuífero de Crestatx (directamente) como al Llano de la Puebla (indirectamente). La diferencia entre el volumen disponible y el aprovechado son los excedentes: volumen que se pierde al descargar por la galería.

La Figura 13 muestra la relación de flujo entre el acuífero y el Llano con y sin recarga artificial. En ella puede observarse que la recarga artificial evitaría la inversión de flujo natural en aproximadamente dos tercios del período de simulación. Asimismo, en condiciones de recarga artificial, la descarga anual del acuífero al Llano sería superior a la que se da en régimen natural ($0.85\text{hm}^3/\text{año}$) en 11 de los 16 años simulados.

FIGURA 13 RELACION DE FLUJO ENTRE EL ACUÍFERO Y EL LLANO CON Y SIN RECARGA ARTIFICIAL

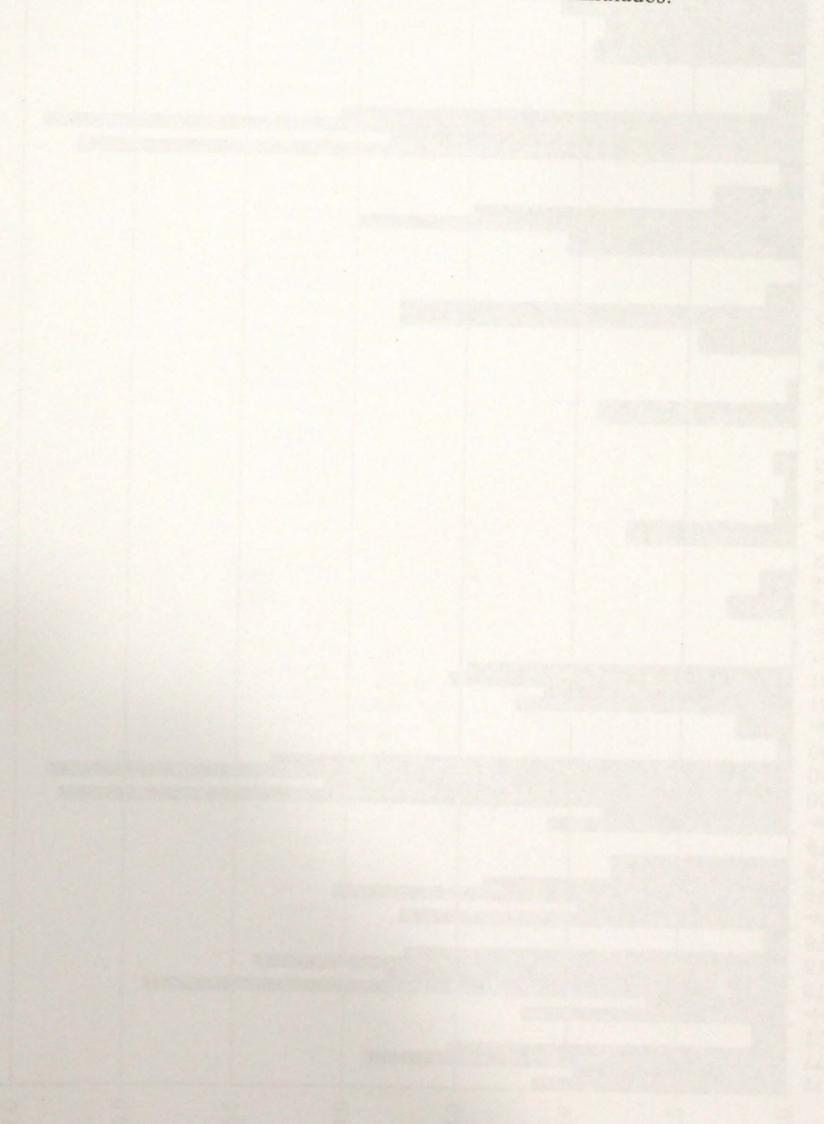


FIGURA 12. RELACIÓN TRIMESTRAL ENTRE VOLUMEN DISPONIBLE Y VOLUMEN APROVECHADO PARA RECARGA ARTIFICIAL

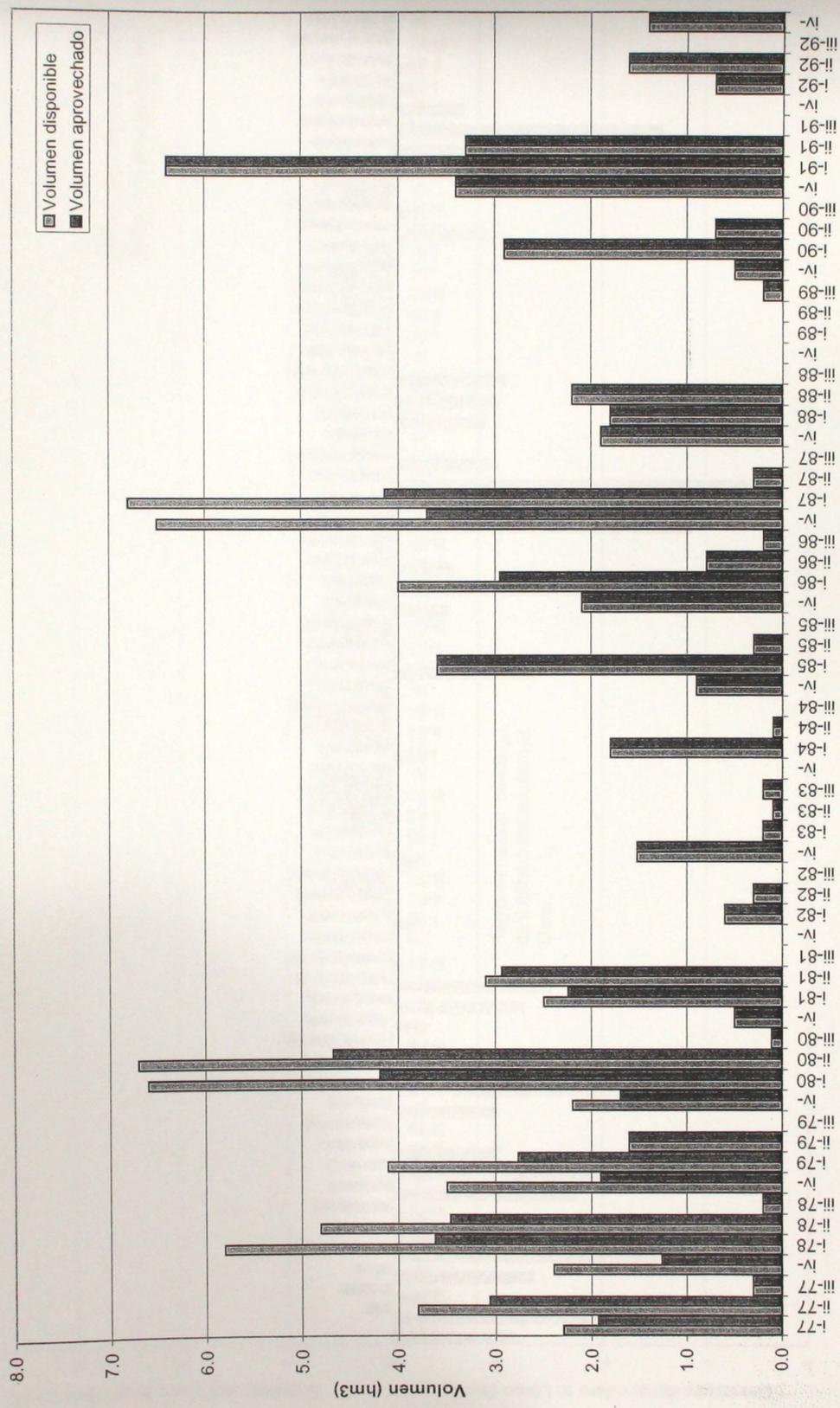
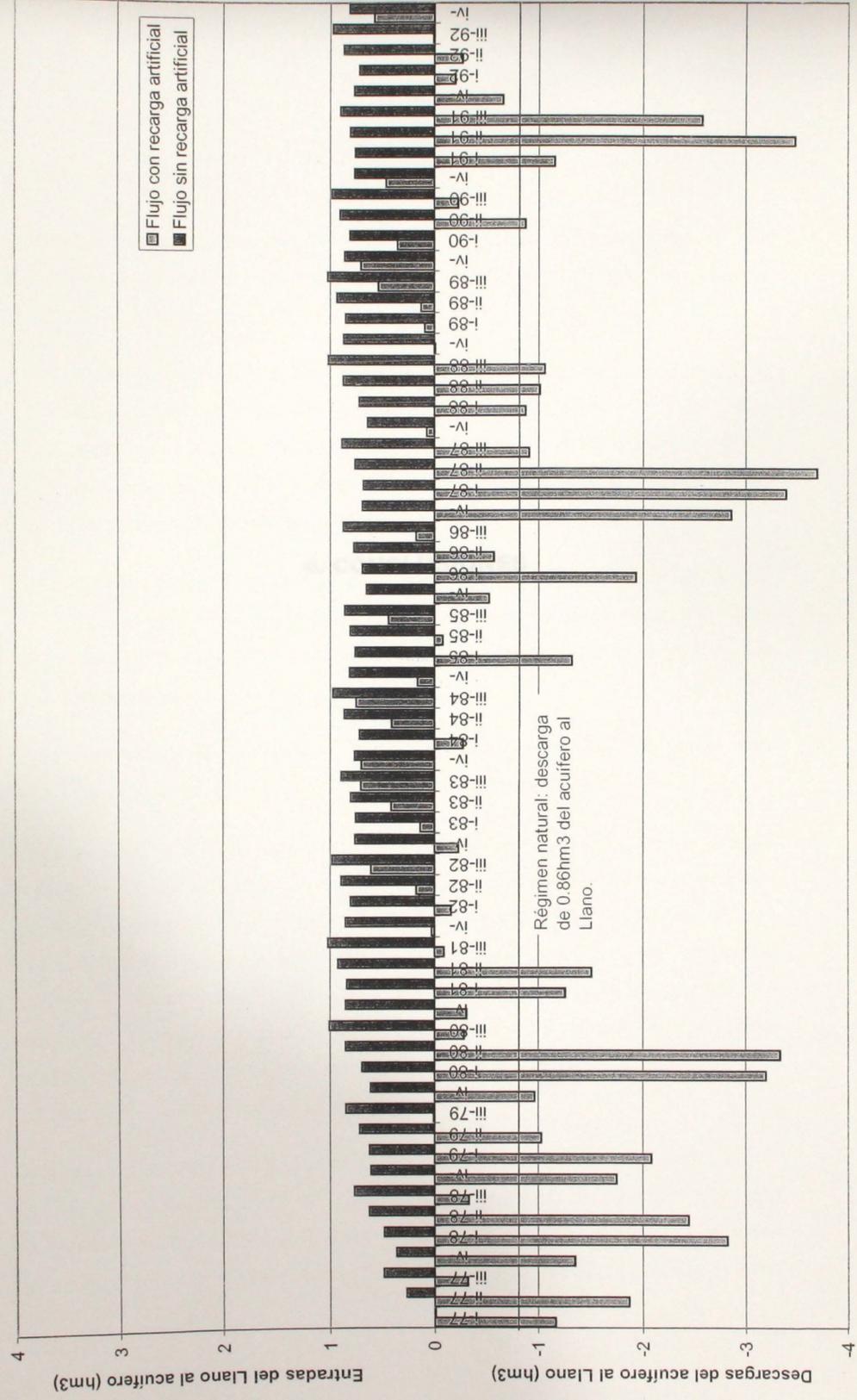


FIGURA 13. RELACIÓN DE TRIMESTRAL DE FLUJO ENTRE ACUÍFERO Y LLANO CON Y SIN RECARGA ARTIFICIAL



4. CONCLUSIONES

Dados los resultados de las distintas hipótesis de simulación presentadas en este modelo, a la hora de plantearse un incremento notable de las extracciones hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Un incremento en los caudales de extracción probablemente llevaría consigo la necesidad de construir nuevas captaciones capaces de extraer el recurso desde zonas más profundas que las actuales. Los descensos estimados por el modelo serían de entre 40 y 80m si se mantuviera el régimen actual de bombeos durante los próximos 30 años y de hasta 250m si se triplicase dicho régimen.
- La ubicación de estas nuevas captaciones tendría que ser estudiada con detalle, pues su puesta en funcionamiento podría afectar al rendimiento (incluso llegar a secar) las captaciones actuales, que ya cuentan con unas concesiones determinadas.
- De acuerdo con los resultados del modelo, un régimen de bombeos cuatro veces superior al actual supondría la desecación de amplias zonas del acuífero.

Los resultados del modelo muestran que el "vacío" que sería posible provocar mediante los bombeos oscila aproximadamente entre 1-1.8 hm³ en el caso de que se mantuviera el régimen actual de bombeos durante los próximos 30 años, y de 1.5-2.8 hm³ para un régimen de bombeos triple al actual (Figura 11). De producirse una recarga artificial del acuífero de carácter puntual, el volumen disponible lógicamente volvería a ser 0, lo que en la práctica supone aproximadamente una vuelta al año 1 de simulación (condiciones naturales). También es posible observar en la Figura 11 que aproximadamente cada 8-10 años se produce un máximo de vacío acumulado.

Asimismo, el modelo también permite observar que el cono de bombeo llega a afectar a la zona de contacto entre el acuífero kárstico y el Llano. La consecuencia de esto sería la inversión del flujo natural: el acuífero de La Puebla pasaría a recargar a la unidad de Crestatx, y por tanto el rendimiento de las captaciones ubicadas en el Llano se vería

afectado. Es por ello importante tener en cuenta que, de acuerdo con el modelo, manteniendo el régimen actual de caudales de extracción, el Llano tendría que ceder entre 0.3 y 1 hm³ anuales al acuífero aproximadamente. Estos valores podrían incrementarse hasta un máximo de casi 3.8 hm³ por año en caso de que el régimen de bombeos se triplicase. Debe tenerse en cuenta que estas cifras han de tomarse en orden de magnitud, y que sería necesario llevar a cabo un estudio de la relación de flujo entre el acuífero de Crestatx y el Llano de la Puebla para definir las en mayor detalle.

5. RECOMENDACIONES

5. RECOMENDACIONES

A la vista de todo lo anterior, y con vistas a poder planear con garantías las posibles operaciones de recarga y gestión del acuífero, se plantean las siguientes recomendaciones:

a) Es necesario llevar a cabo un estudio profundo (superficial de 500ml de investigación para determinar exactamente el potencial del acuífero (que además se ha realizado con arreglo a los datos cartográficos de geología de superficie), así como determinar los materiales que lo componen en profundidad y su permeabilidad. Dicho estudio deberá ser un estudio suficiente para introducir una serie de modificaciones de un ensayo de bombeo. Asimismo deberá estar provisto con una bomba piezométrica capaz de hacer la medida de los niveles.

5. RECOMENDACIONES

b) Se recomienda el seguimiento al menos quincenal de la evolución de los niveles piezométricos en los puntos oportunos, así como la medida periódica de la evolución espacio-temporal de los niveles superficiales del acuífero. Estos datos serán de gran utilidad para evaluar la recarga del acuífero y para de la recuperación. Con objeto de confirmar la fiabilidad de los datos, se recomienda además la realización de 2-3 ensayos postbombeos, y la instalación, en su caso, de medidores continuos de nivel.

c) Seguir a la vista de los cambios de los libros disponibles para recarga artificial.

d) El control periódico de la calidad química de las aguas extraídas del acuífero de Cerrada es necesario para poder evaluar el impacto producido sobre las aguas subterráneas de dicho sistema por la inversión de agua corriente sobre la composición de las mismas.

e) Calcular a nivel diario la recarga como máximo, es la recarga natural del acuífero.

5. RECOMENDACIONES

A la vista de todo lo anterior, y con vistas a poder plantear con garantías las posibles operaciones de recarga y gestión del acuífero, se plantean las siguientes recomendaciones:

- a) Es necesario llevar a cabo un sondeo profundo (alrededor de 500m) de investigación para determinar exactamente la potencia saturada del acuífero (que actualmente se ha estimado con arreglo a los datos existentes de geología de superficie), así como determinar los materiales que lo componen en profundidad y su permeabilidad. Dicho sondeo deberá tener un diámetro suficiente para introducir una bomba sumergible que permita la realización de un ensayo de bombeo. Asimismo deberá estar equipado con una tubería piezométrica anexa a fin de facilitar la medida de los niveles.
- b) Se recomienda el seguimiento al menos quincenal de la evolución de los niveles piezométricos en los sondeos existentes, así como la medida precisa de la evolución espacio-temporal de los caudales extraídos del acuífero. Estos datos serían de gran utilidad para calcular la recarga del acuífero a partir de la precipitación. Con objeto de confirmar la fiabilidad de los datos, se recomienda asimismo la realización de 2-3 sondeos piezométricos, y la instalación, en su caso, de medidores continuos de nivel.
- c) Seguimiento diario de los caudales de las Ufanes disponibles para recarga artificial.
- d) El control periódico de la calidad química de las aguas extraídas del acuífero de Crestatx es necesario para poder evaluar el impacto producido sobre las aguas subterráneas de dicho sistema por la inversión de flujo ocurrida como consecuencia de los bombeos.
- e) Cálculo a nivel diario, o mensual como máximo, de la recarga natural del acuífero.

- f) Con los datos obtenidos de todo lo anterior, mejorar el funcionamiento del modelo digital de flujo realizado al objeto de planificar con mayor garantía los procesos de recarga artificial. Dicho modelo debe combinar el proceso de explotación-vaciado con el proceso de recarga en función de los volúmenes disponibles.
- g) Elaboración de un modelo digital de flujo para simular con precisión las relaciones entre el acuífero de Crestatx y el del Llano de la Puebla atendiendo al análisis de los siguientes procesos:
 - a. Inversión de flujo.
 - b. Impacto producido sobre la calidad del agua del acuífero de Crestatx por efecto de la inversión de flujo.
 - c. Análisis de la posible influencia de dicha inversión de flujo sobre la intrusión marina en el acuífero del Llano de la Puebla.
 - d. Estudio del comportamiento como depósito regulador del acuífero del Llano de la Puebla con respecto del de Crestatx.
 - e. Dado que hasta la fecha no se han detectado hundimientos, efecto potencial de los bombeos, debe analizarse el impacto que nuevas alternativas de bombeo y el consiguiente vaciado pudieran producir en este sentido.

5. BIBLIOGRAFÍA

Gómez, J. y Morales, R. (1998). Aspectos biogeográficos e hidrológicos en relación al funcionamiento del ecosistema de humedales. Mallorca.

Carles De Siles, G. (1993). *Tercer Decenio. Cuadernillo de los monumentos del Área provincial de la Serra de Tramuntana, Mallorca*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Pons Castelló, J. (1973). *Estudio de las reservas hidrográficas de las islas de Mallorca e Ibiza (Tomos I y II)*. Ministerio de Obras Públicas, Industria y Agricultura, Madrid.

6. BIBLIOGRAFÍA

Gelabert Ferrer, B. (1997). *La agricultura polívoca de la zona de calanet de la isla de Mallorca*. Tesis Doctoral. ICAE, Madrid.

ICAE (2004). *Guía de agricultura ecológica*.

ITGE-IGRIBIO (1996). *Estudio de viabilidad de energía solar de sistemas a partir de cultivos de alto rendimiento en la isla de Mallorca*. Secretaría de Estado de Agua y Consumo, Ministerio de Medio Ambiente. Informe interno, 3 volúmenes, 1996.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bolzicco, J. y Morales, R. (1998). *Aspectos hidrogeológicos e hidrológicos en relación al funcionamiento del manantial de Almadrava, Mallorca*.

Cardoso Da Silva, G. (1997). *Tesis Doctoral: Comportamiento de los manantiales del karst nororiental de la Serra de Tramuntana, Mallorca*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Fuster Centelles, J. (1973). *Estudio de los recursos hidráulicos totales de las islas de Mallorca e Ibiza (Tomos I y II)*. Ministerios de Obras Públicas, Industria y Agricultura, Madrid.

Gelabert Ferrer, B. (1997). *La estructura geológica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Tesis Doctoral. IGME, Madrid.

IGME (2004). Comunicación escrita.

ITGE-DGRHGB (1998). *Estudio de viabilidad de recarga artificial de acuíferos a partir de cursos de agua superficial en la isla de Mallorca*. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Ministerio de Medio Ambiente. Informe interno, 5 volúmenes, 357pp.

APÉNDICES

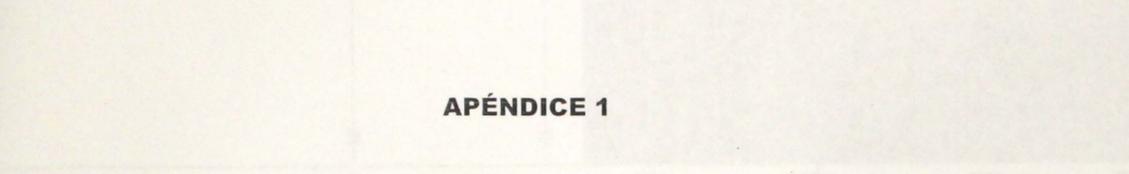
1. ~~PEB~~ ~~PEB~~
PEB PEB
2. ~~MRPEB~~
PEB
3. ~~MRPEB~~

ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE LA INVERSIÓN DE FUEGO PRODUCIDA POR EL SECTOR DE LA INDUSTRIA

ANÁLISIS DE DESCARGA



ANÁLISIS DE DESCARGA APLICADO (TRAY 1 AÑO)



APÉNDICE 1

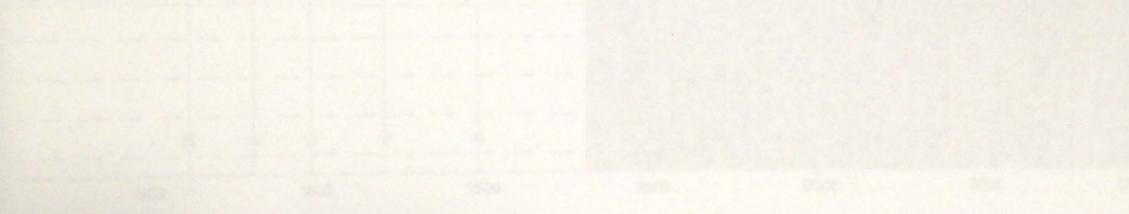
PER

PER

PER

PER

ANÁLISIS DE DESCARGA APLICADO (TRAY 30 AÑOS)

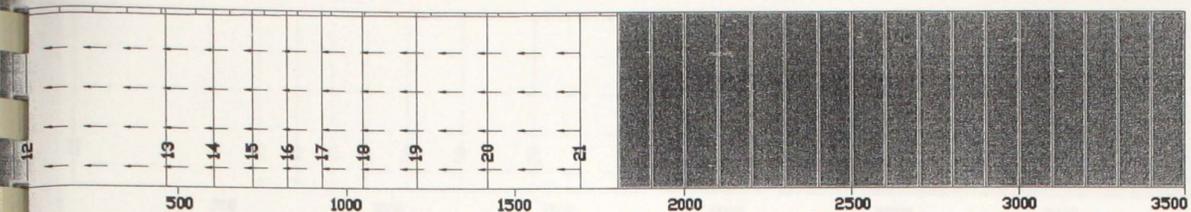


Para el análisis de bombas actual, el equipo de Cierzo...
de la Ciénega y el Lago de la Pólvora...
se produce una inversión de fuego...
de 10 años. Desde ese momento, el fuego...
de la Ciénega...
de 10 años.

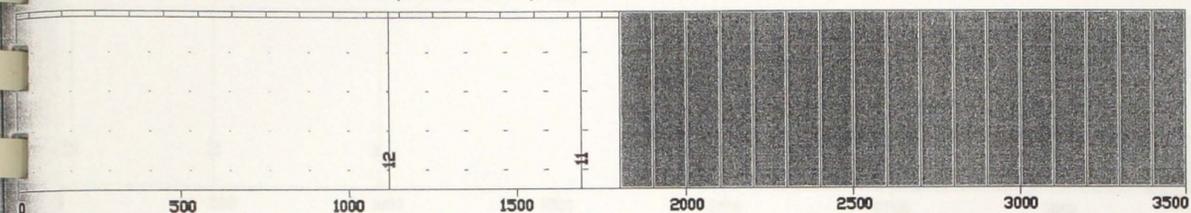
NOTAS:
1. El eje horizontal representa el tiempo en años.
2. Los ejes verticales representan el volumen de agua.
3. Las curvas representan los resultados de la simulación.
4. El eje vertical de la izquierda representa el nivel del agua.
5. El eje vertical de la derecha representa el nivel del agua.

RESUMEN GRÁFICO CUALITATIVO DE LA INVERSIÓN DE FLUJO PRODUCIDA POR EL RÉGIMEN DE BOMBEO ACTUAL

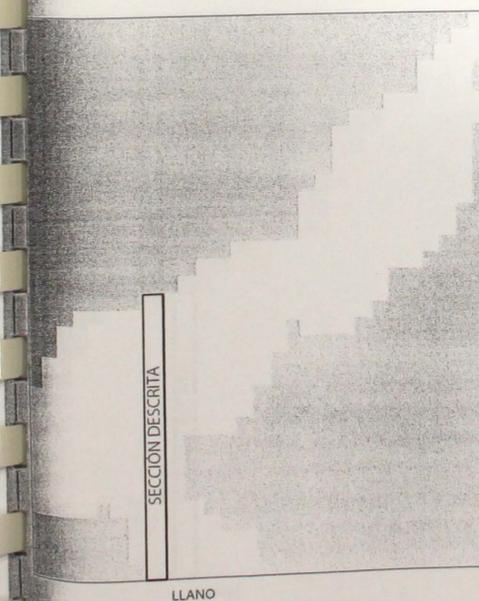
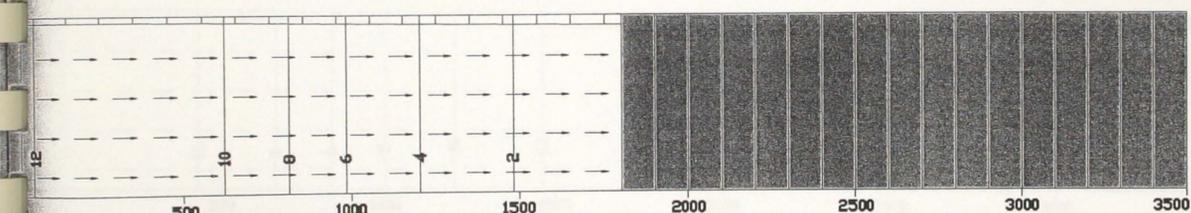
RÉGIMEN NATURAL DE DESCARGA



RÉGIMEN DE DESCARGA AFECTADO (TRAS 1 AÑO)



RÉGIMEN DE DESCARGA AFECTADO (TRAS 30 AÑOS)



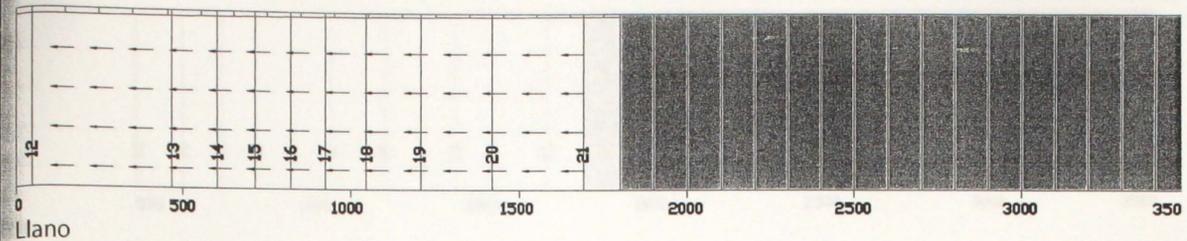
Para el régimen de bombeos actual, el acuífero de Crestatx deja de ceder agua al Llano de Sa Pobla al cabo de un año. A partir de entonces se produce una inversión de flujo creciente en el tiempo hasta los 10 años. Desde ese momento, el flujo cedido por el llano al acuífero de Crestatx se mantiene aproximadamente constante en magnitud hasta los 30 años (entre 0.5-1 hm³/año).

NOTA

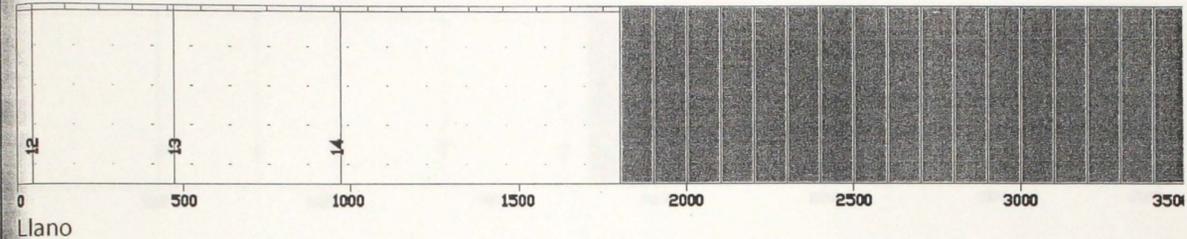
- La escala horizontal viene dada en metros.
- Las líneas verticales representan las isopiezas (m).
- Las flechas representan cualitativamente la dirección de flujo.
- El tramo sombreado no es acuífero.

RESUMEN GRÁFICO CUALITATIVO DE LA INVERSIÓN DE FLUJO PRODUCIDA POR UN RÉGIMEN DE BOMBEOS DOBLE

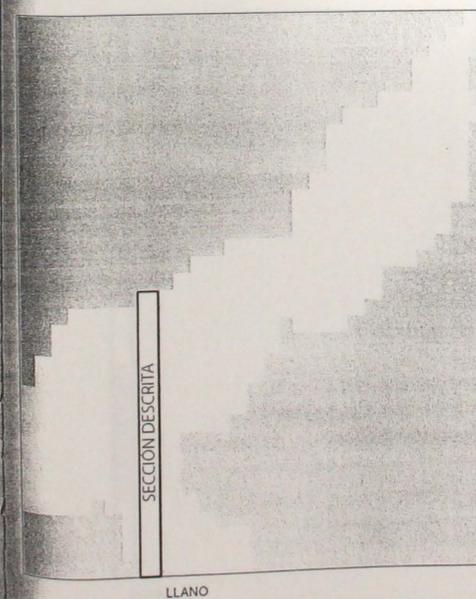
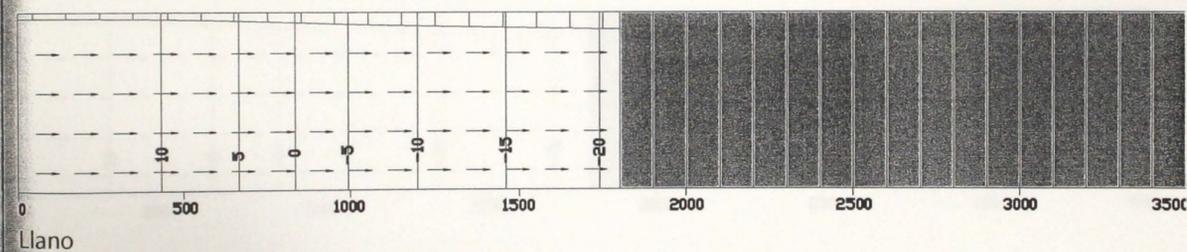
RÉGIMEN NATURAL DE DESCARGA



RÉGIMEN DE DESCARGA AFECTADO (TRAS 1 AÑO)



RÉGIMEN DE DESCARGA AFECTADO (TRAS 30 AÑOS)



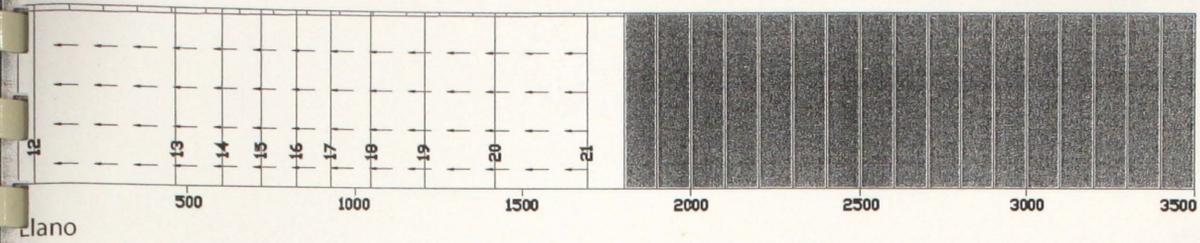
Para un régimen de bombeos doble al actual, el acuífero de Crestatx deja de ceder agua al Llano de Sa Pobla al cabo de un año. A partir de entonces se produce una inversión de flujo creciente en el tiempo hasta los 10 años. Desde ese momento, el flujo cedido por el llano al acuífero de Crestatx se mantiene aproximadamente constante en magnitud hasta los 30 años (entre 2-2.5 hm³/año).

NOTA

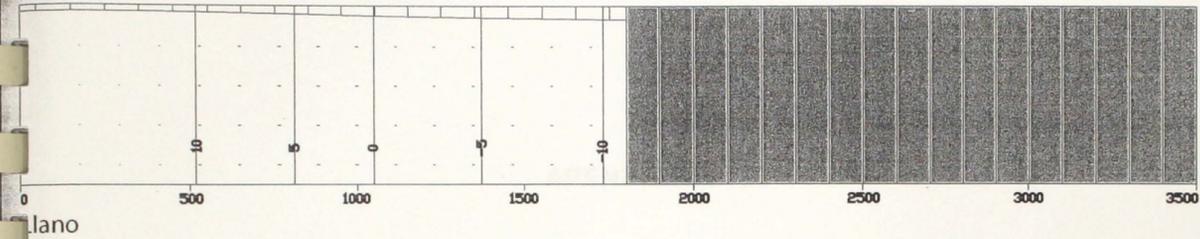
La escala horizontal viene dada en metros.
 Las líneas verticales representan las isopiezas (m).
 Las flechas representan cualitativamente la dirección de flujo.
 El tramo sombreado no es acuífero.

RESUMEN GRÁFICO CUALITATIVO DE LA INVERSIÓN DE FLUJO PRODUCIDA POR UN RÉGIMEN DE BOMBEOS TRIPLE

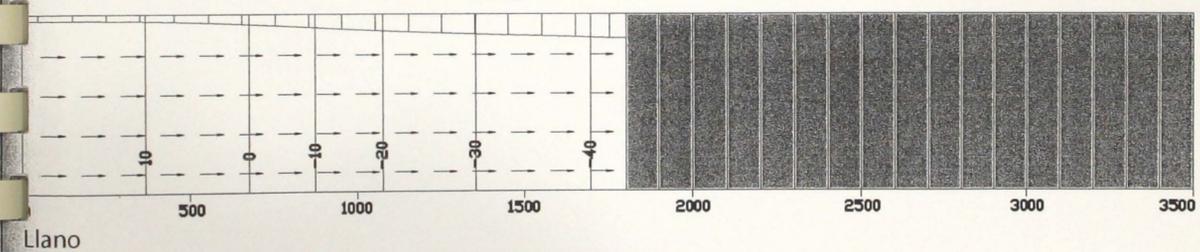
RÉGIMEN NATURAL DE DESCARGA



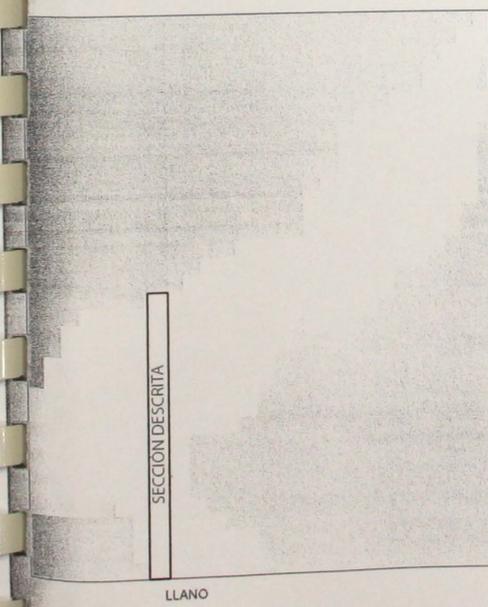
RÉGIMEN DE DESCARGA AFECTADO (TRAS 1 AÑO)



RÉGIMEN DE DESCARGA AFECTADO (TRAS 30 AÑOS)



Para un régimen de bombeos triple al actual, el acuífero de Crestatx deja de ceder agua al Llano de Sa Pobla al cabo de un año. A partir de entonces se produce una inversión de flujo creciente en el tiempo hasta los 10 años. Desde ese momento, el flujo cedido por el llano al acuífero de Crestatx se mantiene aproximadamente constante en magnitud hasta los 30 años (entre 3-4 hm³/año).



NOTA

La escala horizontal viene dada en metros.
 Las líneas verticales representan las isopiezas (m).
 Las flechas representan cualitativamente la dirección de flujo.
 El tramo sombreado no es acuífero.

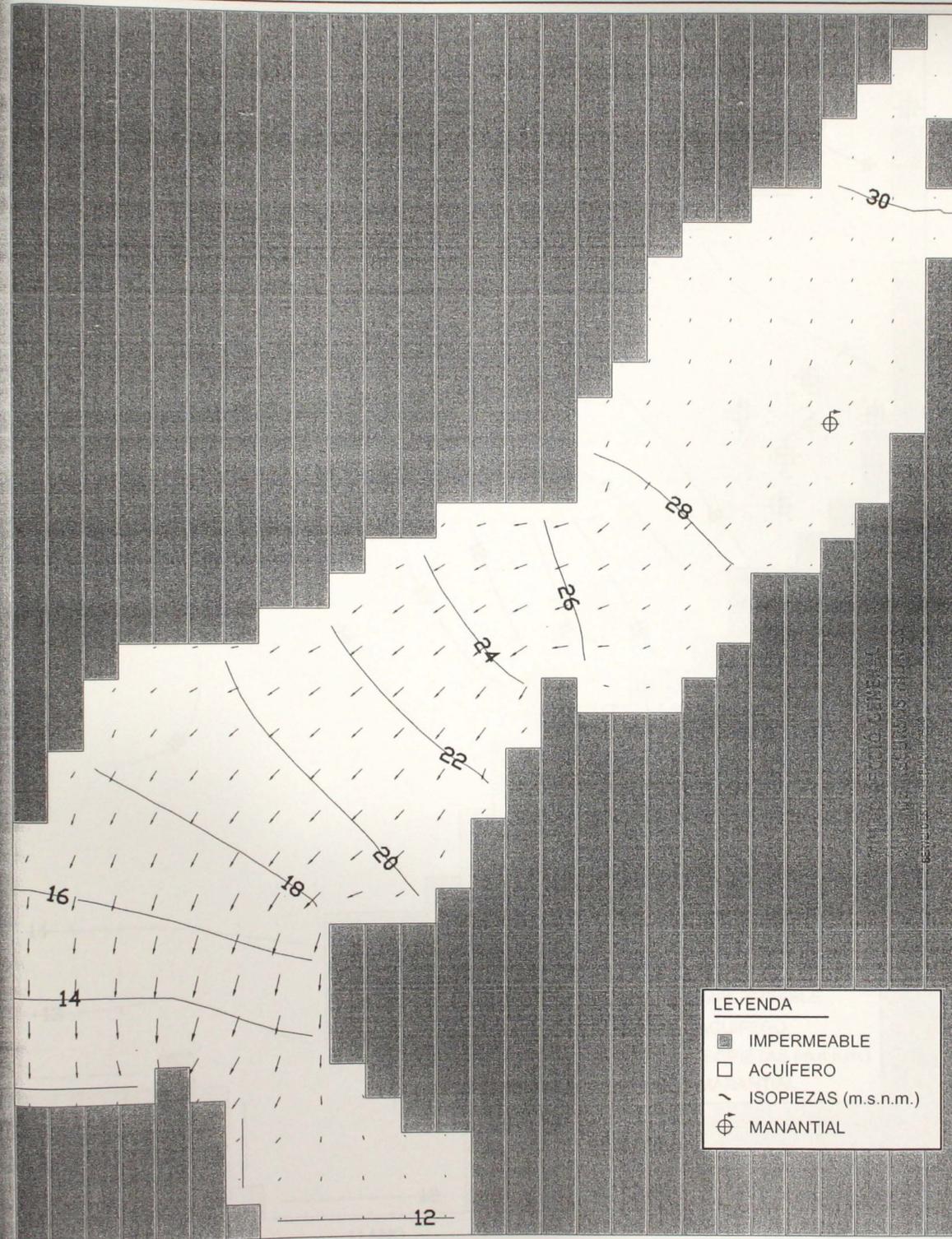
APÉNDICE 2

MAPA

FIG. 10

- LEYENDA
- IMPERMEABLE
 - ACUÍFOS
 - DOPPLAS (M. E. M.)
 - MANANTIAL

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN NATURAL

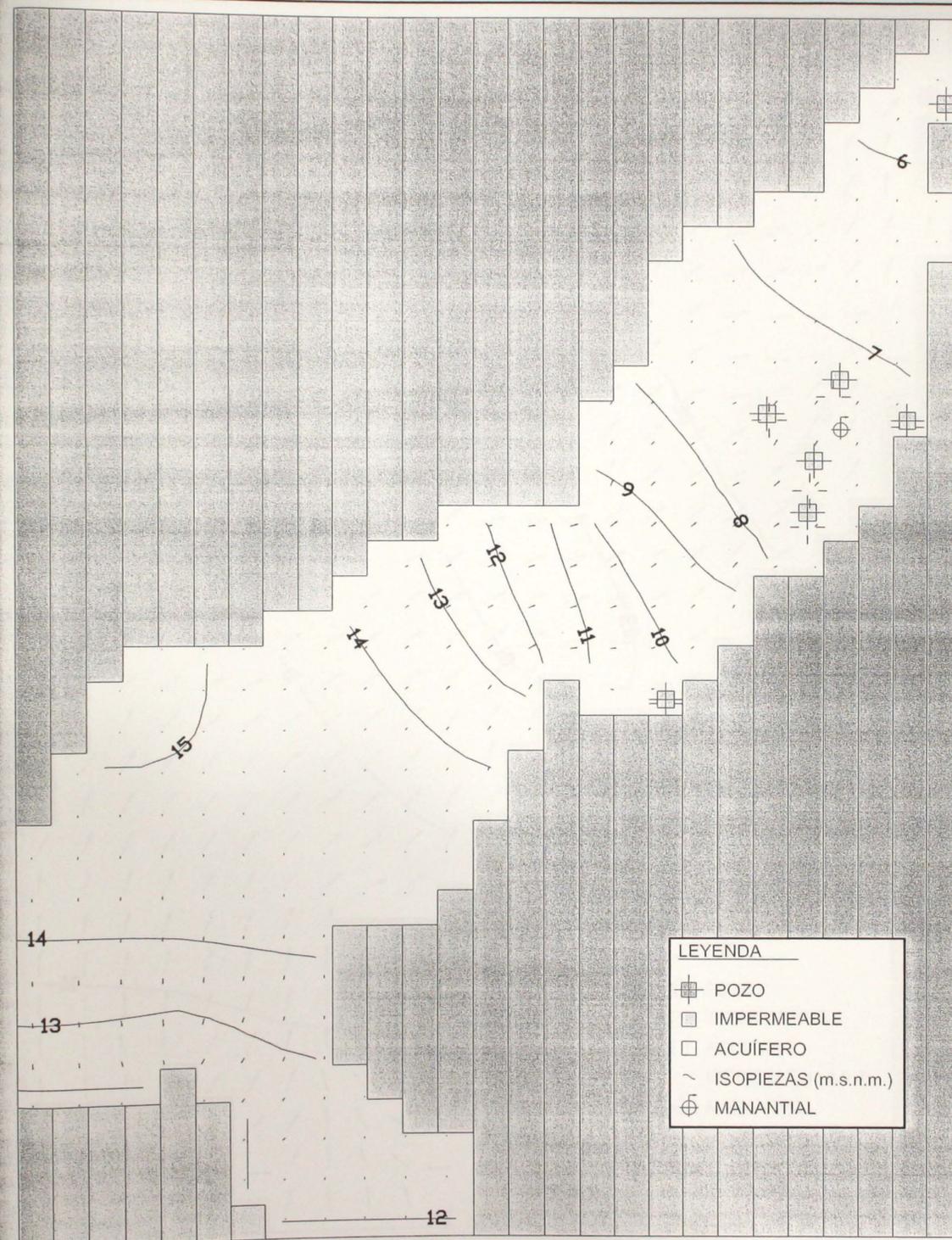


- LEYENDA
- IMPERMEABLE
 - ACUÍFERO
 - ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
 - MANANTIAL

LLANO

ESCALA 1/100

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO ACTUAL (TRAS 1 AÑO)

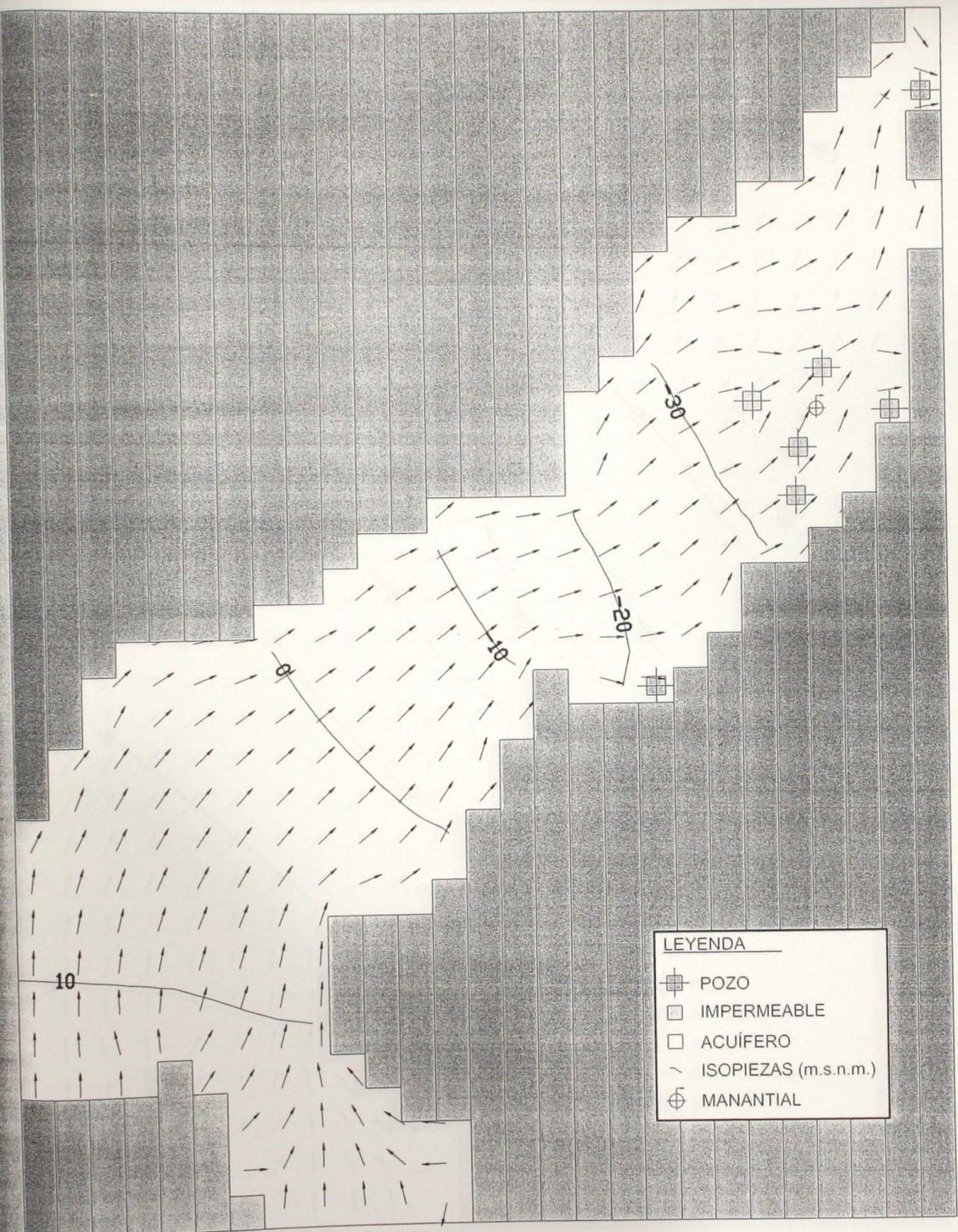


- LEYENDA
- POZO
 - IMPERMEABLE
 - ACUÍFERO
 - ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
 - MANANTIAL

0 400
ESCALA (m)

LLANO

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO ACTUAL (TRAS 15 AÑOS)



LEYENDA

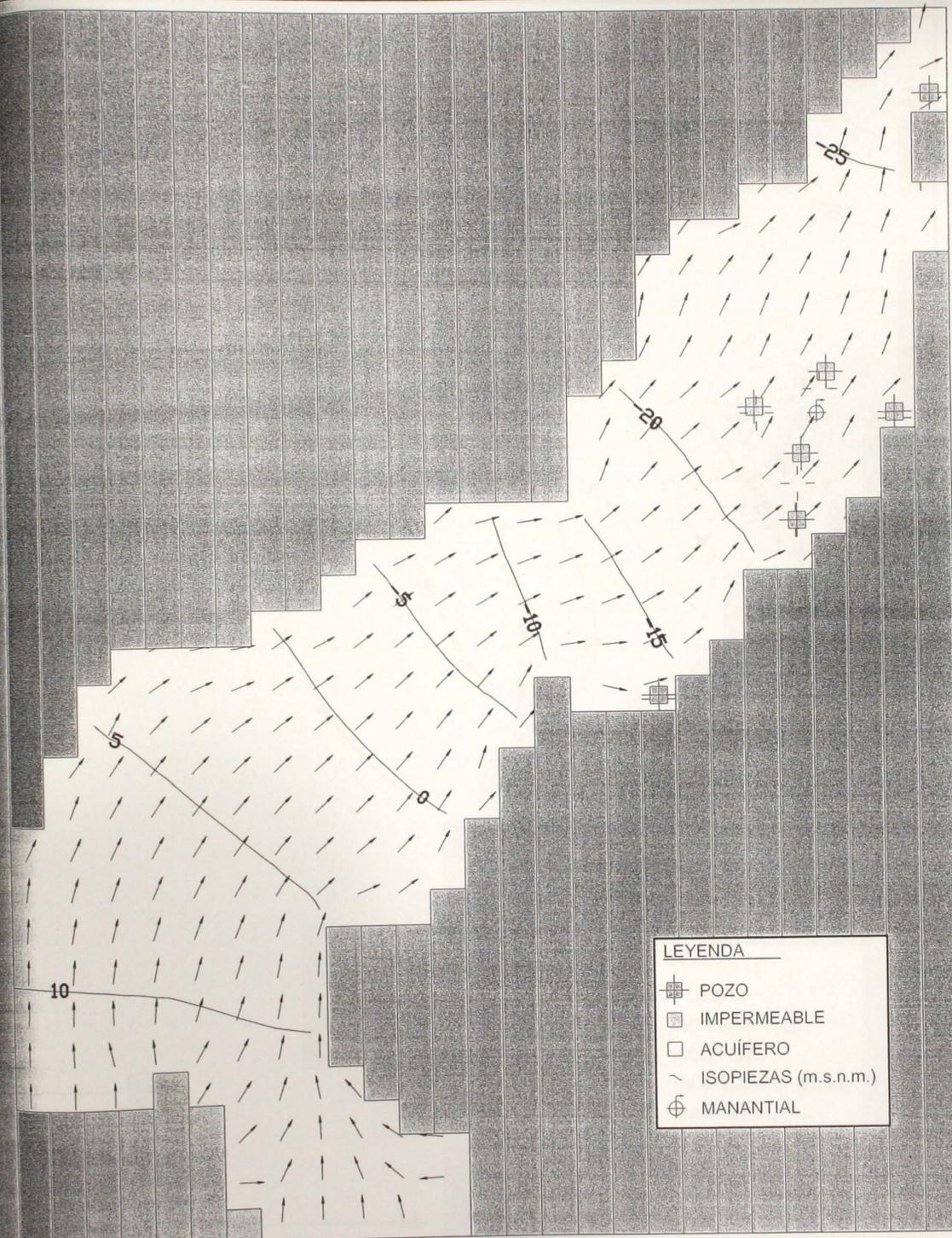
-  POZO
-  IMPERMEABLE
-  ACUÍFERO
-  ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
-  MANANTIAL

0 100
ESCALA (M)

LLANO

INSTITUTO VENEZOLANO
DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
Y TECNOLÓGICAS

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO ACTUAL (TRAS 30 AÑOS)

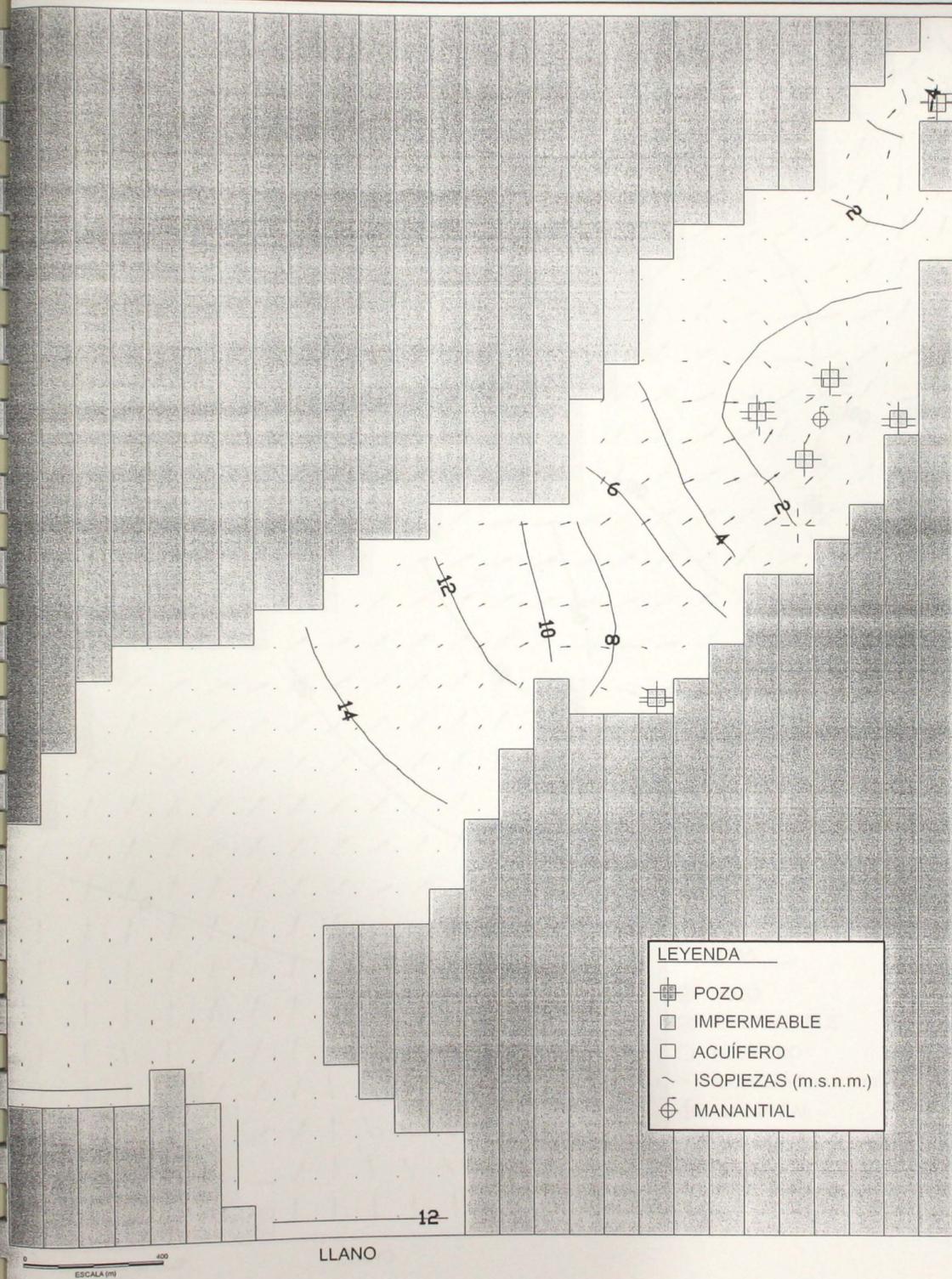


- LEYENDA
- POZO
 - IMPERMEABLE
 - ACUÍFERO
 - ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
 - MANANTIAL

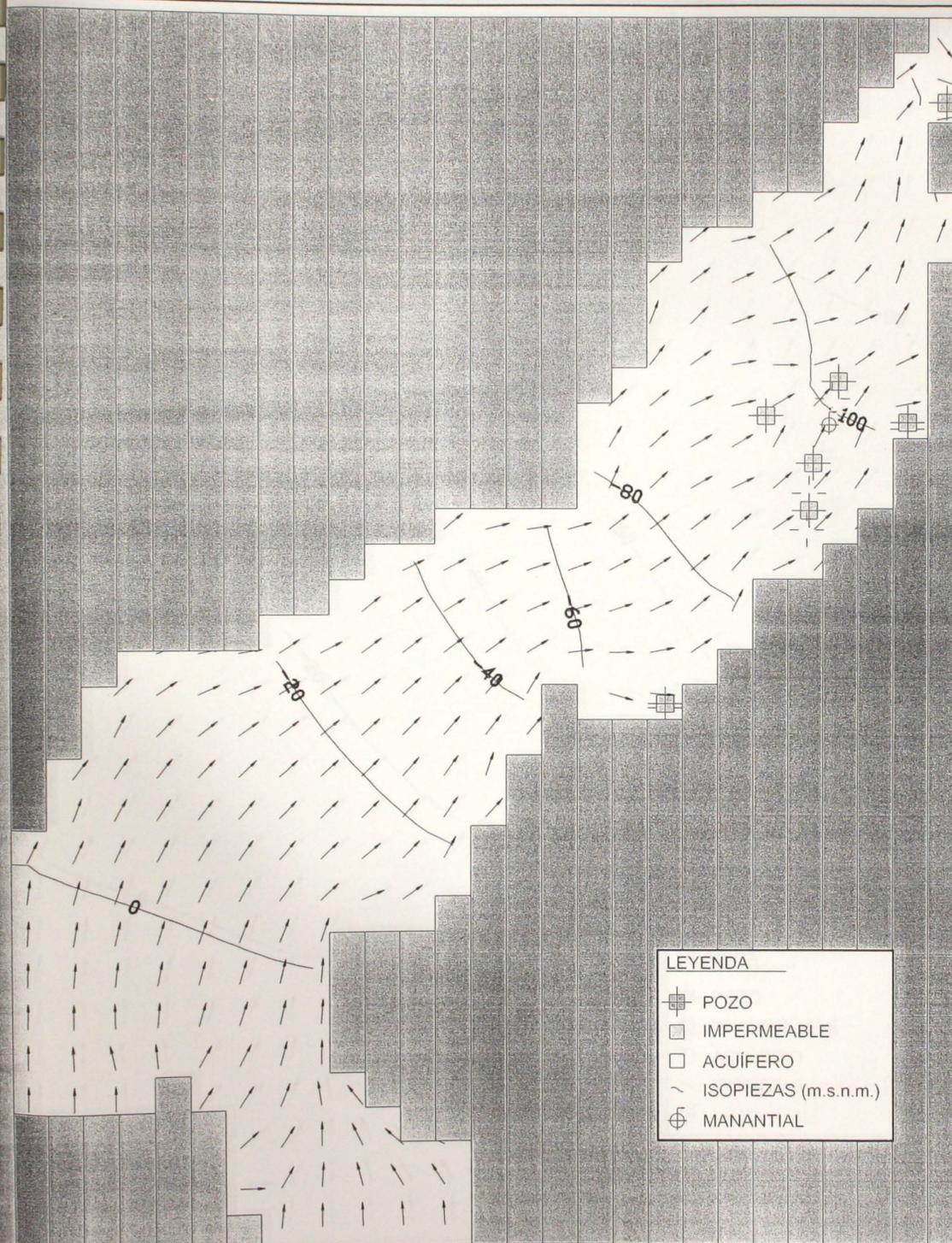
0 400
ESCALA (M)

LLANO

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO DOBLE AL ACTUAL (TRAS 1 AÑO)



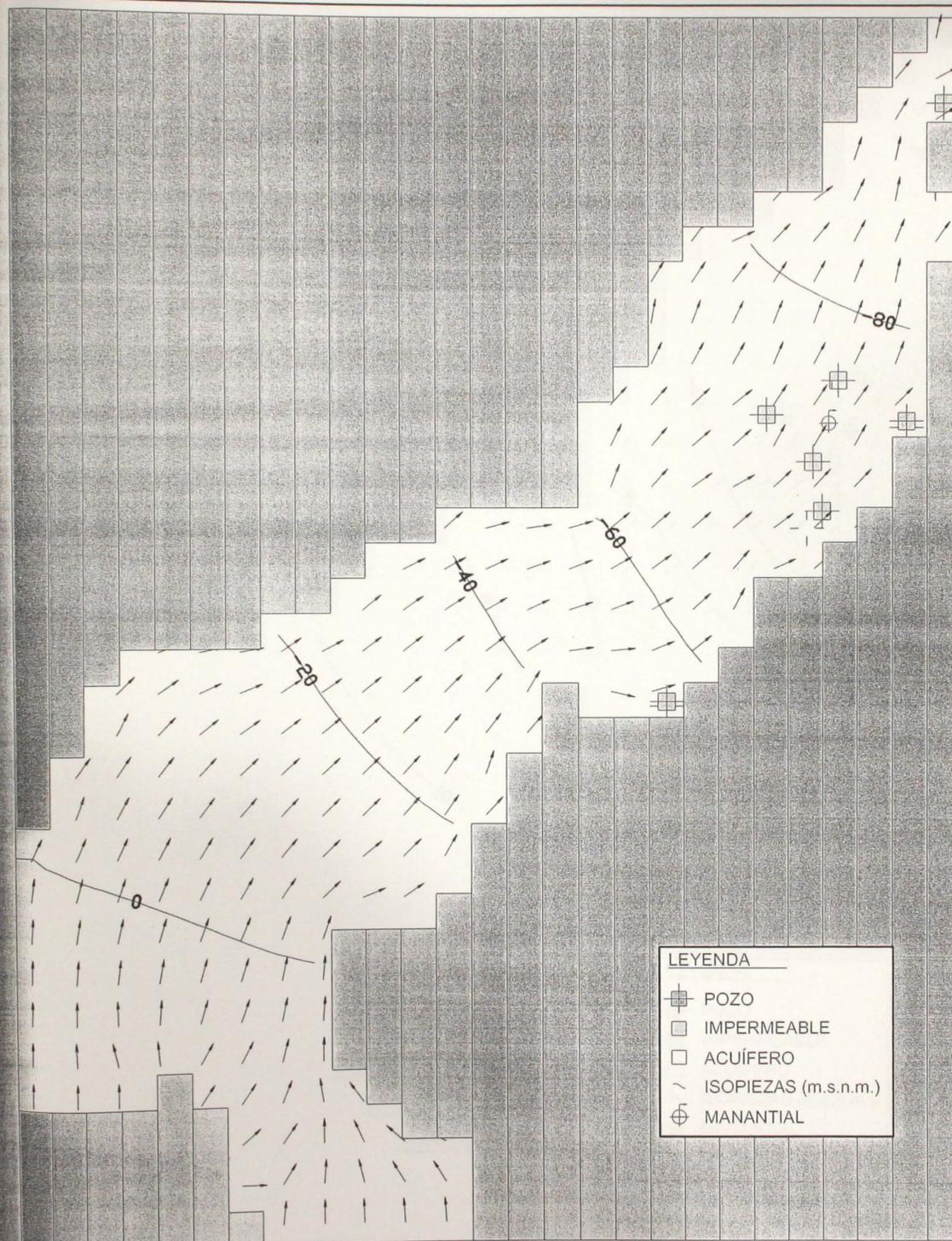
ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO DOBLE AL ACTUAL (TRAS 15 AÑOS)



- LEYENDA
- POZO
 - IMPERMEABLE
 - ACUÍFERO
 - ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
 - MANANTIAL

0 400
ESCALA (m)
LLANO

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO DOBLE AL ACTUAL (TRAS 30 AÑOS)

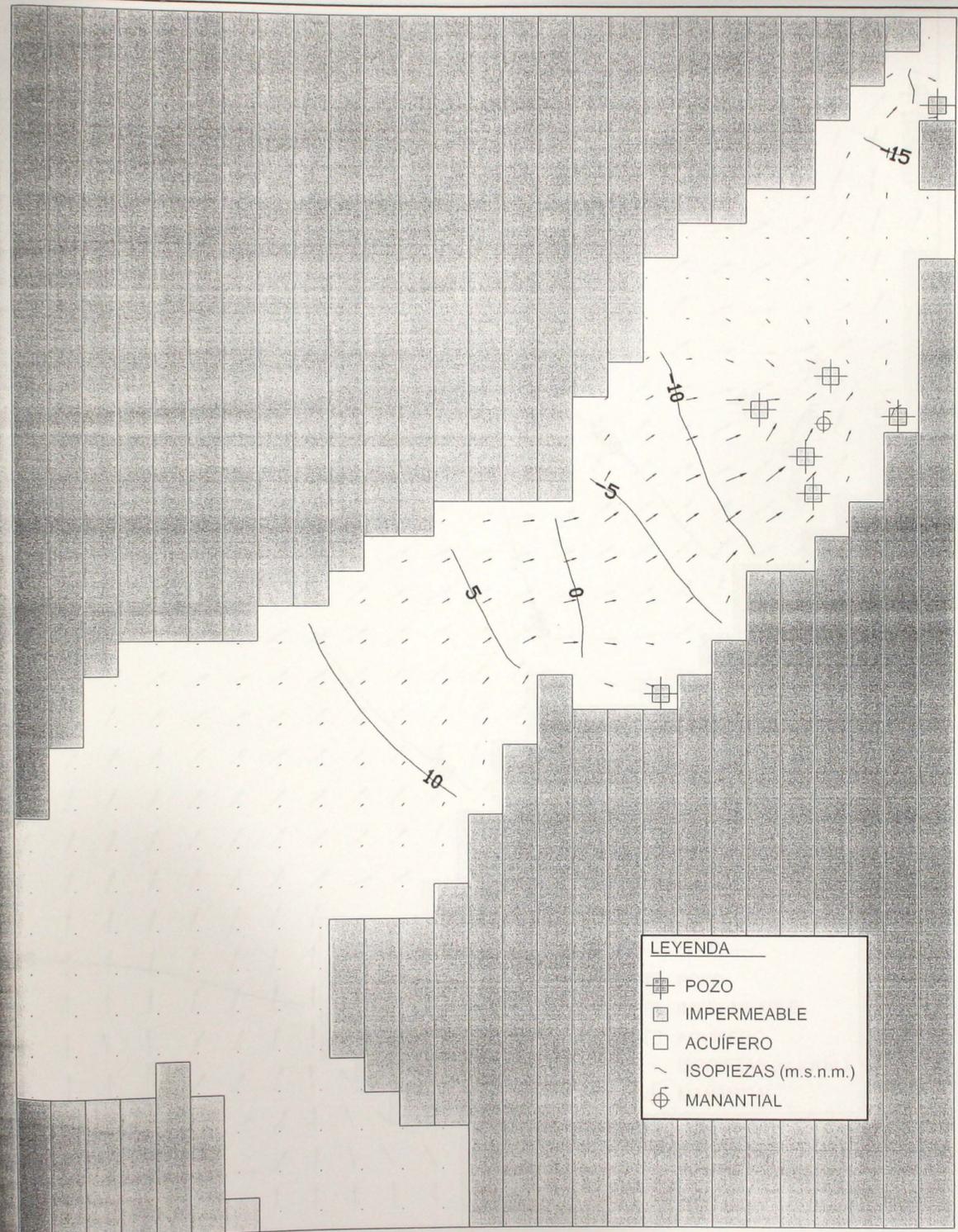


- LEYENDA
- POZO
 - IMPERMEABLE
 - ACUÍFERO
 - ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
 - MANANTIAL

0 400
ESCALA (M)

LLANO

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO TRIPLE AL ACTUAL (TRAS 1 AÑO)

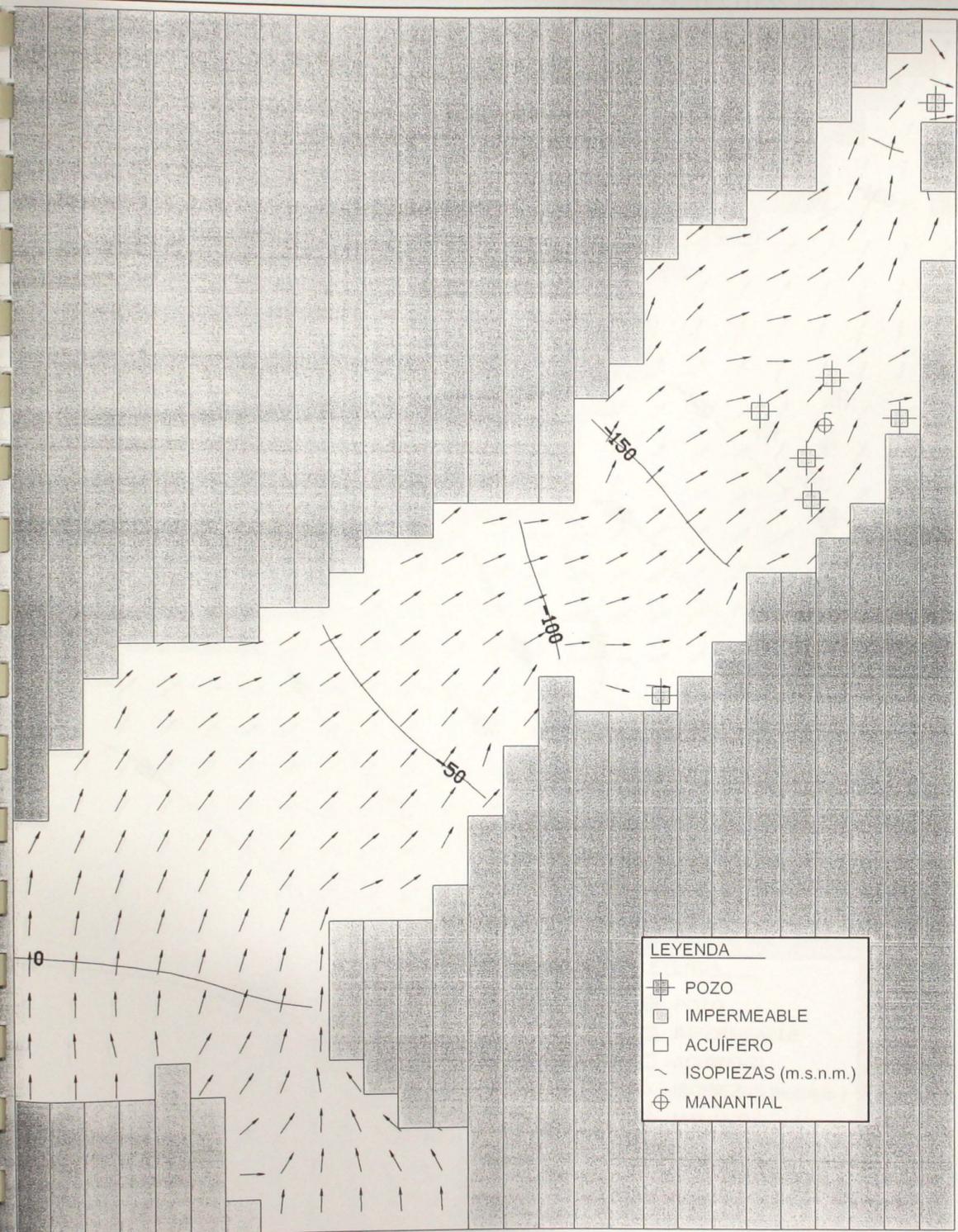


- LEYENDA
- ☒ POZO
 - ▨ IMPERMEABLE
 - ACUÍFERO
 - ~ ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
 - ⊕ MANANTIAL

0 400
ESCALA (m)

LLANO

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO TRIPLE AL ACTUAL (TRAS 15 AÑOS)

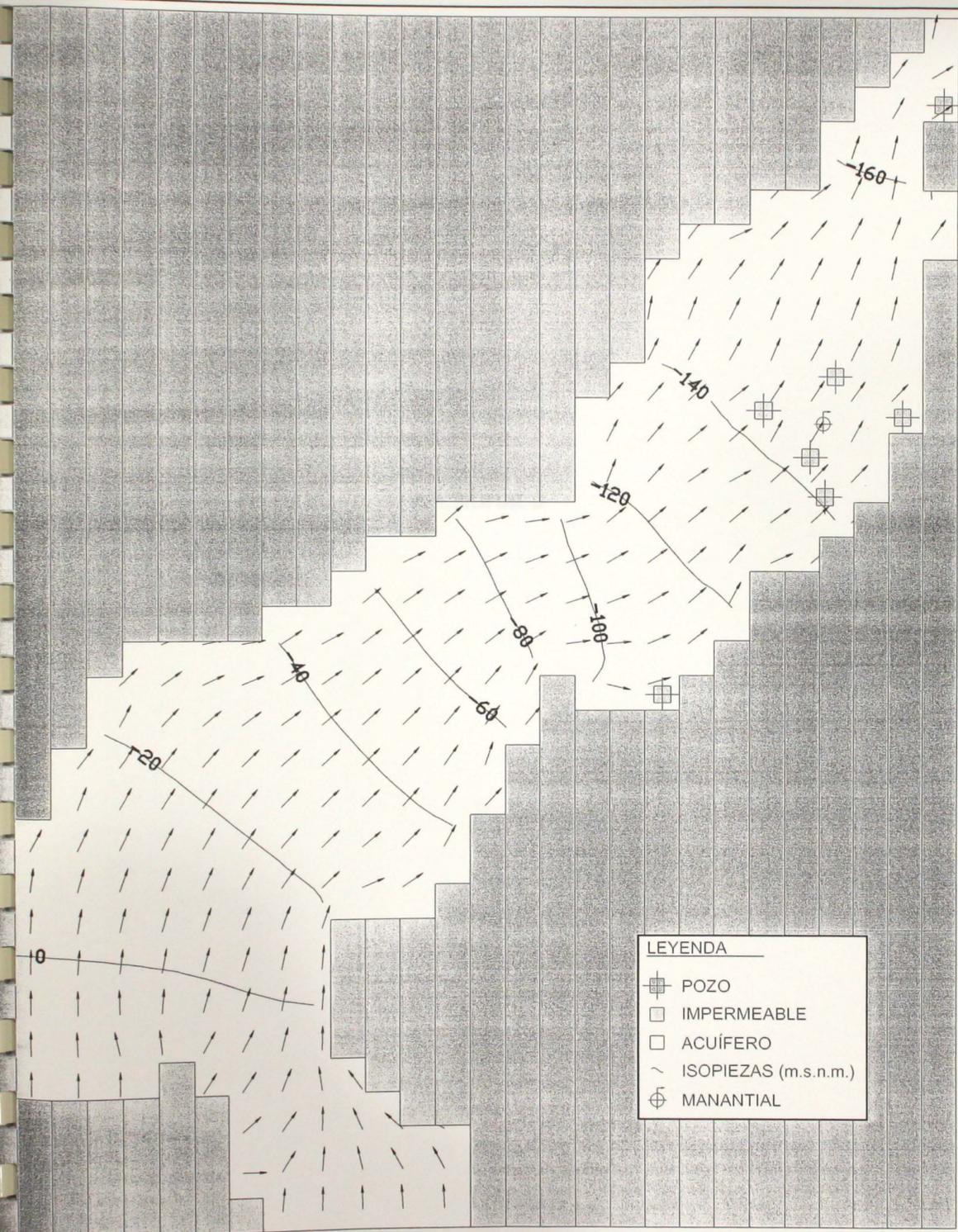


- LEYENDA
- POZO
 - IMPERMEABLE
 - ACUÍFERO
 - ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
 - MANANTIAL

0 400
ESCALA (m)

LLANO

ISOPIEZAS DEL ACUÍFERO EN RÉGIMEN DE BOMBEO TRIPLE AL ACTUAL (TRAS 30 AÑOS)



LEYENDA

- POZO
- IMPERMEABLE
- ACUÍFERO
- ISOPIEZAS (m.s.n.m.)
- MANANTIAL

0 400
ESCALA (m)

LLANO

APÉNDICE 3

IMPÉRIE

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS EXTRACCIONES TOTALES DEL ACUÍFERO DE CRESTATX (hm3)

Año	SON TONI	SES SOLLS	CANE MORA	PAR 4	PAR 94	S'UBACH	SON VILA	TOTAL
1998	0.10	0.32	0.32	0.05	0.07	0.11	0.19	1.17
1999	0.11	0.45	0.45	0.06	0.08	0.12	0.20	1.46
2000	0.11	0.36	0.37	0.06	0.07	0.12	0.26	1.34
2001	0.11	0.32	0.33	0.06	0.07	0.13	0.26	1.27
2002	0.11	0.39	0.40	0.06	0.08	0.11	0.26	1.40
2003	0.11	0.38	0.38	0.06	0.07	0.12	0.26	1.37

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LOS BOMBEO

ENE-MAR	ABR-JUN	JUL-SEP	OCT-DIC
23%	35%	38%	4%

2004)

DATOS GEOGRAFICOS DE PIEZOMETRIA

ID	Nombre	Coordenadas		Cota (m.s.n.m.)
		x utm	y utm	
392631329	50	502180	4406750	28
392631719	50	501840	4406900	36
392631718	50/50	501750	4406710	39
392631720	P5	501650	4406520	35
392631717	P54	501720	4406200	30
392631716	5	501500	4406010	30
392631626	50	502350	4407660	49

50/50 (2004)

SON TONI
 SON VILA
 S'UBACH
 CANE MORA
 SES SOLLIS
 PAR 4
 PAR 94
 POZO

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

1995	21-oct	28-oct	11-nov	2-dic	16-dic	21-oct	28-oct	11-nov	2-dic	16-dic	21-oct	28-oct	11-nov	2-dic	16-dic
POZO	P	P		P	P										
S'UBACH	44.6	44		40.6	39.6										
PAR 94															
PAR 4															
CANE MORA	58	56.3	50.4	45.8	44										
SES SOLLIS															
SON TONI	42.1	41.5	40.2												
SON VILA															


 DIRECCIO GENERAL
 DE RECURSOS HIDRIS
 SERVEI D'ESTUDIS I PLANIFICACIO

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

1997

POZO	21-ene	15-feb	19-abr	3-may	14-jun	12-jul	26-jul	9-ago	30-ago	6-sep	20-sep	11-oct	18-oct	25-oct
S'UBACH	P 21.2	P 20.3	P 21	P 21.2	P 24.8	M 30.6	M 32.7	P 32.2	M 37.5	P 34.7	P 39.2	P 37.7	P 37.1	P 36.8
PAR 94	P	P	P	P	M	M	M	P	P	P	P	P	P	P
PAR 4	32.1	30.4	32.4	37.1	45.6	47.1	50.3	53	50.6	52.3	52.5	55.5	55.2	
CANE MORA	33.4	31.8	33.8	38.7	46.3	42	49.5	51	53.5	52.2	53.8	59.4	56.9	55.9
SES SOLLIS	M 34.4	P 30.4	M 34.6	M 40.1	M 47.5	M 49.3	M 50.8	M 52.6	M 55.4	M 53.4	M 53	M 60.7	P 55.9	M 56.9
SON TONI	P 19.5	P 17.7	P 16.4	P 16.5	P 25.4	M 58.3	M 60.6	M 64.7	M 66.3	M 66	M 68.2	M 66	P 50.5	M 65

SON VILA

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

1998

POZO	19-sep	26-sep	9-oct	17-oct	31-oct	31-dic
	M	M	M	P	P	P
S'UBACH	54.8	54.5	55	50.6	50.7	42.35
	P	P	P	P	P	P
PAR 94	50	50	50.2	50.2	50	42.9
	P	P	P	P		P
PAR 4	66.9	66.9	66.8	66.7		54.6
	M	M	M	M		P
CANE MORA	73.5	73.7	60.2	60.3		58.5
	M	M	M	M		M
SES SOLLS	73.8	74.1	72.3	72.5		55.1
	M	M	P	M		P
SON TONI	73.9	74	56	74		39.8
SON VILA						

1998	18-sep	30-sep	9-oct	30-oct	27-nov	4-dic	11-dic
POZO	P	P	M	M	M	P	P
S'UBACH	57.4	58.7	53	59.7	61.9	57.5	57
PAR 94	80	81	81.7	81.5	80.5	80.6	80.6
PAR 4	M	M	M	M	M	P	P
CANE MORA	79.1	79.6	76.1	74.1	68.8	67.1	66.8
SES SOLLIS			72.4	69.7	62.3	63.1	68.8
SON TONI	73.5	75	72.8	70.5	41.8	42	41.9
SON VILA		29.4				39.6	42

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

1999

POZO	18-sep	30-sep	9-oct	30-oct	27-nov	4-dic	11-dic
POZO	P	P	M	M	M	P	P
S'UBACH	57.4	58.7	53	59.7	61.9	57.5	57
PAR 94	80	81	81.7	81.5	80.5	80.6	80.6
PAR 4	M	M	M	M	M	P	P
CANE MORA	79.1	79.6	76.1	74.1	68.8	67.1	66.8
SES SOLLIS			72.4	69.7	62.3	63.1	68.8
SON TONI	73.5	75	72.8	70.5	41.8	42	41.9
SON VILA		29.4				39.6	42

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

2000

	15-ene	5-feb	12-feb	6-mar	11-mar	18-mar	25-mar	1-abr	15-abr	22-abr	29-abr	6-may	13-may	20-may	3-jun	10-jun	17-jun
POZO	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	P	P	P	P	P	M	M
S'UBACH	50.3	49.5	49.8	49.3	49.3	49.1	49.1	48.5	49.3	54	50.1	51	51.3	51.7	52.5	73.5	73.4
	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
PAR 94	52.2	49.4	49.8	48.7	49.4	48.4	48.2	48.1	48.3	48.6	49	49.3	50	51	52.5	53.3	54
	M	M	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
PAR 4	90.3	106.6	113	56.5	56.3	56.5	56.5	55.5	57.4	57.5	56.9	57.3	59	59.9	62.1	62.6	63.4
	P	P	P	P	P	P	P	M	P	P	P	P	M	P	P	P	M
CANE MORA	60.2	60.9	61	59.3	58.5	57.3	59.1	59.1	62	63.9	65.1	66	73.4	72.8	77	77.2	79.2
	P	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M	M
SES SOLLIS	57.6	57.6	58.5	56.4	55.6	55.8	57.5	58.5	59.1	60.8	62	62.9	70.7	71.4	82.2	83.1	84.15
	P	P	P	P	P	P	P	P	M	P	P	M	P	M	M	M	M
SON TONI	40.4	40.8	41.5	41.5	41.5	41.6	41.6	41.6	60.3	41.4	42.7	67.4	55	70.4	68.4	69.4	73.5
	P	P	P	P	P	M	P	M	P	P	P	P	M	P	M	M	M
SON VILA	34	32.8	32.8	31.9	31.7	34.9	31.5	62.2	31.2	35	35	39.6	46.6	41.9	69	69.4	70.2

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

2000

POZO	8-jul	15-jul	21-jul	29-jul	5-ago	12-ago	25-ago	9-sep	23-sep	14-oct	11-nov	16-dic	30-dic	4-ene	11-ene	4-feb	18-feb
S'UBACH	M	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	71	74	75	74
PAR 94	76.9	78	61.5	76.3	63	74.7	54.6	68.5	66.6	84.3	65.1	76.9	64	72.3	72.4	73.4	70.4
PAR 4	78.8	79.8	81.3	80	79.9	81.2	82.5	83	83.4	81.6	76.2	71.1	84.6	73.2	75.3	75.4	72.2
CANE MORA	66.8	66.9	67	69.5	70.7	71.6	72.2	72	122.3	72.5		68.9	69	74.1	74.2	75.2	77.7
SES SOLLS	80.6	83.5	83.7	83.6	87.5	87.6	89.2	80.6	87.3	80	80.6	74.7	76.3	72	82.1	81.9	81.4
SON TONI	86.6	89	112.7	114.3	112.6	112.6	120.7	112.7	113	117.7	120.7	72.1	73.8	112.1	117	121.1	121.1
SON VILA	74.3	75		73.9	73.9	70.8	75	75	75	72.7		71.7	75	74.9	88	89.4	88.2
	M	M	P	P	M	M	M	M	P	M	P	P	P	74	74	74	74
	81.4	80.8	56	53.6	77.9	71.3	81.9	79.5	56	77.5	54.2	47.4	45	75.3	80	80.4	85.2

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

2001	20-ene	27-ene	10-feb	24-feb	10-mar	17-mar	31-mar	14-abr	28-abr	11-may	02-jun	16-jun	30-jun	14-jul	21-jul	4-ago	18-ago
POZO	P	P	P	M	M	M	M	P	M	P	M	P	M	M	M	M	P
S'UBACH	64.1	63.6	62.9	61.6	63.1	63.4	64.5	58.7	62	59.3	69.4	63.7	67.5	77.3	77.4	78.8	70.8
	M	M	P	P	P	M	M	P	P	M	M	M	M	M	M	M	M
PAR 94	81.6	80.4	63.3	62.4	59.5	66.5	64.6	59.1	59.7	67.1	70.4	73.6	75.4	76.5	75.5	78.6	82.5
	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
PAR 4	69	68.6	68	65.3	63	61.8	62.6	63.5	64.9	65	67.8	70.5	71.6	74.1	74.5	76.6	77.7
	P	P	P	P	P	P	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
CANE MORA	73	74	73.9	67.8	63.9	62.8	63.2	66	67	75.2	81	82.2	87.1	92.2	92.1	93.9	97.8
	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M	M	M	M	M
SES SOLLIS	69.8	71	70.8	64.4	61.1	59.4	63.2	66	67.2	70	82.3	110.6	111.2	121.3	117	121.1	121.1
	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M	M	M	M	M	M	M
SON TONI	57	56.5	55.8	54.8	53.4	52.8	52.3	56	62.3	64.5	65.7	65.7	67.4	69.2	68	69.4	69.9
	M	M	M	P	M	M	M	M	M	M	P	P	P	M	M	M	M
SON VILA	66	63.5	66.4	49.7	70.1	80.2	82.5	62.5	56.8	56.3	62	59.3	53	79.3	68	86.4	89.5

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

2001

POZO	1-sep	15-sep	29-sep	13-ene	17-nov	23-nov	22-dic	29-dic
	M	M	M	M	P	P	P	P
S'UBACH	80.4	77.8	72.3	72.6	68.1	66.2	62.2	60
	M	M	M	M	P	P	P	P
PAR 94	82.1	82	80.4	82	70	67.2	62.2	61
	P	P	P	P	P	P	P	P
PAR 4	77.4	77.2	75.6	76.6	73.3	71.8	66.5	64.9
	M	P	M	M	M	M	M	P
CANE MORA	98.9	83.4	84.1	85.2	76.3	76.3	71.2	67.5
	M	M	M	M	M	P	M	P
SES SOLLIS	120.8	102.8	107.1	96	75.2	74.2	69.3	66.2
	P	M	P	P	M	M	M	P
SON TONI	68.4	70.8	67.8	68.7	65	65.1	63.3	59.6
	M	M	M	M	P	M	M	M
SON VILA	89.9	87.2	90	89.7	63.4	80.1	80.1	74

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

2002	12-ene	26-ene	16-feb	9-mar	23-mar	20-abr	4-may	25-may	15-jun	29-jun	13-jul	27-jul	10-ago	24-ago	07-sep	21-sep	05-oct
POZO	P	P	P	P	P	M	M	M	M	M	M	M	M	M	P	M	P
S'UBACH	57.3	55.5	54	52.3	53.8	62.8	52.1	53.8	48.8	50.2	51.3	60.2	60.1	51.6	49.2	62.2	49.9
	P	P	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	P	M	M
PAR 94	59.5	59.5	68	65.1	67.8	64.5	66.4	63.9	64.7	64.4	65.1	65.6	66.6	66.8	61.6	64.3	59.6
	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
PAR 4	62.3	60.1	58.3	58	58.3	56.9	54.4	69.7	54.8	58.2	56.3	56.5	56.3	56.3	57.2	57.5	58.4
	P	P	P	P	M	P	P	M	M	M	M	M	M	M	M	P	P
CANE MORA	65	62.2	60.3	59.9	62.5	57.8	55.9	53.9	57	61	67.5	64.3	62.2	64.8	71.7	71.2	72.3
	M	P	P	M	P	P	M	P	M	M	M	P	P	P	M	M	M
SES SOLLIS	63.4	61.2	59	58.6	60.2	56.3	53.7	50.4	55.3	56.8	62.7	59.5	60.9	59.9	66.7	67.6	69.7
	P	M	P	M	M	P	P	P	P	M	M	M	P	M	P	P	P
SON TONI	58.2	60.1	55	58.7	59.2	46.3	40	41.1	40.2	55.9	59.1	65.7	47.7	65.3	51.3	46	57.4
	M	M	M	M	M	P	P	M	P	P	P	P	M	P	P	P	P
SON VILA	81.6	79.8	65.6	70.1	81.3	61.3	59.9	81.7	58.6	59.4	61.1	61.5	68	64.2	63	63	62.5

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

2002

POZO	19-oct	02-nov	16-nov	30-nov	14-dic	28-dic
	M	M	M	P	M	P
S'UBACH	60.6	64.7	53.9	50.1	60.2	45.3
	M	P	M	M	P	M
PAR 94	60	59.4	54	59	52.2	58.1
	P	M	P	P	P	P
PAR 4	58.2	60.1	58.1	58	52.4	53.5
	P	M	P	M	P	M
CANE MORA	74.8	75.1	64.2	64.4	55.1	54.5
	M	P	P	P	P	M
SES SOLLS	71.4	71.5	60.5	66.1	51.3	50.4
	P	M	P	P	P	P
SON TONI	56.2	59.4	48.9	53	53.1	58
	M	M	P	P	P	P
SON VILA	67	62.7	61	60.5	59.4	57.5


 DIRECCIÓN GENERAL
 DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS
SERVICIO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

NIVELES PIEZOMÉTRICOS

2003

POZO	11-ene	18-ene	21-ene	8-feb	8-mar	22-mar	5-abr	26-abr	10-may	24-may	31-may
	P	P	P	P	P	M	P	M	M	M	M
S'UBACH	44.2	43.3	42.2	40.7	30.6	37.3	27.3	35.7	31.8	40.4	37
	P	M	M	P	P	P	P	P	P	P	P
PAR 94	49.6	59.7	65.2	45	43.3	29.6	27.7	26.7	27.9	27.7	28.3
	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
PAR 4	48.5	48	48.1	44	38	36	35.6	35	38.4	40.6	41.5
	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M
CANE MORA	51	50.7	48.8	47.5	39.8	36.4	37.7	36.9	40.2	41.4	42.9
	M	M	M	P	M	P	M	M	M	P	P
SES SOLLS	48.1	52.6	48.4	47.5	39.8	36.4	37.7	36.9	40.2	41.4	42.9
	P	P	P	P	P	P	P	M	M	P	M
SON TONI	48.9	44.9	42.6	47.7	27.2	27	26.1	43.8	46.7	35.5	48.4
	P	M	M	P	P	P	P	M	P	M	M
SON VILA	57.7	61.2	60.8	54.4	53.1	54.2	53.1	57.8	52.1	57.8	57.9

Faint, illegible text from the reverse side of the page, likely bleed-through from another document.

DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DISPONIBLES

ID	COORDX (UTM)	COORDY (UTM)	NOMBRE	PROVINCIA	COTA (m.s.n.m.)
B278	478000	4379773	Palma Aeropuerto	BALEARES	4
B605	508918	4405213	Muro-S'Albufera	BALEARES	2
B681	497312	4404312	Campanet Son Estrany	BALEARES	60
B690	502022	4402523	La Puebla	BALEARES	26
B691	501690	4399687	La Puebla 'Sa Canova'	BALEARES	40
B694	496434	4407273	Campanet Ses Fons	BALEARES	150
B696	497623	4407518	Campanet Biniatro	BALEARES	120
B760	501615	4414331	Pollença	BALEARES	50

Fuente: Oficina del IGME en Mallorca (2004)

Faint, illegible text from the reverse side of the page, likely bleed-through from another document.

PRECIPITACIÓN Y ESTIMACIÓN TRIMESTRAL DE LA RECARGA POR LLUVIA EN LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS

Trimestre	Inicio Trimestre (día)	Fin Trimestre (día)	Precipitación (mm)	Recarga anual 30% (mm)	Recarga 30% (m/d)
I-1975	0	90	257.7	77	0.0009
II-1975	90	180	138.5	42	0.0005
III-1975	180	270	207.4	62	0.0007
IV-1975	270	360	623.0	187	0.0021
I-1976	360	450	252.8	76	0.0008
II-1976	450	540	158.0	47	0.0005
III-1976	540	630	123.9	37	0.0004
IV-1976	630	720	397.7	119	0.0013
I-1977	720	810	192.8	58	0.0006
II-1977	810	900	255.2	77	0.0009
III-1977	900	990	192.2	58	0.0006
IV-1977	990	1080	265.6	80	0.0009
I-1978	1080	1170	358.9	108	0.0012
II-1978	1170	1260	237.5	71	0.0008
III-1978	1260	1350	29.9	9	0.0001
IV-1978	1350	1440	481.0	144	0.0016
I-1979	1440	1530	386.9	116	0.0013
II-1979	1530	1620	37.7	11	0.0001
III-1979	1620	1710	195.9	59	0.0007
IV-1979	1710	1800	436.8	131	0.0015
I-1980	1800	1890	386.3	116	0.0013
II-1980	1890	1980	204.4	61	0.0007
III-1980	1980	2070	47.5	14	0.0002
IV-1980	2070	2160	350.9	105	0.0012
I-1981	2160	2250	198.2	59	0.0007
II-1981	2250	2340	244.7	73	0.0008
III-1981	2340	2430	53.8	16	0.0002
IV-1981	2430	2520	121.5	36	0.0004
I-1982	2520	2610	288.6	87	0.0010
II-1982	2610	2700	104.8	31	0.0003
III-1982	2700	2790	95.8	29	0.0003
IV-1982	2790	2880	407.4	122	0.0014
I-1983	2880	2970	141.6	42	0.0005

II-1983	2970	3060	52.4	16	0.0002
III-1983	3060	3150	169.3	51	0.0006
IV-1983	3150	3240	184.6	55	0.0006
I-1984	3240	3330	308.2	92	0.0010
II-1984	3330	3420	203.5	61	0.0007
III-1984	3420	3510	125.3	38	0.0004
IV-1984	3510	3600	190.7	57	0.0006
I-1985	3600	3690	432.6	130	0.0014
II-1985	3690	3780	102.3	31	0.0003
III-1985	3780	3870	28.6	9	0.0001
IV-1985	3870	3960	468.7	141	0.0016
I-1986	3960	4050	249.1	75	0.0008
II-1986	4050	4140	126.2	38	0.0004
III-1986	4140	4230	364.4	109	0.0012
IV-1986	4230	4320	485.5	146	0.0016
I-1987	4320	4410	512.4	154	0.0017
II-1987	4410	4500	58.5	18	0.0002
III-1987	4500	4590	93.4	28	0.0003
IV-1987	4590	4680	380.5	114	0.0013
I-1988	4680	4770	137.6	41	0.0005
II-1988	4770	4860	315.0	95	0.0011
III-1988	4860	4950	119.6	36	0.0004
IV-1988	4950	5040	118.8	36	0.0004
I-1989	5040	5130	153.6	46	0.0005
II-1989	5130	5220	208.1	62	0.0007
III-1989	5220	5310	295.6	89	0.0010
IV-1989	5310	5400	250.3	75	0.0008
I-1990	5400	5490	190.4	57	0.0006
II-1990	5490	5580	135.1	41	0.0005
III-1990	5580	5670	37.1	11	0.0001
IV-1990	5670	5760	620.5	186	0.0021
I-1991	5760	5850	484.0	145	0.0016
II-1991	5850	5940	277.6	83	0.0009
III-1991	5940	6030	90.6	27	0.0003
IV-1991	6030	6120	196.9	59	0.0007
I-1992	6120	6210	185.1	56	0.0006

II-1992	6210	6300	227.2	68	0.0008
III-1992	6300	6390	15.5	5	0.0001
IV-1992	6390	6480	300.5	90	0.0010
I-1993	6480	6570	65.4	20	0.0002
II-1993	6570	6660	147.9	44	0.0005
III-1993	6660	6750	67.1	20	0.0002
IV-1993	6750	6840	259.2	78	0.0009
I-1994	6840	6930	66.8	20	0.0002
II-1994	6930	7020	41.6	12	0.0001
III-1994	7020	7110	153.0	46	0.0005
IV-1994	7110	7200	398.0	119	0.0013
I-1995	7200	7290	89.0	27	0.0003
II-1995	7290	7380	38.6	12	0.0001
III-1995	7380	7470	210.5	63	0.0007
IV-1995	7470	7560	198.0	59	0.0007
I-1996	7560	7650	160.7	48	0.0005
II-1996	7650	7740	132.5	40	0.0004
III-1996	7740	7830	189.3	57	0.0006
IV-1996	7830	7920	363.5	109	0.0012
I-1997	7920	8010	68.5	21	0.0002
II-1997	8010	8100	62.0	19	0.0002
III-1997	8100	8190	68.7	21	0.0002
IV-1997	8190	8280	242.6	73	0.0008
I-1998	8280	8370	104.5	31	0.0003
II-1998	8370	8460	86.5	26	0.0003
III-1998	8460	8550	25.5	8	0.0001
IV-1998	8550	8640	369.3	111	0.0012
I-1999	8640	8730	60.5	18	0.0002
II-1999	8730	8820	17.2	5	0.0001
III-1999	8820	8910	49.0	15	0.0002
IV-1999	8910	9000	174.8	52	0.0006
I-2000	9000	9090	61.5	18	0.0002
II-2000	9090	9180	30.5	9	0.0001
III-2000	9180	9270	75.0	23	0.0003
IV-2000	9270	9360	182.5	55	0.0006
I-2001	9360	9450	130.4	39	0.0004

II-2001	9450	9540	24.0	7	0.0001
III-2001	9540	9630	81.5	24	0.0003
IV-2001	9630	9720	312.0	94	0.0010
I-2002	9720	9810	160.5	48	0.0005
II-2002	9810	9900	251.0	75	0.0008
III-2002	9900	9990	277.0	83	0.0009
IV-2002	9990	10080	270.5	81	0.0009
I-2003	10080	10170	260.5	78	0.0009
II-2003	10170	10260	56.0	17	0.0002
III-2003	10260	10350	119.0	36	0.0004
IV-2003	10350	10440	223.5	67	0.0007

Fuente: Oficina del IGME en Mallorca (2004)

VOLUMEN TRIMESTRAL DISPONIBLE PARA RECARGA ARTIFICIAL

TRIMESTRE	VOL. TOTAL DISPONIBLE (hm3)	TRIMESTRE	VOL. TOTAL DISPONIBLE (hm3)
i-77	2.3	i-85	3.6
ii-77	3.8	ii-85	0.3
iii-77	0.3	iii-85	0.0
iv-77	2.4	iv-85	2.1
i-78	5.8	i-86	4.0
ii-78	4.8	ii-86	0.8
iii-78	0.2	iii-86	0.2
iv-78	3.5	iv-86	6.5
i-79	4.1	i-87	6.8
ii-79	1.6	ii-87	0.3
iii-79	0.0	iii-87	0.0
iv-79	2.2	iv-87	1.9
i-80	6.6	i-88	1.8
ii-80	6.7	ii-88	2.2
iii-80	0.1	iii-88	0.0
iv-80	0.5	iv-88	0.0
i-81	2.5	i-89	0.0
ii-81	3.1	ii-89	0.0
iii-81	0.0	iii-89	0.2
iv-81	0.0	iv-89	0.5
i-82	0.6	i-90	2.9
ii-82	0.3	ii-90	0.7
iii-82	0.0	iii-90	0.0
iv-82	1.5	iv-90	3.4
i-83	0.2	i-91	6.4
ii-83	0.1	ii-91	3.3
iii-83	0.2	iii-91	0.0
iv-83	0.0	iv-91	0.0
i-84	1.8	i-92	0.7
ii-84	0.1	ii-92	1.6
iii-84	0.0	iii-92	0.0
iv-84	0.9	iv-92	1.4

Fuente: IGME Madrid (2004)

