



GOVERN BALEAR

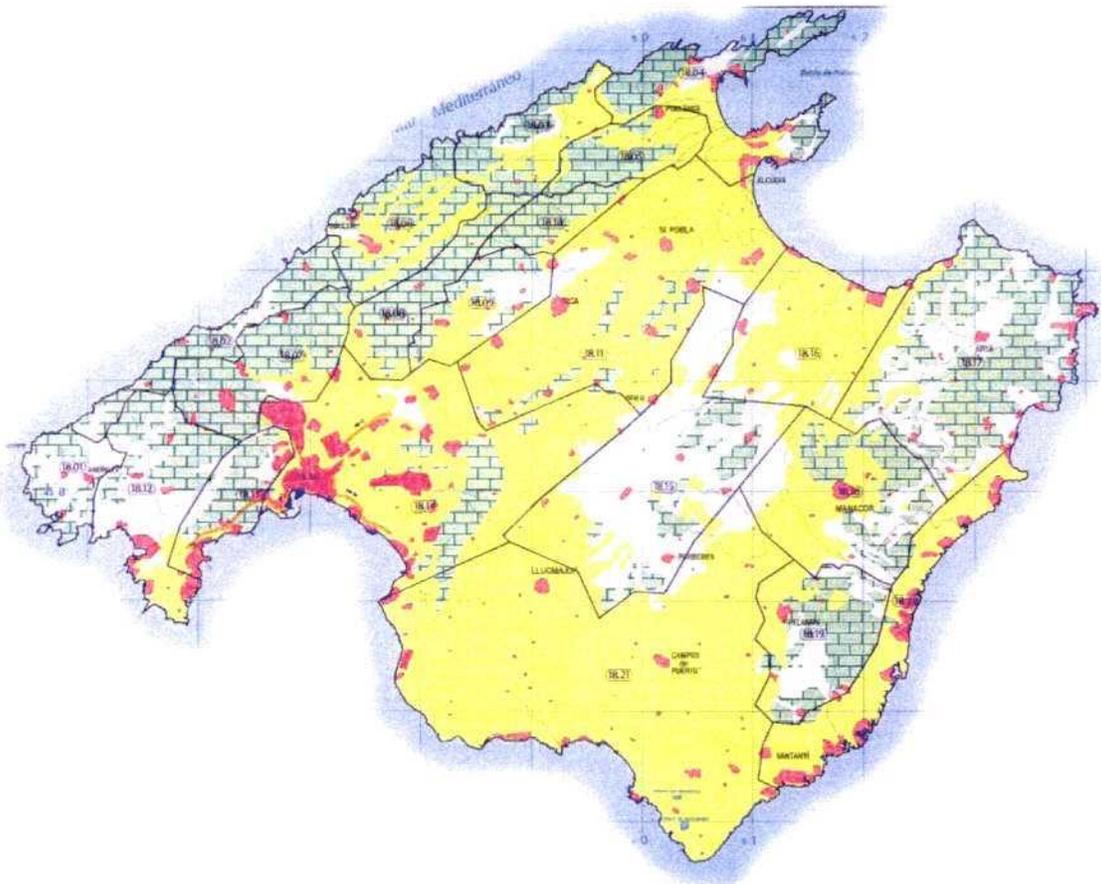
Direcció General de Recursos Hídrics



MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

EL ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR

Isla de Mallorca – Año 2.000



Instituto Geológico y Minero de España

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

Han participado en la elaboración del presente informe los siguientes técnicos:

Por parte del Instituto Geológico y Minero de España:

D. José M^a López García
Dña. Rosa M^a Mateos Ruíz

Por parte de la Dirección General de Recursos Hídricos:

Dña. Concepción González Casanovas



INFORME	Identificación: HZ.004.06
	Fecha: 26/02/2002
TÍTULO El estado de las aguas subterráneas en el Archipiélago Balear. Año 2000	
PROYECTO Acuerdo específico entre la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear y el IGME, años 1999, 2000, 2001	
RESUMEN <p>El objeto del proyecto es aunar la información sobre las aguas subterráneas disponible en el IGME y en la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear a fin de elaborar un informe de carácter anual que resuma el estado de las aguas subterráneas en la comunidad autónoma de las Illes Barlears. El documento recopila de forma sencilla aspectos relacionados con la situación actualizada y la evolución de la piezometría y la calidad de las aguas subterráneas en los diferentes acuíferos. Estos se plasman mediante la realización de mapas temáticos que recogen la distribución espacial de los parámetros más significativos, así como gráficos de evolución temporal de dichos parámetros en los puntos de control seleccionados.</p> <p>Además del documento tradicional en formato papel, se incluye la información en un soporte informático (CD-rom) y se actualiza cada año mediante una página web incorporada en los servidores del IGME y de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear.</p>	
Revisión Nombre: José M ^a López García Unidad: Hidrogeología y Aguas Subterráneas Fecha: 26/02/2002	Autores: José M ^a López García Rosa M ^a Mateos Ruíz Concepción González Casanovas Responsable: José M ^a López García

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	8
CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS (U.H.) DE LA ISLA DE MALLORCA	8
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.01 ANDRATX	10
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.02 DEIÀ	10
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.03 PUIG ROIG.....	10
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.04 FORMENTOR	10
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.05 ALMADRAVA	11
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.06 SÓLLER.....	11
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.07 FONTS	11
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.08 S'ESTREMERÀ	12
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.09 ALARÓ	12
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.10 UFANES	12
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.11 LLANO DE INCA-SA POBLA.....	12
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.12 CALVIÀ.....	13
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.13 NA BURGUESA	13
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.14 LLANO DE PALMA	13
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.15 SIERRAS CENTRALES	14
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.16 MARINETA.....	14
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.17 ARTÀ	14
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.18 MANACOR	15
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.19 FELANITX	15
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.20 MARINA DE LLEVANT.....	15
CARACTERIZACIÓN U.H. 18.21 LLUCMAJOR-CAMPOS	15
REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO Y DE CALIDAD. AÑO 2.000	16
PIEZOMETRÍA ACTUAL DE LA ISLA DE MALLORCA (mayo 2.000) Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA (1.970 - 2.000)	17
PIEZOMETRÍA U.H. 18.01 ANDRATX	17
PIEZOMETRÍA U.H. 18.05 ALMADRAVA.....	17
PIEZOMETRÍA U.H. 18.08 S'ESTREMERÀ.....	18
PIEZOMETRÍA U.H. 18.09 ALARÓ	18
PIEZOMETRÍA U.H. 18.10 UFANES	19
PIEZOMETRÍA U.H. 18.11 LLANO DE INCA-SA POBLA.....	19
PIEZOMETRÍA U.H. 18.12 CALVIÀ.....	20
PIEZOMETRÍA U.H. 18.13 NA BURGUESA.....	20

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

PIEZOMETRÍA U.H. 18.14 LLANO DE PALMA	21
PIEZOMETRÍA U.H. 18.16 MARINETA	21
PIEZOMETRÍA U.H. 18.17 ARTÁ	22
PIEZOMETRÍA U.H. 18.18 MANACOR	22
PIEZOMETRÍA U.H. 18.19 FELANITX	22
PIEZOMETRÍA U.H. 18.20 MARINA DE LLEVANT	22
PIEZOMETRÍA U.H. 18.21 LLUCMAJOR-CAMPOS	23

**CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ISLA DE MALLORCA
(mayo 2.000) Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA (1974-2000)..... 23**

CALIDAD U.H. 18.01 ANDRATX	25
CALIDAD U.H. 18.02 DEIÀ	25
CALIDAD U.H. 18.03 PUIG ROIG	26
CALIDAD U.H. 18.04 FORMENTOR	26
CALIDAD U.H. 18.05 ALMADRAVA	26
CALIDAD U.H. 18.06 SÓLLER	26
CALIDAD U.H. 18.07 FONTS	27
CALIDAD U.H. 18.08 S'ESTREMERÀ	27
CALIDAD U.H. 18.09 ALARÓ	27
CALIDAD U.H. 18.10 UFANES	27
CALIDAD U.H. 18.11 LLANO DE INCA-SA POBLA	28
CALIDAD U.H. 18.12 CALVIÀ	29
CALIDAD U.H. 18.13 NA BURGUESA	29
CALIDAD U.H. 18.14 LLANO DE PALMA	30
CALIDAD U.H. 18.15 SIERRAS CENTRALES	31
CALIDAD U.H. 18.16 MARINETA	31
CALIDAD U.H. 18.17 ARTÁ	32
CALIDAD U.H. 18.18 MANACOR	32
CALIDAD U.H. 18.19 FELANITX	33
CALIDAD U.H. 18.20 MARINA DE LLEVANT	34
CALIDAD U.H. 18.21 LLUCMAJOR-CAMPOS	34

**PROBLEMÁTICA DE LAS DISTINTAS UNIDADES HIDROGEOLOGÍCAS.
TENDENCIAS HISTÓRICAS Y POSIBLES ACTUACIONES..... 35**

EVOLUCIÓN U.H. 18.01 ANDRATX	35
EVOLUCIÓN U.H. 18.02 DEIÀ	36
EVOLUCIÓN U.H. 18.03 PUIG ROIG	36
EVOLUCIÓN U.H. 18.04 FORMENTOR	36
EVOLUCIÓN U.H. 18.05 ALMADRAVA	36
EVOLUCIÓN U.H. 18.06 SÓLLER	37
EVOLUCIÓN U.H. 18.07 FONTS	37
EVOLUCIÓN U.H. 18.08 S'ESTREMERÀ	37
EVOLUCIÓN U.H. 18.09 ALARÓ	37
EVOLUCIÓN U.H. 18.10 UFANES	38
EVOLUCIÓN U.H. 18.11 LLANO DE INCA-SA POBLA	38

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

EVOLUCIÓN U.H. 18.12 CALVIÁ.....	39
EVOLUCIÓN U.H. 18.13 NA BURGUESA.....	39
EVOLUCIÓN U.H. 18.14 LLANO DE PALMA	40
EVOLUCIÓN U.H. 18.15 SIERRAS CENTRALES.....	40
EVOLUCIÓN U.H. 18.16 MARINETA	40
EVOLUCIÓN U.H. 18.17 ARTÁ	41
EVOLUCIÓN U.H. 18.18 MANACOR.....	41
EVOLUCIÓN U.H. 18.19 FELANITX.....	41
EVOLUCIÓN U.H. 18.20 MARINA DE LLEVANT	42
EVOLUCIÓN U.H. 18.21 LLUCMAJOR-CAMPOS	42

GLOSARIO DE TÉRMINOS HIDROGEOLÓGICOS	44
---	-----------

ANEXOS

ANEXO I

(Situación)

Mapa de Unidades Hidrogeológicas
Tabla de puntos de la red de piezometría
Mapa de situación de la red piezométrica
Tabla de puntos de la red de calidad
Mapa de situación de la red de calidad

ANEXO II

(Piezometría)

Mapa de piezometría (por unidades hidrogeológicas)
Mapa de piezometría (sin diferenciar por unidades hidrogeológicas)

ANEXO III

(Calidad)

Diagramas de Piper (año 2.000)
Mapa de isoconductividad
Mapa de isocloruros
Mapa de isonitratos
Mapa de isosulfatos

ANEXO IV

(Evolución piezometría y calidad)

Diagramas de evolución piezométrica
Diagramas de evolución hidrogeoquímica

INTRODUCCIÓN

En el Archipiélago Balear las aguas subterráneas son el principal recurso hídrico, constituyendo un bien público de máximo interés que es necesario conservar. La realización de estudios periódicos que permitan conocer las características hidrogeológicas e hidroquímicas de las aguas subterráneas, así como su evolución en el tiempo, son indispensables para la correcta gestión de este recurso natural.

Dentro de este marco, por parte de la Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH) del Govern Balear y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología, se han diseñado y puesto en explotación distintas redes de control de niveles piezométricos y calidad química de los acuíferos situados en las Islas Baleares que, en ocasiones, proceden de antiguas redes establecidas por organismos e instituciones ya extintas, y que cuentan con registros periódicos que se remontan a la primera mitad de la década de los 70.

El estudio de estas redes se ha ido potenciando con el tiempo, especialmente a raíz de la definición de las diferentes Unidades Hidrogeológicas realizado por el DGOH-ITGE en el año 1.989 y actualizado en 1.998 dentro de la Propuesta del Plan Hidrológico de las Islas Baleares. De este modo, se viene controlando periódicamente la piezometría, calidad química e intrusión marina en los sistemas acuíferos situados en el Archipiélago Balear.

A partir de la puesta en marcha del ACUERDO ESPECÍFICO ENTRE LA CONSELLERÍA DE MEDI AMBIENT, ORDENACIÓ DEL TERRITORI I LITORAL DEL GOVERN BALEAR Y EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1.999, 2.000, 2.001) publicado en el BOE nº 78, Resolución de 20 de marzo de 2.000 con carácter de Convenio Específico de colaboración entre el Instituto Geológico y Minero de España y la Comunidad Autónoma de las Illes Balears, se contempló dentro de la definición de los trabajos, entre otros, la *“Realización de un Informe anual sobre el Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear. Se recopilará la información disponible de las redes de control de acuíferos de ambos Organismos, y al final de cada año se emitirá un informe que recoja de forma sencilla la evolución piezométrica y la calidad química de los diferentes acuíferos que constituyen el Archipiélago”*.

En este contexto se encuadra el presente informe referente al *“ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR. ISLA DE MALLORCA”*, donde se refleja la situación de los niveles piezométricos y calidad de las aguas subterráneas de los sistemas acuíferos de esta isla para el año 2.000, así como un análisis de su evolución histórica en los últimos 30 años, y un planteamiento crítico de los problemas existentes y las propuestas de medidas adecuadas para su corrección.

ANTECEDENTES

La isla de Mallorca presenta un problema histórico de déficit de recursos hídricos subterráneos, principal fuente de abastecimiento de agua en la isla, complementada históricamente por los reducidos aportes de los embalses de Gorg Blau y Cúber y recientemente por la instalación de plantas desaladoras de agua de mar. Pese a que en la última década se ha producido un importante abandono de las actividades agrícolas, principal origen de la demanda de agua subterránea en la isla de Mallorca, el progresivo aumento de la población, especialmente la población turística estacional que se concentra durante los meses de verano, ha disparado la demanda de agua potable. A este fenómeno hay que unir el hecho de que la principal demanda para abastecimiento se concentra progresivamente en el entorno de la capital, Palma de Mallorca, y en las poblaciones y urbanizaciones turísticas costeras, generando no sólo un descenso progresivo de los niveles acuíferos sino un progresivo empeoramiento de la calidad por la invasión de agua de mar en los acuíferos

De igual manera, la contaminación difusa generada por la introducción de contaminantes en los acuíferos resultado de posibles prácticas agropecuarias inadecuadas supone un problema cada vez más acuciante en los acuíferos mallorquines. En menor medida, la actividad industrial y el creciente desarrollo de los núcleos urbanos son focos puntuales de alteración de la calidad de los acuíferos.

CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS (U.H.) DE LA ISLA DE MALLORCA

La isla de Mallorca se encuentra dividida en 21 Unidades Hidrogeológicas (Anexo I) que corresponden a zonas diferenciadas por una dinámica hidrogeológica concreta, directamente relacionada con las características geológicas de los materiales presentes en cada una de las Unidades. Así, la isla de Mallorca presenta grandes contrastes, pudiéndose diferenciar tres zonas principales desde el punto de vista geológico: la Sierra de Tramuntana, los Llanos y Sierras Centrales y las Sierras de Llevant.

La Sierra de Tramuntana y las Sierras de Llevant están constituidas por un conjunto de materiales mesozoicos de carácter predominantemente carbonatado (dolomías y calizas del Triásico superior, Jurásico y Cretácico) o mixto (margas y margocalizas) que se deslizan sobre materiales del Trías (Keuper), y en menor medida por conglomerados, calizas detríticas y margas y arcillas terciarias. Su estructura geológica es muy compleja, con abundantes fallas y cabalgamientos, estos últimos desarrollados principalmente a favor de los materiales plásticos del Keuper, que juegan un papel hidrogeológico de primer orden actuando siempre como una barrera impermeable, resultando ser el principal responsable de la compartimentación observada en las unidades hidrogeológicas de las sierras.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

Los materiales carbonatados del Jurásico, principalmente del Lías e Infralías, constituyen los principales acuíferos de estas zonas de sierras, y su permeabilidad es muy variable en función de su mayor o menor grado de fracturación y evolución kárstica. En aquellas zonas donde el aparato kárstico se encuentra muy desarrollado el terreno infiltra fácilmente el agua de lluvia, pero la capacidad de retención es escasa y el agua infiltrada descarga rápidamente al mar o alimenta manantiales sujetos a fuertes fluctuaciones estacionales.

Los Llanos Centrales están formados por materiales terciarios y cuaternarios no estructurados, y por tanto de disposición subhorizontal. Entre ellos aparecen algunos afloramientos de materiales mesozoicos que dan lugar a las Sierras Centrales. Los materiales del Terciario están formados por series potentes de margas, conglomerados, calizas, areniscas y margas arenosas del Mioceno, mientras que los materiales del Cuaternario constituyen alternancias de conglomerados sueltos, areniscas y limos. Las unidades acuíferas en esta zona presentan una distribución espacial compleja debido a las diferentes características geológicas de los materiales que rellenan las cuencas terciarias y a su enorme variación lateral. Los materiales permeables que constituyen los principales acuíferos, dado su grado de karstificación y porosidad, son: las eolianitas (areniscas de origen eólico) y los conglomerados y gravas cuaternarias, las calcarenitas del Plioceno, y las calizas oolíticas y arrecifales del Mioceno. Estas formaciones, cuando están saturadas, constituyen excelentes acuíferos.

La alimentación de los acuíferos se produce de forma natural principalmente por infiltración directa del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables y, en menor proporción dado su carácter estacional en el archipiélago balear, por la infiltración en los lechos de los torrentes, y de forma artificial por los retornos del riego agrícola. Los límites de las diferentes Unidades Hidrogeológicas no son siempre impermeables, lo que permite la circulación de aguas subterráneas entre ellos y por tanto la recarga de algunos acuíferos a partir de aguas subterráneas procedentes de Unidades Hidrogeológicas colindantes. La descarga natural se produce al mar en las zonas costeras, de forma subterránea hacia unidades vecinas o en el caso de acuíferos colgados mediante fuentes; y de forma artificial por los bombeos para abastecimiento y agricultura. En los últimos años se ha producido un incremento notable de la depuración de aguas residuales que son empleadas posteriormente para el riego, lo que constituye una aportación adicional a la recarga natural de los acuíferos.

Los acuíferos aflorantes, en contacto directo con la atmósfera, constituyen acuíferos libres, que se caracterizan por que la presión a la que se ve sometida el agua subterránea es igual a la de la atmósfera, mientras que en algunas áreas los materiales acuíferos se encuentran recubiertos por materiales impermeables que los confinan (acuíferos confinados) estando sometida el agua subterránea a una presión adicional debida a la carga del terreno que lo recubre.

A continuación se describen brevemente las características de los acuíferos que se encuentran presentes en cada una de las diferentes Unidades Hidrogeológicas de la Isla de Mallorca:

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.01 ANDRATX

Se encuentra situada en el sector más occidental de la Sierra de Tramuntana ocupando un área de 58 km², en contacto con el mar a lo largo de 35,3 km de línea de costa. La elevada complejidad tectónica de la zona da lugar a una gran heterogeneidad en la distribución espacial de las diferentes formaciones acuíferas, lo cual dificulta enormemente su caracterización. Los principales materiales acuíferos están formados por las calizas y dolomías del Lías, las dolomías tableadas del Muschelkalk (Triásico medio) y por calizas lacustres y conglomerados del Mioceno (Terciario), todos ellos dando lugar a acuíferos libres o confinados según las zonas. Los materiales Cuaternarios dan lugar a acuíferos de interés local, de carácter libre. La recarga del sistema procede principalmente de la precipitación directa sobre los afloramientos permeables, que cubren una superficie aproximada de 34 km², y en menor medida por retornos de riego e infiltración de aguas residuales, estimándose una aportación total de 4,6 hm³ anuales. Las extracciones por bombeo se cifran en 1,1 hm³ anuales.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.02 DEIÀ

Se encuentra situada en el sector centro-occidental de la Sierra de Tramuntana, en su franja costera, ocupando una superficie de 74 km², y limitando al norte con el mar a lo largo de 39,5 km de costa. La formación acuífera está constituida por un conjunto de calizas y dolomías liásicas (Jurásico inferior) estructuradas en láminas cabalgantes. El acuífero liásico en las zonas próximas al mar se encuentra conectado con él, mientras que en el resto parece constituir un acuífero colgado sobre una base impermeable del Keuper, y drenado mediante fuentes. La recarga se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los 20 km² de superficie permeable aflorante, y en menor medida por los retornos de riego, estimándose la recarga total en 4 hm³/año. Las extracciones por bombeo se estiman en 0,8 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.03 PUIG ROIG

Se encuentra situada en el sector oriental de la Sierra de Tramuntana, en su vertiente septentrional, ocupando una superficie total de 84 km², y limitando al Norte con el mar a lo largo de una franja litoral de 25,3 km de longitud. La formación acuífera está constituida por calizas y dolomías liásicas (Jurásico inferior) que dan lugar a un acuífero de carácter libre, limitado por el Triásico y Mioceno impermeable. Las entradas al sistema se producen por infiltración directa del agua de lluvia caída sobre los 49 km² de superficie permeable, estimándose la recarga en 16,4 hm³ anuales. Las extracciones por bombeo apenas alcanzan los 0,2 hm³/año, en una zona agreste donde no existen núcleos urbanos de relevancia.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.04 FORMENTOR

Ubicada en el extremo más oriental de la Sierra de Tramuntana (Península de Formentor) se extiende sobre una superficie de 125 km² limitando con el mar a lo largo de 107,2 km de costa. La formación acuífera está constituida por un conjunto de calizas liásicas estructuradas en escamas cabalgantes sobre materiales del Trías (Keuper) o del Mioceno inferior. El resultado es una serie de acuíferos colgados e independizados. También se

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

explotan intensamente los depósitos de arenas, gravas y limos del Cuaternario, los cuales forman un acuífero libre que tapiza el valle de Pollença, frente a la bahía del mismo nombre. Las entradas de agua al sistema proceden de la infiltración del agua de lluvia caída sobre los 44 km² de afloramientos permeables, y en menor medida de los retornos de riego y la infiltración de aguas residuales, estimándose un volumen total de 7,2 hm³/año. Las extracciones por bombeo se cifran en 4,6 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.05 ALMADRAVA

Se sitúa en el NE de la Sierra de Tramuntana, extendiéndose a lo largo de 70 km². El acuífero principal lo constituyen las calizas y dolomías del Lías e Infralías, que se comportan como acuífero libre o confinado según las zonas. También son acuífero los conglomerados calcáreos y las calcarenitas basales del Burdigaliense (Mioceno) y localmente los afloramientos cuaternarios. La recarga se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los 38 km de superficie permeable, por retornos de riego, infiltración de torrentes pérdidas en la red de abastecimiento de Pollença y aportes subterráneos de otras unidades limítrofes, estimándose en 16,1 hm³ anuales. Las extracciones por bombeo se cifran en 2,8 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.06 FONTS DE SÓLLER

Se encuentra situada en el sector central de la Sierra de Tramuntana, extendiéndose sobre 112 km² de superficie que limitan con el mar a lo largo de 26,2 km de línea de costa. Los materiales acuíferos los constituyen las dolomías y calizas del Lías e Infralías (Jurásico inferior) cuyo conjunto puede superar los 300 m de espesor. De menor entidad, y de interés únicamente local, se encuentra un acuífero formado por limos, gravas y conglomerados cuaternarios que tapiza el fondo de la Vall de Sóller. El acuífero cuaternario y los afloramientos liásicos costeros son de carácter libre y se encuentran conectados con el mar. El resto es libre o confinado por las margas y margocalizas del Jurásico medio-superior y Cretácico. La recarga se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los 80 km² de afloramientos permeables, así como por la infiltración de torrentes y las pérdidas en la red de abastecimiento de la localidad de Sóller, estimándose la recarga en 18,3 hm³ anuales. Las extracciones medidas en esta unidad son de 3 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.07 FONTS

Se localiza al Norte de la ciudad de Palma de Mallorca, en la vertiente meridional de la Sierra de Tramuntana, cubriendo un área de 119 km². Los acuíferos que constituyen la unidad, libres o confinados dependiendo de las zonas, los forman: las calizas y dolomías del Muschelkalk, Infralías y Lías, permeables por fracturación y karstificación; y los sedimentos detríticos del Oligoceno, Mioceno y Cuaternario, permeables por porosidad intergranular. Las entradas al sistema se producen por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los 56 km² de afloramientos permeables, y en menor medida por retornos de riego, infiltración de aguas residuales y pérdidas en las redes de abastecimiento, estimándose en 12,4 hm³/año. Las extracciones por bombeos para abastecimiento y regadío se cifran en 8 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.08 S'ESTREMER

La unidad S'Estremera está situada en el sector central de la Sierra de Tramuntana extendiéndose sobre un área de 80 km². Los acuíferos que forman esta unidad están constituidos casi exclusivamente por las calizas y dolomías del Lías e Infralías, permeables por fisuración y karstificación. De forma local puede funcionar como acuífero, de escaso interés, el conjunto conglomerático del Oligoceno. La infiltración del agua de lluvia caída sobre los 44 km² de afloramientos permeables de la unidad constituye su principal recarga, estimada en 10 hm³ anuales. Las extracciones por bombes se cifran en 9,1 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.09 ALARÓ

Se encuentra ubicada en la vertiente meridional de la Sierra de Tramuntana, en su sector central, cubriendo una extensión de 79 km². Los principales acuíferos de esta unidad los forman las calizas y dolomías del conjunto Lías – Infralías, permeables por fisuración y que pueden ser libres o confinados según las zonas, o bien pueden dar lugar a acuíferos colgados drenados por fuentes. En menor medida, el conjunto de calcarenitas y conglomerados del Oligoceno – Aquitaniense pueden formar acuíferos permeables por porosidad y fisuración que se comportan como libres o confinados según las zonas. La recarga del sistema se produce por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables que se extiende sobre 34 km², y en menor medida por retornos de riego, infiltración de aguas residuales y pérdidas en redes de abastecimiento, estimándose en 5,4 hm³ por año. Las extracciones por bombes se han cifrado en 5,2 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.10 UFANES

La unidad Ufanés está situada en la parte centro-oriental de la Sierra de Tramuntana, extendiéndose sobre una superficie de 49 km². El acuífero de esta unidad está formado por las calizas y dolomías del conjunto Lías – Infralías, que puede ser libre o confinado según las zonas. Así, las calizas y dolomías aflorantes están más carstificadas, son muy permeables pero de poco grosor saturado; las calizas y dolomías profundas están carstificadas y saturadas totalmente. La recarga se produce por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los 43 km² de afloramientos permeables, y en menor medida por retornos de riego, estimándose un total de 16,3 hm³ anuales. Las extracciones por bombes se cifran en 0,8 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.11 LLANO DE INCA-SA POBLA

La unidad se define sobre el llano del mismo nombre, limitado por los montes existentes entre Campanet y Alcudia al N y las elevaciones de Sineu-Llubí-Muro al centro y Sur. La extensión total que abarca la unidad es de 359 km², limitando al noreste con el mar a lo largo de una estrecha franja litoral de 8,2 km de longitud. Existen tres acuíferos principales: el Plio-cuaternalio, formado por gravas y areniscas eólicas y calcarenitas; el Mioceno formado por calizas oolíticas y calizas arrecifales; y el Liásico formado por calizas y dolomías. El acuífero Plio-cuaternalio es de carácter libre y permeable por porosidad, mientras que el acuífero mioceno es libre cuando aflora o semiconfinado cuando es recubierto por margas miocenas. El acuífero liásico siempre es libre y se encuentra

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

conectado lateralmente con el acuífero Plio-cuaternario en la zona de Sa Pobla. La principal recarga del sistema se produce por la infiltración del agua de lluvia sobre los 315 km² de afloramientos permeables, seguida en importancia por la infiltración en torrentes, los retornos de riego, la infiltración de aguas residuales y las pérdidas en redes de abastecimiento, estimándose un volumen anual de 71,6 hm³. La extracción por bombeos supone 41,6 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.12 CALVIÁ

Se sitúa al suroeste de la isla de Mallorca, en el sector más occidental de la Sierra de Tramuntana, cubriendo una extensión de 138 km², limitando con el mar a lo largo de 44,6 km de costa. La formación acuífera está formada por dolomías y calizas oolíticas del Lías en el sector de Calviá, y por dolomías y calizas liásicas, y calizas y calcarenitas del Mioceno inferior en la zona de Galatzó. Las entradas al sistema se producen por la infiltración a partir de la precipitación directa sobre 34 km de afloramientos permeables, y en menor cuantía por retornos de riego e infiltración de aguas residuales, estimándose dicha recarga en 7,8 hm³ anuales. Las extracciones por bombeos se elevan a 6,7 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.13 NA BURGUESA

Esta unidad se encuentra ubicada al oeste de la localidad de Palma de Mallorca, en el extremo meridional de la Sierra de Tramuntana, abarcando la denominada Sierra de Na Burguesa. Ocupa una superficie total de 67 km², limitando con el mar a lo largo de 16,4 km de costa. La formación acuífera está constituida por dolomías fracturadas y calizas del Lías e Infralías, y por conglomerados y areniscas del Paleógeno. Los acuíferos pueden ser libres o confinados por las margas y margocalizas del Jurásico medio-superior y Cretácico, dependiendo de las zonas. Las entradas al sistema se producen principalmente por infiltración del agua de lluvia caída sobre los 40 km² de afloramientos permeables, y en menor grado por infiltración de aguas residuales y pérdidas en las redes de abastecimiento, estimándose en 8,2 hm³ anuales. Las salidas se producen por descarga al mar y por los bombeos que se realizan en la unidad. Estos últimos se cifran en 7,2 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.14 LLANO DE PALMA

El Llano de Palma se sitúa en el sector occidental de los Llanos Centrales, limitando al NO con la Sierra de Tramuntana, al Norte con el Llano de Inca-Sa Pobla, al Este con las Sierras Centrales y al S y SE con el mar y la Plataforma de Lluçmajor. Cubre una extensión de 370 km², y limita con el mar a través de 51,6 km de línea de costa. Las formaciones acuíferas de esta unidad están constituidas por un conjunto de sedimentos cuaternarios (conglomerados, arenas y gravas), pliocenos (calcarenitas y eolianitas) de carácter libre e interconectados; y del Mioceno superior (calizas muy carstificadas, calcarenitas y calizas arrecifales) que constituyen un acuífero profundo aislado del acuífero Plio-cuaternario por margas pliocenas que lo confinan. La alimentación de los acuíferos procede fundamentalmente de la infiltración directa del agua de lluvia caída sobre los 350 km² de afloramientos permeables, y en menor medida por la infiltración del agua que circula esporádicamente por los torrentes que discurren sobre la unidad, los retornos de riego, las fugas en las redes de abastecimiento y el flujo procedente de unidades vecinas (Llano de Inca-Sa Pobla y

S'Estremera). Se estima que la cantidad de agua recargada es del orden de $64,7 \text{ hm}^3$ anuales, mientras que las extracciones por bombeo suponen $51,3 \text{ hm}^3/\text{año}$.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.15 SIERRAS CENTRALES

Se sitúa en el Centro de la isla de Mallorca, limitando al Norte con el Llano de Inca-Sa Pobra y La Marineta, al Sur con la plataforma de Lluçmajor, al Este con las Sierras de Llevant y al Oeste con el Llano de Palma, cubriendo una superficie total de 302 km^2 . Los acuíferos en esta unidad, de interés únicamente local, están formados por las calizas y dolomías del Lías y por calizas, calcarenitas y conglomerados del Mioceno medio. Las calizas y dolomías son permeables por fisuración, mientras que las calcarenitas y conglomerados lo son por porosidad interna. Los acuíferos pueden ser libres, semiconfinados o confinados según las zonas. La recarga del sistema se produce por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los 93 km^2 de afloramientos permeables que existen en esta unidad, así como por los retornos de riego, infiltración de aguas residuales y pérdidas en las redes de abastecimiento, suponiendo una aportación total de $9,1 \text{ hm}^3$ anuales. Las extracciones por bombeos se calculan en $8,9 \text{ hm}^3/\text{año}$

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.16 MARINETA

Esta unidad se sitúa al Este de la Isla de Mallorca, limitando al Noroeste con el Llano de Sa Pobra, al Sur y Suroeste con las Sierras Centrales, y al Este con las Sierras de Levante. La superficie que ocupa es de 157 km^2 , que limitan al Norte con el mar a través de $17,1 \text{ km}$ de línea de costa. La formación acuífera está constituida por materiales dolomíticos y calcáreos miocenos, y por calcarenitas eólicas del Cuaternario. Los materiales miocenos son permeables por fisuración, mientras que el acuífero pliocuaternario es permeable por porosidad y algo de karstificación. Todos los acuíferos son de régimen libre y están conectados entre sí. Sólo ocasionalmente los acuíferos miocenos pueden estar semiconfinados por margas del Plioceno inferior o del Mioceno superior. Las entradas de agua a la unidad proceden en su mayor parte de la infiltración del agua de lluvia caída directamente sobre los afloramientos permeables, que cubren un área de 144 km^2 , así como por la infiltración en torrentes, infiltración de aguas residuales, retornos de riego y aportes de unidades vecinas. El volumen de agua recargado se cifra en $25,7 \text{ hm}^3$ anuales, mientras que las salidas del sistema debidas a bombeos se calculan en $5,3 \text{ hm}^3/\text{año}$.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.17 ARTÁ

Ubicada al Norte de la Sierra de Levante, ocupa una extensión de 314 km^2 , limitando con el mar a lo largo de $64,3 \text{ km}$ de costa. La formación acuífera está constituida por dolomías liásicas, que constituyen un acuífero de tipo cárstico y de régimen libre, si bien puede estar confinado por tramos dolomíticos sin karstificar. La base impermeable está formada por arcillas y yesos del Keuper, o por margas cretácicas sobre las que puede encontrarse cabalgando el conjunto liásico. La entrada principal de agua al sistema se produce por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los 115 km^2 de afloramientos permeables, y en menor cuantía por los retornos de riego, infiltración de aguas residuales y pérdidas en las redes de abastecimiento, lo que supone una recarga anual de $15,7 \text{ hm}^3$. La descarga por bombeos para abastecimiento y agricultura se estima en $11,6 \text{ hm}^3$ anuales.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.18 MANACOR

Se sitúa en el sector central de la Sierra de Levante, en el entorno de la localidad de Manacor, cubriendo una superficie de 188 km². Existen dos unidades acuíferas: el Mioceno, formado por calcarenitas, que constituye un acuífero de régimen libre cuando aflora, o confinado por las margas del Mioceno medio; y el Jurásico formado por calizas del Dogger-Malm, de origen cárstico y régimen libre. La principal entrada de agua al sistema se produce por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables, que se extiende sobre una superficie de 74 km², y en menor cuantía por retornos de riego, infiltración de aguas residuales y pérdidas en las redes, estimándose en 10 hm³/año. Las extracciones por bombeo se sitúan en 7,3 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.19 FELANITX

Se extiende a lo largo de 129 km² del extremo meridional de las Sierras de Levante, en el entorno de la localidad de Felanitx. Las formaciones acuíferas están formadas por dolomías liásicas en la zona norte, y por calizas del Dogger-Malm y conglomerados del Paleógeno-Neógeno en la zona sur. El acuífero dolomítico liásico es en general cárstico y de régimen libre, mientras que el resto constituyen pequeños acuíferos de interés local, cársticos y de régimen libre, semiconfinado o confinado. La recarga en todos los acuíferos se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables de la unidad, que cubren un área de 55 km², así como por retornos de riego y pérdidas en las redes de abastecimiento, estimándose el caudal recargado en 5,6 hm³ anuales. Las salidas por bombeo se cifran en 4,8 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.20 MARINA DE LLEVANT

Se encuentra ubicada en la franja costera oriental de la isla de Mallorca, cubriendo una extensión total de 128 km², y limitando al Este con el mar a lo largo de 90,3 km de línea de costa. La formación acuífera está constituida por un conjunto de calcarenitas del Mioceno superior, que dan lugar a un acuífero cárstico-detritico de régimen libre y ocasionalmente conectado con las dolomías liásicas que forman las unidades limítrofes de Manacor y Felanitx. La entrada de agua al sistema se produce mayoritariamente por el agua de lluvia infiltrada directamente sobre los 138 km² de afloramientos permeables, así como por retornos de riego, pérdidas en las redes de abastecimiento y recarga subterránea procedente de unidades vecinas, estimándose en 21,9 hm³ anuales. Las extracciones por bombeo se cifran en 4,4 hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 18.21 LLUCMAJOR-CAMPOS

Ubicada en el extremo meridional de la isla de Mallorca, cubre un área de 638 km², limitando al sur con el mar a lo largo de 80,2 km de costa. Las formaciones acuíferas que se pueden reconocer presentan variaciones espaciales que se pueden resumir en la siguiente distribución: en la Plataforma de Llucmajor se trata de calizas y calcarenitas arrecifales y pararrecifales del Mioceno, que constituyen un acuífero de carácter libre (confinado en el sector Porreres-Felanitx), con permeabilidad por fisuración, conectado hidráulicamente con lumaquelas y dunas del Cuaternario (en el sector de Campos). La recarga por infiltración

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables, que se extiende sobre 615 km² constituyen la aportación principal al sistema, seguida de los retornos de riego, la infiltración de aguas residuales y las pérdidas en las redes de abastecimiento, estimándose un total de 52,4 hm³ anuales, mientras que las extracciones por bombeos alcanzan los 34,5 hm³/año.

REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO Y DE CALIDAD. AÑO 2.000

Actualmente, tanto el IGME como la Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH) mantienen sus propias redes de control piezométrico y de calidad e intrusión en las diferentes unidades hidrogeológicas que conforman el archipiélago balear. Estas redes consisten en pozos, sondeos y piezómetros donde se realizan medidas periódicas de la profundidad de los niveles del agua subterránea y se toman muestras de agua para la realización de análisis hidroquímicos. La DGRH cuenta además con varios limnigrafos que permiten un registro continuo de la evolución de los niveles piezométricos en algunos acuíferos de especial interés. Aparte de las medidas periódicas (mensuales, bimestrales, trimestrales o semestrales, según los casos) existen numerosas analíticas adicionales, resultado de la realización de ensayos de bombeo y, también, procedentes de diferentes estudios hidrogeológicos puntuales, que son tenidas en cuenta en la determinación del estado actual de los acuíferos y de su evolución temporal.

En la isla de Mallorca el IGME ha mantenido una red piezométrica con registros históricos en más de 200 puntos de control. Actualmente la red de control habitual está formada por un total de 64 piezómetros controlados bimestralmente y distribuidos en 10 de las 21 unidades hidrogeológicas que forman la isla de Mallorca. Para la elaboración del presente informe se han tenido en cuenta las medidas de la red habitual de control piezométrico del IGME correspondientes al período de abril-mayo del año 2000, siendo estas medidas completadas con las procedentes de la DGRH coincidentes con el mismo período de muestreo y para aquellas unidades en las que el IGME no cuenta con datos propios (unidades hidrogeológicas 18.16 Marineta, 18.17 Artá, 18.18 Manacor, 18.19 Felanitx, y 18.20 Marina de Llevant) o estos son poco representativos por su escasez o distribución espacial (18.01 Andratx, 18.14 Llano de Palma). En total se han seleccionado para el presente informe los registros correspondientes a 204 piezómetros, cuya situación y distribución por unidades hidrogeológicas se recoge en la Tabla I del Anexo I, y en el "Mapa de Situación de la Red Piezométrica" del mismo anexo.

En cuanto a la red de calidad el IGME cuenta con registros históricos en más de 150 puntos de control, de los cuales en la actualidad se registran trimestralmente un total de 67 de ellos. Para la elaboración del informe correspondiente al año 2000 se han completado los registros con los procedentes de las redes propias de la DGRH en aquellas unidades en las que los registros del IGME eran insuficientes para el tratamiento informático. Así, en conjunto se han empleado los análisis químicos de 210 puntos de control procedentes de las campañas de abril-mayo del IGME y de la DGRH. Las características de situación de cada uno de estos puntos se recogen en la Tabla II del Anexo I, y su distribución espacial se

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

puede observar en el “Mapa de Situación de la Red Calidad” que se integra en el mismo anexo.

PIEZOMETRÍA ACTUAL DE LA ISLA DE MALLORCA (mayo 2.000) Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA (1.970 - 2.000)

A continuación se recoge la situación de los niveles de agua subterránea de cada una de las unidades hidrogeológicas de la isla de Mallorca en el año 2.000. Para ello, y cuando la densidad de datos así lo permite, se han realizado los mapas de isopiezas (Anexo II) que indican la altura de la lámina de agua sobre el nivel del mar. En la realización de dichos mapas se han considerado los registros seleccionados de las redes de piezometría de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern Balear y del IGME, y que se recogen en el listado de la Tabla I (Anexo I).

También se analizan en el presente apartado los gráficos de evolución histórica de los niveles del agua subterránea en los piezómetros más característicos de las redes de control del IGME (Anexo IV), desde el inicio de su actividad hasta la actualidad, contando en la mayoría de los casos con series históricas que reflejan la evolución de los últimos 25 años, así como la evolución media de la piezometría por unidades hidrogeológicas cuando los datos son suficientes para su estimación (Anexo IV).

PIEZOMETRÍA U.H. 18.01 ANDRATX

En esta unidad el análisis de la piezometría se ha realizado a partir de los puntos de la red piezométrica de la DGRH, ya que el IGME carece de red de control piezométrico actualmente en esta unidad.

Las cotas piezométricas de esta unidad varían entre los más de 220 m.s.n.m. en el interior hasta cotas negativas inferiores a los -5 m.s.n.m. en las zonas cercanas al Puerto de Andratx (Anexo II), tal y como puede verse en el Mapa de Piezometría del primer semestre del año 2.000, sin que se registren importantes diferencias estacionales a lo largo del año hidrológico. Las cotas negativas se deben fundamentalmente a los bombeos que tienen por objeto la venta de agua para abastecimiento al Puerto de Andratx y a la población estacional residente en casas de campo que no cuentan con conexión a ninguna red de abastecimiento. La situación de la piezometría con respecto al año anterior muestra un descenso de los niveles en la zona cercana al Puerto de Andratx, donde en 1.999 se registraban tras el verano valores inferiores a los - 2 m.s.n.m., habiendo disminuido los niveles tras el período invernal hasta - 5 m.s.n.m.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.05 ALMADRAVA

El IGME cuenta con una reducida red de control piezométrico en esta unidad, formada por tres puntos de control habitual, si bien para el período considerado sólo se cuenta con registro en uno de ellos. La escasez de datos no permite la elaboración de un mapa de isopiezas en esta unidad, pero el registro histórico de niveles desde el año 1.974 queda

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

recogido en los gráficos del Anexo IV. La evolución de los niveles en el piezómetro 15 (392570285) indica unos niveles iniciales próximos a los 35 m.s.n.m., con un descenso progresivo situándose en la actualidad en un valor inferior a los 20 m.s.n.m, si bien el gráfico de evolución media de la unidad indica un descenso respecto al año 1.980 de 1,5 m, continuando el descenso con respecto al año 1.999.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.08 S'ESTREMER

El IGME cuenta con una red histórica de control de niveles formada por cuatro puntos, de los cuales sólo uno de ellos presenta registros continuos desde 1.975 hasta la actualidad, lo que no permite la realización de mapas de isopiezas individualizados para esta unidad hidrogeológica. El registro histórico de evolución de niveles en este punto (16 –Estremera 0) puede verse en el gráfico correspondiente a esta unidad del Anexo IV. Inicialmente presentaba un nivel del agua situado a cota próxima a los 80 m.s.n.m., superando en algunas puntas este valor. En la actualidad (2.000) el nivel supera los 20 m bajo el nivel del mar, lo que supone un descenso continuado de los niveles que supera los 100 m en menos de 25 años. Este continuado descenso está provocado por las extracciones que se realizan en el acuífero liásico de esta unidad para el abastecimiento a la localidad de Palma de Mallorca.

El gráfico de descensos medios de la unidad (Anexo IV) refleja el vaciado progresivo del acuífero, que se encuentra actualmente a 91 m por debajo del nivel que presentaba en el año 1.980, y 10 m por debajo de la cota registrada en 1.999.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.09 ALARÓ

El IGME mantiene 6 puntos de control en esta unidad, de los cuales sólo tres cuentan con registro hasta la actualidad. Los gráficos con la evolución de los niveles de estos piezómetros (uno de ellos doble, controlando un acuífero superior y otro profundo) pueden verse en el Anexo IV. Las líneas de tendencia de estos piezómetros indican una evolución hacia el descenso progresivo de los niveles. Así, el piezómetro 392610014 del acuífero superior registra valores medios iniciales superiores a los 90 metros de cota, que en la actualidad se encuentran ligeramente por encima de los 80 m, y el acuífero inferior con valores medios iniciales de 70 m.s.n.m. se encuentra actualmente a 40 m.s.n.m., marcando en este caso un descenso continuado de 30 metros entre 1.975 y 2.000.

El piezómetro 382680044 muestra un descenso continuado de los niveles desde valores iniciales entorno a la cota +100 m hasta valores actuales próximos a los -20 m. En este mismo sentido evoluciona el pozo de abastecimiento que controla el piezómetro 392650134 (Can Negret) donde los registros iniciales próximos a la cota +95 m se encuentran en la actualidad cercanos a los 40 m bajo el nivel del mar.

El gráfico medio de descensos en los acuíferos de la unidad (Anexo IV) refleja una variación negativa superior a los 27 m con respecto al año 1.990, y superior a 1 m respecto al año anterior.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

El mapa de isopiezas (Anexo II) no recoge los valores negativos de cota al haberse realizado para el primer semestre del año, es decir, con niveles correspondientes a la primavera y no con los valores más bajos que se recogen en el segundo semestre, tras el período de estiaje.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.10

El IGME mantiene 5 puntos de control en esta unidad, de los cuales sólo uno presenta una serie completa desde el año 1.979 hasta la actualidad. La evolución de los niveles en el punto 20 (392620137) puede verse en el gráfico del Anexo IV. Los valores presentan una notable variación que obedece al comportamiento propio de un acuífero cárstico con rápida respuesta a las precipitaciones. La tendencia media presenta una cierta estabilidad desde los 20 m.s.n.m. iniciales hasta valores medios actuales en torno a los 15 m.s.n.m. El resto de los piezómetros, con series parciales, presentan una evolución estable en los últimos años.

El gráfico de evoluciones medias de la unidad (Anexo IV) presenta variaciones notables, con una situación actual de incremento de las reservas con respecto al año 1.980 (+9 m) y un ligero descenso con respecto a 1.999, cercano a 1 m.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.11

Los datos para la elaboración del mapa de piezometría que puede verse en el Anexo II proceden de la red de control piezométrico del IGME. Esta red cuenta con 34 piezómetros de los cuales se han tenido en cuenta para el presente informe los datos procedentes de 21 de ellos. En el mapa de isopiezas correspondiente al primer semestre del año 2.000 se observa que el nivel piezométrico es inferior a la cota +5 m al este de una franja imaginaria que partiendo desde el oeste de Llubí se dirige hacia el norte pasando inmediatamente al oeste de Sa Pobla. Entre Sa Pobla y la Albufera los niveles piezométricos se encuentran a cota prácticamente cero, correspondiendo al sector agrícola intensivo de Sa Pobla. En el resto de la unidad las cotas ascienden progresivamente hasta los +20 m de la subcuenca de Inca.

Los gráficos de evoluciones piezométricas de los puntos más representativos de la unidad que se recogen en el Anexo IV muestran una diferenciación clara en el comportamiento de los acuíferos de la subcubeta de Sa Pobla. Así, existe un sector Norte donde los niveles se encuentran muy por encima del resto de la unidad, probablemente debido a la explotación del acuífero liásico del borde septentrional de la unidad hidrogeológica. En esta zona se produciría la recarga proveniente de las unidades vecinas de la Sierra de Tramontana hacia el Llano de Sa Pobla. El comportamiento del acuífero indica variaciones estacionales más marcadas correspondientes a los períodos de recarga y estiaje. Los niveles iniciales, a mediados de los años 70 superan la cota +25 m durante los meses de recarga para descender progresivamente a valores actuales de entre +10 y +15 m. De forma similar pero con variaciones estacionales muy poco marcadas se encuentran los piezómetros del sector occidental donde los valores iniciales de entre +5 y +15 m registran un descenso continuado de los niveles hasta situarse en la actualidad entre +3 y +6 m de cota. El denominado sector oriental corresponde a los piezómetros que presentan cotas muy próximas al nivel del mar y una evolución estacional e histórica prácticamente constante.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

En este caso nos encontramos con piezómetros que corresponden al acuífero cuaternario conectado hidráulicamente con el mar y donde las extracciones se ven compensadas por la entrada de agua de mar en el sistema. Entre unos piezómetros y otros se encuentran los del sector central que corresponden a las zonas de transición entre los anteriores, y que en general muestran una tendencia progresiva al descenso lento y continuado de los niveles.

El gráfico de evolución de la piezometría media para el conjunto de la unidad (Anexo IV) muestra un carácter general estable con respecto a los años 1.980 y 1.999 respectivamente.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.12 CALVIÁ

El IGME posee una red de control piezométrico de 7 puntos en esta unidad, algunos de ellos de incorporación muy reciente y otros pertenecientes a redes antiguas que no tienen un registro histórico completo. Para el período considerado sólo se cuenta con registro en tres piezómetros con valores muy dispares, por lo que el mapa de isopiezas del Anexo II no es significativo nada más que de un reducido sector de la unidad. Así, el mapa de isopiezas registra una fuerte compartimentación de los acuíferos de esta unidad con cotas que superan los 140 m al noroeste de Capdellá, para pasar al norte de la misma localidad a cotas negativas que superan los -20 m, bajo el nivel del mar.

Los gráficos de evolución histórica de niveles de los tres puntos de la red de control piezométrica se pueden observar en el Anexo IV. El punto 44 Son Sampola presenta una cota de nivel muy alta, en torno a los 145 m.s.n.m. y que se mantiene estable desde el comienzo del período de registro en 1.994. El punto 45 muestra valores negativos desde el comienzo del período de control a finales de los años 80, situándose en la actualidad en torno a los -5 m, bajo el nivel del mar. El punto 43 (Can Molla de Capdellá) presenta valores negativos que superan la cota de -20 m, bajo el nivel del mar, si bien a principios de los años 90 su cota era cercana a +5 m.

El gráfico de evolución media de la unidad indica una tendencia estable a ligeramente ascendente con respecto al año 1.984 en que se inician las medidas, y claramente favorable con respecto al año 1.999, habiéndose producido un incremento de 6 m en los niveles medios.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.13 NA BURGUESA

El IGME mantiene 10 puntos de control piezométrico en esta unidad de los cuales sólo 3 cuentan con registro de nivel en el período considerado. Estos piezómetros muestran las variaciones de los niveles del acuífero liásico explotado intensamente para el abastecimiento de la localidad de Palma de Mallorca. Dada la proximidad geográfica de los tres puntos controlados la representatividad del mapa de piezometría del Anexo II queda reducida a un sector próximo a su ubicación. El nivel piezométrico oscila entre los +3 m de los piezómetros correspondientes a los puntos 47 y 48, y los +11 m del punto 46.

Los gráficos de evolución de los niveles piezométricos del Anexo IV indican un descenso continuado, pero poco acusado, en el punto 47, y una tendencia estable en los puntos 46 y 48. La tendencia general es estable a ligeramente descendente, como refleja el gráfico

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

medio de toda la unidad (Anexo IV). Los valores actuales están, por tanto, muy próximos a los registrados al comienzo del período de medida.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.14 LLANO DE PALMA

El análisis piezométrico se ha realizado a partir de 15 puntos de control seleccionados de entre los que forman las redes de piezometría de la DGRH (9 puntos seleccionados) y el IGME (6 puntos seleccionados). El mapa de isopiezas resultante (Anexo II) presenta valores muy próximos a la cota cero en toda el área urbana, aeropuerto, y Plá de Sant Jordi, con cotas que llegan a ser negativas en el Pont d'Inca, donde se realizan extracciones para el abastecimiento de la ciudad de Palma. Solamente el extremo nor-oriental de la unidad, al este de la localidad de Santa Eugenia, presenta cotas del nivel freático que superan los 5 m.s.n.m.

Los gráficos de evolución de niveles (Anexo IV) muestran en general una estabilidad en el acuífero cuaternario próxima a la cota cero, lo cual puede ocultar una compensación de las extracciones con la entrada de agua de mar en las zonas cercanas a la línea de costa. Únicamente un punto próximo a la localidad de Santa Eugenia (punto 52, en el interior de la unidad) presenta niveles medios iniciales próximos a la cota 14 m.s.n.m. descendiendo progresivamente hasta situarse por debajo de los 10 m.s.n.m en la actualidad. El descenso acumulado se sitúa por lo tanto próximo a los 5 m desde mediados de los años 70 hasta la actualidad.

El gráfico de evolución del nivel medio de la unidad hidrogeológica (Anexo IV) muestra un claro descenso del orden de 1 m con respecto a los valores registrados en el año 1.980, y ligeramente inferior con respecto al año 1.999.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.16 MARINETA

El mapa de isopiezas para esta unidad (ver Anexo II) se ha realizado a partir de los niveles obtenidos en 32 de los puntos de control piezométrico de la DGRH en su práctica totalidad, ya que la red histórica que el IGME mantenía en esta unidad carece de registros desde el año 1.990 hasta la actualidad. El análisis del mapa de isopiezas correspondiente a mayo de 2.000 muestra como el nivel piezométrico es muy bajo en casi la totalidad de la unidad, con niveles inferiores a los +5 m en dos terceras partes de la unidad, existiendo conos de bombeo con cotas que descienden hasta los -2 m cuando los pozos de extracción se encuentran en funcionamiento en este sector. No se registran variaciones estacionales significativas. Únicamente el extremo suroccidental de la unidad muestra cotas de nivel que se sitúan entre los +20 y los +40 m.

El único punto de control que mantiene el IGME en esta unidad, prácticamente en el límite con la vecina unidad de Inca-Sa Pobla, tiene un registro histórico de niveles que puede observarse en el Anexo IV, y que muestra un descenso prolongado de los niveles de escasa cuantía. Este mismo descenso queda recogido en el gráfico de evolución media para el conjunto de la unidad (Anexo IV), que sin embargo recoge una ligera tendencia al alza con respecto al año 1.999.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.17 ARTÁ

No existe red de control piezométrico del IGME en esta unidad, por lo que el análisis piezométrico se ha realizado en base, exclusivamente, a 37 puntos seleccionados de la red de piezometría de la DGRH. El mapa de isopiezas resultante (Anexo II) presenta variaciones muy acusadas desde los más de 120 m.s.n.m. en los piezómetros situados al suroeste de la localidad de Artá hasta los valores mínimos, en torno a cota +1 m, que se registran al norte de la localidad de Son Servera.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.18 MANACOR

El IGME no mantiene actualmente ninguna red de control piezométrico en esta unidad, por lo que el mapa de isopiezas (Anexo II) de esta unidad se ha elaborado con los datos que provienen de un total de 25 puntos controlados por la DGRH en el primer semestre del año 2.000. En esta unidad la piezometría es bastante más homogénea, registrándose oscilaciones de entre 80 y 40 m de cota en toda la mitad nor-occidental de la unidad. En el resto, con una mayor escasez de información, la permeabilidad de los límites con la vecina unidad costera de la Marina de Llevant queda reflejada en el descenso progresivo de los niveles hasta situarse en valores cercanos a la cota +11 m.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.19 FELANITX

El IGME mantiene una red de control piezométrico en esta unidad formada por 5 puntos, pero en su mayoría carecen de medidas durante el período considerado para la elaboración del presente informe. El mapa de isopiezas (Anexo II) se ha realizado con datos procedentes casi exclusivamente de la red piezométrica de la DGRH, con un total de 18 puntos registrados en el primer semestre del año 2.000, y uno sólo procedente de la red del IGME. El mapa de piezometría muestra un nivel piezométrico elevado, con cotas que superan los +135 m en las proximidades de Felanitx y que descienden progresivamente hasta valores cercanos a los +50 m en el norte de la unidad. Hacia el este, cerca de la vecina unidad de la Marina de Llevant, el descenso es mucho más acusado debido a la existencia de fuertes conos de bombeo, con cotas que llegan a descender por debajo del nivel del mar hasta casi los -10 m. Estos conos de bombeo obedecen a las extracciones para el abastecimiento de localidades costeras de carácter eminentemente turístico y a la localidad de Porto Colom.

Existe un piezómetro con registro histórico de niveles desde mediados de los años 70 (ver punto 157, Anexo IV). El análisis de estos niveles marca un descenso progresivo desde valores iniciales de +47 m hasta los actuales que se sitúan en +42 m. Este descenso queda recogido en el gráfico de evolución media para el conjunto de la unidad (Anexo IV).

PIEZOMETRÍA U.H. 18.20 MARINA DE LLEVANT

El IGME no mantiene ninguna red de control piezométrico en esta unidad. El mapa de isopiezas que se presenta en el Anexo II se ha realizado a partir de los datos procedentes exclusivamente de 11 puntos seleccionados de la red de control piezométrico de la DGRH, para el primer semestre del año 2.000, y muestra como los niveles del agua subterránea en

la unidad presentan valores muy próximos al nivel del mar, con cotas que no superan los +3 m.s.n.m. en prácticamente la totalidad de la misma. La presencia de un cono de depresión piezométrica generado por las extracciones para el abastecimiento a la localidad de Porto Colom, y que se extiende dentro de la vecina unidad hidrogeológica de Felanitx, queda reflejado en el mapa por valores situados por debajo del nivel del mar, con cotas negativas de hasta -13 m.

PIEZOMETRÍA U.H. 18.21 LLUCMAJOR-CAMPOS

El mapa de isopiezas que se presenta en el Anexo II ha sido elaborado con los datos procedentes de 19 puntos seleccionados de la red de control piezométrico del IGME. En el mapa de isopiezas correspondiente a abril de 2.000 se observa que prácticamente tres cuartas partes de la extensión de la unidad presentan un nivel freático inferior a +5 m, existiendo un amplio pasillo con cotas inferiores a +1 m.s.n.m. entre la Colonia de Sant Jordi, Ses Salines y Campos. Este sector suele presentar valores inferiores a la cota cero tras el período estival. Al Norte de la localidad de Campos los niveles piezométricos toman un gradiente más acusado, con cotas que oscilan entre los 10 y los 30 m.s.n.m. principalmente. Este hecho pone de manifiesto la presencia de un umbral hidrogeológico que separa todo el sector de Felanitx-Porreres del Llano de Campos. Las oscilaciones estacionales son muy pequeñas, inferiores a 1 m.

Los gráficos de evoluciones piezométricas incluidos en el Anexo IV reflejan claramente la evolución de los diferentes sectores de la unidad. El sector Norte de Campos puede observarse en los gráficos de los puntos 190 y 192, con valores iniciales que se sitúan entre +25 y +30 m de cota y con descensos continuados en los últimos años. El sector Ses Salines-Sant Jordi y el entorno de la localidad de Campos presentan por el contrario valores siempre cercanos a la cota cero, con escasas oscilaciones estacionales, debido a la compensación de los descensos con la entrada de agua de mar en el acuífero. Las oscilaciones más acusadas en los niveles obedecen en la mayor parte de los casos a la presencia de niveles dinámicos durante los muestreos.

El gráfico de evolución media de la piezometría para el conjunto de la unidad hidrogeológica (Anexo IV) indica un descenso poco acusado de algo más de 2 m con respecto a los valores registrados en el año 1.980, y estables con respecto a las medidas registradas en el año 1.999.

CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ISLA DE MALLORCA (mayo 2.000) Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA (1974-2000)

El control de la calidad del agua en los acuíferos de la isla de Mallorca se lleva a cabo mediante la analítica que se realiza en las muestras de agua tomadas por el IGME y la Direcció de Recursos Hídrics en sus respectivas redes de control. A estas muestras, que se toman como mínimo con periodicidad semestral, el IGME añade aquellas que puntualmente se recogen durante la realización de ensayos de bombeo, informes

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

preceptivos, estudios locales, etc., y que son incluidas, por su interés, en la base de datos que al respecto posee la Oficina de Proyectos del IGME en Palma de Mallorca. A los parámetros físicoquímicos principales, el IGME incorpora, en los casos en que lo considera necesario, el análisis de elementos menores que pueden ser de gran interés por motivos técnicos y científicos. De esta manera, la caracterización de la calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos de la isla cuenta con un amplio respaldo de información disponible para la realización de estudios específicos en los elementos mayoritarios e incluso minoritarios que se encuentran presentes en las mismas, cuyo resultado en el presente informe se materializa en los mapas de isocontenidos en ión cloruro, nitrato y sulfato, así como en el mapa de isoconductividad eléctrica, todos ellos en el Anexo III.

De todos los parámetros analizados, a continuación se recoge la evolución de aquellos más representativos de las aguas subterráneas propias de los acuíferos de la isla. Los cationes e iones mayoritarios (calcio, sodio, magnesio, bicarbonato, cloruro y sulfato) permiten una clasificación del tipo de agua mediante el empleo de un diagrama trilinear (Piper, Anexo III), que permite asignar un sello de identidad al agua procedente de un acuífero y su estado evolutivo (ver Anexo IV).

Por otra parte, el análisis del contenido en ión cloruro (Anexo IV) es fundamental en los acuíferos conectados con la línea de costa para determinar el grado de intrusión de agua de mar en los mismos, sirviendo como criterio indirecto para determinar el grado de sobreexplotación de este tipo de acuíferos. Su presencia en acuíferos desconectados aislados del mar permite determinar la presencia de contaminantes naturales (presencia de sales en el subsuelo) o inducidos por el hombre (en el caso del empleo de aguas residuales, depuradas o no).

A este último aspecto contribuye también el control de la presencia de ión nitrato, muy frecuente como contaminante en zonas de regadío intensivo, y aportado al acuífero a partir de la aplicación incontrolada de fertilizantes nitrogenados. Este último es también analizado en el presente informe dada la presencia de concentraciones anómalas por encima de los niveles máximos marcados por la legislación actual en materia de aguas potables, en algunos sectores de la isla, que actualmente son objeto de estudio y control por parte de la Direcció General de Recursos Hídrics en colaboración con el IGME.

El resto de parámetros químicos analizados presenta valores normales, con excepciones puntuales, como elevadas concentraciones de sulfatos de origen natural (por presencia de yesos en el subsuelo).

En cuanto a los parámetros físicos, los más destacados por la información de carácter general que aportan, son la temperatura y la conductividad. La conductividad eléctrica es un factor ampliamente analizado en los estudios de calidad de las aguas subterráneas siendo un indicativo del grado de mineralización del agua subterránea. En el caso de los acuíferos de las islas Baleares, frecuentemente conectados con el mar, la conductividad eléctrica está fuertemente condicionada por la presencia del ión cloruro en sus aguas, de manera que los máximos de conductividad eléctrica coinciden con las zonas del acuífero próximas a la franja litoral y con las zonas de intensa sobreexplotación en las que se ha inducido un proceso de intrusión marina por bombeos.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

A continuación se describe para cada una de las unidades hidrogeológicas de la isla de Mallorca, y con datos actualizados al año 2.000, la caracterización hidrogeoquímica de acuerdo con la clasificación de Piper-Hill-Langelier (Anexo III), basada en los iones mayoritarios presentes en el agua subterránea; así como los mapas de isoconductividad y contenido en ión cloruro, indicativos del proceso de intrusión marina en la unidad hidrogeológica, y en aquellas unidades donde se ha detectado una concentración anómala, los mapas de isocontenido en ión nitrato y sulfato para el período considerado (ver mapas del Anexo III).

CALIDAD U.H. 18.01 ANDRATX

La tipología de las aguas subterráneas de esta unidad se ha obtenido del diagrama de Piper que se incluye en el Anexo III, en el cual se ha representado una única muestra de agua, correspondiente a un punto de control del IGME. El diagrama incluye, en color amarillo, la representación del agua marina (Barcelona, Custodio 1.970) como punto de referencia. De acuerdo con la clasificación de Piper, el agua analizada corresponde a un tipo clorurado sódico-cálcico. Destaca la presencia mayoritaria del anión cloruro que indica un proceso de intrusión marina.

Los mapas de isocontenido en ión cloruro y de conductividad que se recogen en el Anexo III, realizados para marzo de 2.000, reflejan la presencia de valores elevados de ión cloruro y conductividad, superando los primeros los 500 mg/L en la mitad sur de la unidad, que se traduce en conductividades que oscilan entre los 2.000 y 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El sector comprendido entre el Puerto de Andratx y S'Arracó, supera ampliamente los 4.000 mg/L tras los bombeos estivales, que no quedan recogidos en el período de tiempo considerado para el presente informe. Por tanto, se refleja claramente un proceso de intrusión marina en este sector, generándose domos salinos en las zonas de más intensa explotación.

El mapa de isonitratos muestra valores normales en casi toda la unidad. Sólo se superan los límites establecidos en la legislación vigente de forma puntual en el pozo nº 6, donde se superan los 80 mg/L de ión nitrato. El contenido en sulfatos es siempre inferior al recomendado para las aguas de consumo humano.

CALIDAD U.H. 18.02 DEIÀ

No existen datos suficientes para una correcta evaluación de esta unidad. Tan sólo un análisis químico del IGME realizado durante el presente año indica una facies bicarbonatada-sulfatada cálcica, propia de acuíferos carbonatados sin problemas de intrusión marina. En líneas generales se trata de una unidad poco explotada, dado que la accidentada orografía no permite el asentamiento de grandes núcleos urbanos ni el desarrollo de una agricultura intensiva. Puntualmente pueden aparecer contaminaciones por sulfato natural procedente de la facies yesífera del Keuper, como es el caso. No se conoce la presencia de focos de intrusión marina inducidos por bombeos.

Los mapas de isocontenidos en iones mayoritarios no son representativos en esta unidad hidrogeológica al no existir puntos de control dentro de la misma.

CALIDAD U.H. 18.03 PUIG ROIG

No existen apenas datos de análisis químicos en esta unidad. Es una zona relativamente virgen desde el punto de vista de la explotación de los recursos de aguas subterráneas, debido a su orografía particularmente agreste. Tan sólo existe una concentración de captaciones en el Torrente de Son March, donde las aguas presentan en general una facies bicarbonatada cálcico-magnésica.

CALIDAD U.H. 18.04 FORMENTOR

No existen redes de control del IGME ni de la DGRH en esta unidad. Dos análisis químicos realizados por el IGME durante el año 1.999 indican facies netamente bicarbonatadas cálcicas, si bien datos procedentes de otras fuentes permiten conocer que existen fenómenos de intrusión marina en parte de la unidad (Cavall Bernat) y en el acuífero cuaternario de la Bahía de Pollença, donde se registran valores de concentración de ión cloruro que superan 1 gramo por litro. Ello es debido a la elevada concentración de pozos y sondeos de abastecimiento (Pollença y Puerto de Pollença).

CALIDAD U.H. 18.05 ALMADRAVA

En la actualidad el IGME mantiene únicamente dos puntos de control de calidad de las aguas subterráneas en esta unidad, de los cuales sólo uno presenta analítica completa en el período considerado. Pese a tratarse de una unidad interior, separada de la línea de costa por la unidad hidrogeológica de Formentor, presenta problemas de intrusión marina tal y como se refleja en el seguimiento del punto de control nº 10 (392570287) correspondiente al sondeo de Can Puig. El gráfico de Piper sitúa este punto dentro de una facies netamente clorurada sódica, con una composición química muy próxima a la del agua de mar, indicando que se trata de un domo salino generado por el bombeo intensivo en este pozo. La evolución en la concentración de ión cloruro puede verse en el Anexo IV. Los registros iniciados en el año 1.983 indicaban una concentración inicial por debajo de los 100 mg/L, que han ido incrementándose de forma continuada hasta alcanzar valores actuales que superan los 1.400 mg/L.

Esta intrusión salina queda recogida en el mapa de isocontenidos en ión cloruro y en el correspondiente a la conductividad, que en la zona supera ampliamente los 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los mapas de isocontenidos en ión nitrato e ión sulfato no indican anomalías en esta unidad (ver Anexo III).

CALIDAD U.H. 18.06 FONTS DE SÓLLER

No existen redes de control de la calidad del agua subterránea en esta unidad. De manera general, la facies es fundamentalmente bicarbonatada cálcico-magnésica, tratándose de una unidad excedentaria en recursos hídricos y cuya calidad del agua es muy buena. Únicamente en la zona del Puerto de Sóller se registra un área de intrusión marina incipiente.

CALIDAD U.H. 18.07 FONTS

No existen redes de control de la calidad en esta unidad. Datos procedentes de dos análisis químicos puntuales indican que se trata de aguas bicarbonatadas a sulfatadas cálcicas, propias de acuíferos carbonatados en los que no se registran procesos de intrusión marina, y en las que la presencia de sulfatos es indicativa de la aparición de yesos en el sustrato rocoso (generalmente se debe a la presencia de yesos intercalados en la facies Keuper del Triásico superior, la cual actúa como nivel de base impermeable de los acuíferos liásicos).

CALIDAD U.H. 18.08 S'ESTREMER

El IGME mantiene actualmente un único punto de control de la calidad del agua subterránea en esta unidad, situado en el área de explotación para el abastecimiento urbano a la ciudad de Palma de Mallorca (Estremera II). La facies química que refleja el diagrama de Piper (Anexo III) muestra un agua netamente bicarbonatada cálcica, propia del acuífero carbonatado liásico del que se ha obtenido la muestra. La concentración en ión cloruro es muy baja, situándose en torno a los 50 mg/L (límite máximo de potabilidad 250 mg/L), valores esperables en un acuífero que se encuentra desconectado del mar y en el que por tanto no cabe esperar un proceso de intrusión marina. Esta concentración se mantiene estable desde el año 1981 (Anexo IV). Sin embargo, la intensa explotación del acuífero puede dar lugar a una progresiva mineralización por arrastres, fundamentalmente, de los materiales que constituye la base impermeable de este acuífero.

En cualquier caso, los mapas de isocontenidos en iones mayoritarios y conductividad no reflejan ninguna anomalía en esta unidad hidrogeológica (ver mapas del Anexo III).

CALIDAD U.H. 18.09 ALARÓ

El IGME cuenta en esta unidad con dos puntos de control de la calidad del agua subterránea, los cuales se han representado en el diagrama de Piper del Anexo III, indicando una facies bicarbonatada cálcica a calco-sódica en ambos casos. La concentración de ión cloruro se sitúa entre 50 y 130 mg/L, dentro de los valores normales en este tipo de acuíferos, sin que exista riesgo de intrusión marina ya que esta unidad se encuentra desconectada de la línea de costa.

El mapa de isoconductividad eléctrica indica valores cercanos a los 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sin que aparezcan anomalías en los mapas de isocontenidos en iones mayoritarios (ver mapas del Anexo III).

CALIDAD U.H. 18.10 UFANES

El IGME mantiene un único punto de control de la calidad química de las aguas subterráneas en esta unidad. El análisis realizado durante el primer semestre del año 2.000 se ha representado en un diagrama de Piper (Anexo III) indicando una facies marcadamente bicarbonatada cálcica propia de un acuífero de esta naturaleza. No existe peligro de contaminación por cloruros ya que esta unidad se encuentra desconectada de la línea de costa.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

La isoconductividad refleja valores inferiores a los 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con muy bajos contenidos en cloruros, nitratos y sulfatos, tal y como puede verse en los mapas de isocontenidos del Anexo III.

CALIDAD U.H. 18.11 LLANO DE INCA-SA POBLA

Para la obtención de la tipología del agua subterránea se han representado en el diagrama de Piper los análisis de 85 muestras seleccionadas, de entre el total de puntos que constituyen las redes de control del IGME y de la DGRH, tomadas durante los meses de abril y mayo de 2.000. La nube de puntos que queda reflejada en el diagrama de Piper del Anexo III permite dividir las aguas analizadas en dos grandes grupos. Por un lado, la mayoría de las muestras se concentran en el grupo de aguas mixtas cloruradas-sulfatadas cálcicas y cálcicas-magnésicas, que corresponden al sector interior de la unidad. Sin embargo, destaca un grupo menos frecuente pero de peso relativo importante formado por aguas de facies netamente clorurada sódica y cloruradas cálcico-sódicas, que se aproximan en su composición a la del agua de mar, indicando un proceso avanzado de intrusión marina.

El mapa de isocontenido en ión cloruro (Anexo III) marca las zonas donde se localiza el proceso de intrusión. Como consecuencia directa de la intensa explotación del acuífero para el uso de las aguas subterráneas en el riego agrícola de la zona Sa Pobra-Muro, se observa en el mapa de isocontenidos en cloruro para el primer semestre del año 2.000 una alta concentración de este ión, que supera los 1.800 mg/L en el área de Crestaix y supera los 1.000 mg/L al NE de Sa Pobra, desde los límites de la Albufera y hasta la línea de costa. Toda esta zona queda reflejada en el mapa de isoconductividad por valores que superan la isolínea de 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El gráfico de evolución histórica de la concentración de ión cloruro (Anexo IV), realizado a partir de los datos obtenidos de la red de control de calidad / intrusión del IGME, indican claramente la diferenciación entre los tipos de agua descritos. De un lado se encuentran todas las muestras que presentan facies mixtas, con una concentración de ión cloruro inferior en general a los 250 mg/L y cuya evolución temporal es relativamente estable: punto 19 (sector Sa Pobra-Muro), punto 36 (sector central), y puntos 25 y 32 (sector Sa Pobra) como representativos de estos sectores. Por otro lado se encuentran aquellas aguas que presentan un claro proceso de mezcla con agua de mar, con concentraciones de ión cloruro elevadas y variaciones temporales muy acusadas en función de las precipitaciones, y del tiempo de bombeo en el momento del muestreo, si bien en su mayor parte presenta una tendencia media hacia el incremento progresivo en la concentración de este ión: puntos 24 (norte de Sa Pobra, Crestaix) y puntos 33 y 35 (entorno de la Albufera) donde la concentración en ión cloruro ha pasado en algunos casos de valores iniciales próximos a los 200 mg/L de ión cloruro hasta superar ocasionalmente los 1.000 mg/L en el año 2.000.

Dado que en esta unidad hidrogeológica se enmarca la principal área de explotación agrícola por regadío de la isla de Mallorca, la concentración de ión nitrato procedente del empleo de fertilizantes nitrogenados en las aguas subterráneas es muy elevada. El mapa de isocontenidos en nitratos para el primer semestre del año 2.000 muestra como toda la

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

subcuenca de Sa Pobla supera los contenidos máximos admisibles en el agua de consumo humano, situado en 50 mg/L, hasta alcanzar valores superiores a los 700 mg/L de forma puntual, y más de 500 mg/L en varios puntos situados entre la localidad de Sa Pobla y la Albufera, y al Norte y Oeste de la localidad de Muro. En ambas se registran concentraciones con valores medios cercanos a los 300 mg/L entre Sa Pobla y la Albufera, y próximos a los 150 mg/L al NW de la localidad de Muro. Algunos valores anómalos se han registrado también de forma puntual en la subcuenca de Inca, junto a la localidad de Biniali.

El mapa de isocontenidos en ión sulfato también refleja un contenido anormalmente elevado a lo largo de un corredor que parte de la localidad de Sa Pobla y se dirige hacia el este hasta alcanzar la línea de costa. En todo este sector se superan los 250 mg/L, que puntualmente pueden llegar hasta los 2.180 mg/L al norte de la localidad de Campos.

CALIDAD U.H. 18.12 CALVIÁ

El IGME mantiene en la actualidad cinco puntos de control de calidad en esta unidad. La representación en el diagrama de Piper (Anexo III) de los análisis realizados durante el mes de marzo de 2.000, indica la presencia de dos facies netamente diferenciadas. Por un lado existen aguas de tipo mixto bicarbonatado-clorurado cálcico-sódicas, mientras que otro grupo lo forman aquellas aguas que presentan contenidos mayoritarios de anión cloruro y concentraciones cada vez más elevadas de sodio, dando lugar a facies cloruradas sódicas y sódico-cálcicas. Estas últimas reflejan una composición cada vez más próxima a la del agua del mar, indicando la existencia de una mezcla de aguas propias del acuífero con aguas de origen marino

El contenido en ión cloruro es relativamente elevado entre las localidades de Capdellá y Calviá, donde se registran actualmente concentraciones ligeramente superiores a los 600 mg/L de ión cloruro, y conductividad próxima a los 2.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que ocasionalmente presenta concentraciones de hasta 1.000 mg/L (ver Anexo III).

Los mapas de isocontenidos en ión nitrato y sulfato indican valores muy por debajo de los máximos autorizados o recomendados por la legislación vigente en materia de agua potable para el consumo humano (ver Anexo III).

CALIDAD U.H. 18.13 NA BURGUESA

El IGME cuenta con una red de control de la calidad de 4 puntos en esta unidad, con registros históricos que abarcan desde el año 1.975 hasta la actualidad. El diagrama de Piper (Anexo III) indica composiciones hidroquímicas básicamente cloruradas sódicas a sódico-cálcicas en los puntos de control, lo que indica un proceso claro de intrusión marina en la zona de influencia de dichos pozos. El gráfico de evolución de cloruros (Anexo IV) muestra claramente los puntos que presentan una facies clorurada (103 y 107), con contenidos en este ión que superan los 6.000 mg/L y con una tendencia creciente desde el comienzo del registro histórico, aunque con notables fluctuaciones que dependen de factores como el régimen de precipitaciones y el tiempo de bombeo en el momento del muestreo. Estos dos puntos con elevadas concentraciones de cloruros se encuentran

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

situados en los campos de bombeo para el abastecimiento a la localidad de Palma de Mallorca. La explotación intensiva ha generado un claro proceso de intrusión marina en todo este sector.

El resto de los pozos analizados presentan concentraciones de ión cloruro más o menos estables en el tiempo, y del orden de 600 mg/L.

Los mapas de isocontenidos en iones mayoritarios para esta unidad se recogen en el Anexo III. El mapa de isocloruros refleja el fuerte proceso de intrusión marina del sector de La Vileta, existiendo aguas de bajo contenido en ión cloruro entre esta zona y la línea de costa. De forma igualmente marcada se observa la anomalía que generan estas extracciones en el mapa de isoconductividad, donde se llegan a superar los 16.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La elevada conductividad se ve incrementada por la anomalía en la concentración de ión sulfato que se registra en esta zona, donde el mapa de isosulfatos refleja valores superiores a los 800 mg/L. El contenido en ión nitrato no refleja ninguna anomalía destacable.

CALIDAD U.H. 18.14 LLANO DE PALMA

El análisis de la calidad del agua subterránea en el acuífero plio-cuaternario del Llano de Palma se ha realizado a partir de los datos obtenidos en más de 38 puntos seleccionados de entre los pertenecientes a las redes de control de calidad del IGME y de la DGRH. Los análisis obtenidos durante el mes de abril de 2.000 se han representado en el diagrama de Piper (Anexo III) para determinar el tipo de facies hidroquímica característico de este acuífero. El resultado indica que se trata mayoritariamente de aguas cloruradas sódicas a cloruradas cálcicas con todas las composiciones catiónicas intermedias, pero siempre predominando como anión el cloruro. Esto indica que existe un claro, y generalizado, proceso de intrusión marina en el área analizada del acuífero del Llano de Palma.

El mapa de isocontenidos en ión cloruro, que se limita al control del acuífero pliocuaternario superior, muestra la presencia de varios focos importantes de intrusión. Así, el acusado domo salino que se observa al NE de la localidad de Palma corresponde a la zona de extracción del Pont d'Inca para el abastecimiento de la capital donde se superan ampliamente los 4.300 mg/L de ión cloruro. En esta zona el acuífero se encuentra fuertemente salinizado, y el agua bombeada se conduce a la planta potabilizadora-desaladora construida al efecto en Son Tugores. El mapa muestra como la cuña de intrusión avanza desde la línea de costa hacia el interior, desde el sureste de la localidad de Palma, siguiendo un corredor curvo hacia el N. La concentración de cloruros puede llegar a superar 1.200 mg/L en el corredor que lo une con la línea de costa. El área comprendida entre El Arenal, Sant Jordi y el aeropuerto de Son Sant Joan existe un importante domo salino muy marcado, con concentraciones de ión cloruro que pueden llegar a alcanzar los 2.500 mg/L, presentando toda el área contenidos medios que superan los 1.000 mg/L. En este caso se trata de una intrusión debida a las extracciones para el regadío, al tratarse de una zona eminentemente agrícola. En los últimos años se ha puesto en marcha un plan de riego con aguas residuales depuradas procedentes de las plantas de tratamiento de Palma que tiene como objetivo reducir las extracciones y evitar el avance de la intrusión salina.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

En cuanto a la evolución del contenido en ión cloruro, el IGME contaba históricamente con una red de control de 42 puntos, de los cuales la mayor parte tienen registro únicamente en el período comprendido entre 1.977 y 1.990. Desde entonces sólo continúan los registros hasta la actualidad en cuatro de los puntos de control. Los gráficos de evolución de tres de ellos se incluyen en el Anexo IV. La evolución de la concentración de cloruros es creciente en el punto de control 109 correspondiente a Son Verí Nou, en Marratxí, donde partiendo de una concentración inicial de 100 mg/L de ión cloruro a mediados de los años 70 se ha pasado progresivamente hasta los 700 mg/L actuales. El punto 108, correspondiente a la zona de bombeos del Pont d'Inca muestra concentraciones variables entre 1000 y casi 5000 mg/L, con valores medios estables en torno a los 3.000 mg/L. El resto de puntos presenta un comportamiento estable con concentraciones entre 100 y 250 mg/L.

El mapa de isoconductividad constituye un claro reflejo del proceso de intrusión marina, con valores superiores siempre a los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las zonas afectadas por intrusión. Esta misma zona presenta concentraciones algo elevadas para el contenido en ión sulfato, superándose los 250 mg/L (límite aconsejado para el consumo humano) y presentándose claras anomalías en sectores concretos situados inmediatamente al norte del aeropuerto. En esta zona la concentración de ión sulfato puede llegar a superar los 1.800 mg/L del punto 124. La zona de extracción del Pont d'Inca también marca una anomalía, en la que la concentración de ión sulfato puede superar los 600 mg/L.

En cuanto a la concentración de ión nitrato, el mapa de isonitratos (Anexo III) muestra anomalías muy marcadas en toda la zona de riego del Pla de Sant Jordi y aeropuerto, con valores de concentración que superan siempre los 200 mg/L, llegando en algunos casos a estar muy próximo a los 300 mg/L. El área ocupada por concentraciones superiores a los 50 mg/L es aún mayor, existiendo valores muy próximos a los 100 mg/L hasta las proximidades de Marratxí, desde el norte de la ciudad de Palma.

CALIDAD U.H. 18.15 SIERRAS CENTRALES

En esta unidad hidrogeológica el IGME mantiene un único punto de control de la calidad de las aguas subterráneas cuya analítica para el período considerado se ha incluido dentro del gráfico de Piper del Anexo III. La muestra analizada corresponde a un agua de tipo bicarbonatado cálcico-magnésico que corresponde a un agua de buena calidad.

Las concentraciones de iones mayoritarios se encuentran siempre muy por debajo de los límites tolerados o recomendados por la legislación vigente en materia de aguas potables, por lo que no se registra ninguna anomalía en los mapas de isocontenidos. La concentración en ión cloruro no llega a alcanzar los 100 mg/L, y los valores de sulfato y nitrato son del orden de 50 y 30 mg/L respectivamente. La conductividad no llega a los 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando que se trata de aguas de reducida mineralización para lo usual en los acuíferos mallorquines (ver mapas Anexo III).

CALIDAD U.H. 18.16 MARINETA

En esta unidad hidrogeológica el IGME mantiene una reducida red de control de la calidad formada por sólo cuatro puntos, por lo que el análisis se completa con los datos de la red de

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

calidad de la DGRH, obteniéndose un total de 12 puntos de control en el período considerado. El diagrama de Piper (Anexo III) muestra unas aguas mayoritariamente cloruradas sódicas y en menor medida de facies mixtas. Esto indica un claro proceso de intrusión marina en el área de representación de dichas muestras.

El mapa de isocontenidos en ión cloruro realizado para abril de 2.000 indica que existe un proceso de intrusión marina generalizado en todo el frente costero de la unidad, que llega a extenderse hasta más de 3 km hacia el interior, con concentraciones máximas en el sector central de la línea costera donde se llegan a superar los 2.200 mg/L. El mapa de isoconductividad refleja esta intrusión, con valores que superan los 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El mapa de isonitratos muestra en este caso un comportamiento inverso al que se registra en el mapa de isocloruros. Así, prácticamente toda la unidad presenta contenidos relativamente altos de ión nitrato, con valores entre 50 y 100 mg/L, exceptuando el área que presenta concentraciones de ión cloruro superiores a los 1.000 mg/L donde la concentración de ión nitrato se reduce por debajo de los 50 mg/L.

En lo referente al ión sulfato se registran igualmente valores superiores a los 250 mg/L en toda la mitad occidental de la unidad, superándose los 400 y 500 mg/L en dos puntos de dicho sector.

CALIDAD U.H. 18.17 ARTÁ

El IGME mantiene una red de control de calidad estable en esta unidad formada por 5 puntos de control, a los cuales se ha unido para el presente estudio la información proporcionada por otros 9 puntos adicionales pertenecientes a la red de control de calidad de la DGRH. Las muestras pertenecientes a la red de calidad del IGME, que cuentan con analítica completa, han sido representadas en un diagrama de Piper (Anexo III) dando como resultado aguas de buena calidad, de tipo bicarbonatado cálcico mayoritariamente.

Las concentraciones de ión cloruro en el agua no suelen alcanzar los 200 mg/L, si bien el mapa de isocontenidos en este ión muestra la presencia de concentraciones muy elevadas cerca de la línea de costa en el extremo sur-oriental de la unidad, junto a la vecina unidad hidrogeológica de la Marina de Llevant. En esta zona se produce un proceso de intrusión marina que ha dado lugar a concentraciones que rondan los 1.600 mg/L de ión cloruro, y conductividades que superan ampliamente los 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los contenidos en ión nitrato y sulfato son en general muy reducidos. Únicamente se registran valores puntualmente elevados de ión nitrato al este de la localidad de Artá, donde la concentración de este ión llega a alcanzar los 70 mg/L (ver mapas Anexo III).

CALIDAD U.H. 18.18 MANACOR

Los datos empleados para el control de la unidad de Manacor provienen de dos puntos de control de la calidad controlados por el IGME y 13 pertenecientes a la red de calidad de la DGRH. La representación en el gráfico de Piper (Anexo III) indica facies hidrogeológicas muy variadas, desde el tipo clorurado sódico hasta el bicarbonatado cálcico, pasando por la

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

sulfatada sódica y todas las facies mixtas. A pesar de este grado de variación, la concentración de ión cloruro no llega a alcanzar los 500 mg/L. Parece que existe un incipiente proceso de intrusión marina en las proximidades del límite, permeable, con la vecina unidad hidrogeológica de la Marina de Llevant. En este sector la conductividad eléctrica supera los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Existe en esta unidad una contaminación por nitratos centrada en el entorno de la localidad de Manacor, que parece deberse más a un proceso de contaminación de origen urbano que no por el empleo de fertilizantes nitrogenados, ya que en esta zona el cultivo de regadío no es destacable. El mapa de isocontenido en este ión indica valores superiores a los 100 mg/L en gran parte de la unidad, llegándose a los 350 en las proximidades de la ciudad de Manacor.

El contenido en ión sulfato se muestra ligeramente superior a los 250 mg/L al noroeste de la localidad de Manacor, superándose puntualmente los 340 mg/L (ver mapas Anexo III).

CALIDAD U.H. 18.19 FELANITX

El IGME cuenta con una red de control de calidad estable constituida por 4 puntos, de los cuales sólo 3 presentan analítica en el período considerado para el presente informe. Este muestreo ha sido completado con otros 6 procedentes de otros tantos puntos de control de la calidad procedentes de la red de la DGRH. Las analíticas completas de los puntos controlados por el IGME han sido representadas en un diagrama de Piper (Anexo III) que indica que se trata en general de aguas de buena calidad, de tipo bicarbonatado cálcico-magnésico, presentándose un único punto con aguas de tipo mixto, de peor calidad (clorurada-bicarbonatada sódica).

El mapa de isocontenidos en ión cloruro muestra en general contenidos inferiores a los 250 mg/L, no mostrándose indicios de intrusión marina, si bien es cierto que no existen suficientes puntos de control en las proximidades de los contactos con la vecina unidad de Marina de Llevant. Los gráficos de evolución del contenido en ión cloruro durante los últimos años indica una tendencia estable en la concentración y en la clasificación del tipo de aguas (Anexo IV).

El mapa de isocontenido en ión nitrato (Anexo III) si marca una anomalía puntual al noroeste de las localidades de S'Horta y Calonge, donde la presencia de un pozo con más de 440 mg/L de ión nitrato genera una importante anomalía en todo el sector. Más al oeste se registran valores de hasta 50 mg/L afianzando así la presencia de un área con problemas de contaminación por la presencia de nitratos. Esta anomalía genera un notable incremento en la conductividad del agua, superando en la zona los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El mapa de isocontenidos en ión sulfato (Anexo III) no muestra ninguna anomalía, estando los valores por debajo de los 100 mg/L en toda la unidad.

CALIDAD U.H. 18.20 MARINA DE LLEVANT

El IGME mantiene únicamente 1 punto (211) en la red de control de calidad de esta unidad, por lo que el estudio de la misma se ha complementado con los datos procedentes de otros 6 puntos pertenecientes a la red de control de la DGRH. La representación en el diagrama de Piper de la analítica completa realizada sobre el punto 211 muestra un agua de tipo netamente clorurado sódico, con contenidos en ión cloruro que superan los 1.400 mg/L, y que históricamente se han mantenido relativamente estables desde 1.996 (ver gráficos de evolución de cloruros y clasificación de Piper en Anexos III y IV). Esta concentración de ión cloruro es muy similar a la registrada en el resto de puntos de control de la DGRH, donde el ión cloruro se muestra dominante en todos los casos, con concentraciones que casi siempre oscilan entre los 1.000 mg/L y los 2.000 mg/L. Así, el mapa de isocontenido en cloruros muestra una intrusión marina generalizada en toda la unidad, que tiene un fiel reflejo en el mapa de isoconductividad, donde se registran valores de entre 2.000 y 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este proceso se debe a la conexión directa del acuífero mioceno con el mar, y a la existencia de numerosas captaciones muy cerca de la línea de costa para el abastecimiento de localidades turísticas. Este hecho acentúa el proceso de intrusión en el entorno de las poblaciones más importantes, como Porto Cristo, Porto Colom y Santanyí.

El mapa de isocontenidos en ión nitrato (Anexo III) refleja contenidos relativamente elevados en el sector Santanyí y Cala Llombars, donde puntualmente se llegan a registrar contenidos de hasta 70 mg/L.

CALIDAD U.H. 18.21 LLUCMAJOR-CAMPOS

En esta unidad hidrogeológica tanto el IGME como la DGRH tienen su propia red de control de calidad, superando en conjunto los 75 puntos de control, de los cuales se ha seleccionado un total de 36 para la elaboración del presente informe. La representación en el gráfico de Piper (Anexo III), de los análisis efectuados en abril y mayo de 2.000 indican que la mayor parte de las muestras corresponden a una facies claramente clorurada. El predominio claro del anión cloruro es indicativo de la existencia de un fuerte y establecido proceso de intrusión marina, tratándose en general de aguas salinas de muy mala calidad.

El mapa de isocontenido en ión cloruro muestra como el proceso de intrusión está generalizado en todo el sector comprendido entre las localidades de Sa Rápita, Campos y Ses Salines, originado por la presencia de varios domos salinos con concentraciones de ión cloruro que superan los 6.000 mg/L y que obedecen a la concentración de bombeos que abastecen a la zona agrícola de Campos. El mapa de isoconductividad también refleja el proceso de intrusión, registrándose valores que rozan los 19.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los gráficos de evolución de la concentración de cloruro (Anexo IV) en el tiempo indican una tendencia general estable o ligeramente descendente en algunos de los puntos representados. Así, al noroeste de Campos (punto 200) y de Ses Salines (punto 208) se registran ligeras tendencias descendentes, si bien las concentraciones siguen superando los 1.000 mg/L de ión cloruro. El resto de sectores muestra una evolución estable.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

Otro factor destacable en esta unidad respecto a la calidad del agua subterránea es la presencia de contenidos elevados de ión nitrato. En el Anexo III se incluye el mapa de isonitratos para abril-mayo de 2.000, donde se observa una concentración superior a los 50 mg/L (máximo para las aguas potables) en casi la totalidad de la unidad, exceptuando tan sólo la franja más septentrional de la unidad, entre Felanitx y Porreres, y un estrecho corredor entre las localidades de Lluçmajor y Campos. Los máximos registrados se localizan al sur de la localidad de Campos, donde se superan los 160 mg/L de ión nitrato.

En cuanto al contenido en ión sulfato, el mapa de isosulfatos del Anexo III recoge la presencia de anomalías coincidentes con los máximos registrados en cuanto a ión cloruro, y que parecen por tanto estar relacionadas con la elevada concentración de sales en disolución debido al proceso de intrusión marina. En estas zonas la concentración en ión sulfato puede llegar a rondar los 1.200 mg/L.

PROBLEMATICA DE LAS DISTINTAS UNIDADES HIDROGEOLOGICAS, TENDENCIAS HISTORICAS Y POSIBLES ACTUACIONES

A continuación se describe brevemente el estado que presentan actualmente cada una de las unidades hidrogeológicas en que se divide la isla de Mallorca, destacando aquellas características que presentan anomalías de importancia, su evolución con respecto a años anteriores, y las posibles actuaciones tendentes a su corrección o recuperación. En el Anexo IV se recogen las evoluciones temporales de la concentración en ión cloruro y de la variación de la facies hidroquímica (clasificación de Piper-Hill-Langelier) para una serie de puntos representativos de cada unidad hidrogeológica o sector de la misma, y de los que se dispone de registro histórico al menos en los últimos 5 años.

EVOLUCIÓN U.H. 18.01 ANDRATX

La unidad hidrogeológica de Andratx presenta en la actualidad aguas de calidad general regular, con altos contenidos en cloruros en el área situada entre las localidades de Andratx y Puerto de Andratx. El nivel freático en esta zona ha sufrido un descenso con respecto al año anterior, si bien la concentración en ión cloruro no es tan elevada.

La tendencia observada a partir de los datos obtenidos de las redes de control del IGME y la DGRH indican que de mantenerse las condiciones actuales de explotación se producirá un deterioro progresivo en la calidad del agua subterránea en el sector situado inmediatamente al Norte del Puerto de Andratx, debido a una progresiva entrada de la cuña de intrusión marina. Evitar el avance de la intrusión hacia sectores adyacentes, y reducir la zona ya afectada requiere la reubicación de las actuales captaciones para abastecimiento y venta de agua en áreas más alejadas de la línea de costa, así como un control riguroso de la profundidad de ubicación de las bombas de extracción para evitar la formación de importantes conos de bombeo. También puede ser necesaria la redistribución de los caudales extraídos aumentando el número de pozos de bombeo y disminuyendo el caudal en cada uno de ellos.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

La presencia de contenidos elevados en ión nitrato se registran por primera vez este año, por lo que no existe ninguna referencia histórica a la evolución de este parámetro en la unidad de Andratx.

EVOLUCIÓN U.H. 18.02 DEIÀ

No existen problemas de intrusión marina detectados en esta unidad, tratándose en general de aguas de buena calidad. No existe riesgo de sobreexplotación dada la escasa densidad de población de la zona. Únicamente existen problemas puntuales de calidad relacionados con la presencia de materiales salinos del Keuper.

EVOLUCIÓN U.H. 18.03 PUIG ROIG

No existen datos suficientes acerca del estado de esta unidad. Su peculiar orografía dificulta el asentamiento urbano, por lo que las captaciones existentes son muy reducidas. En general se trata de una unidad cuyas características deben reflejar las condiciones naturales iniciales, sin que apenas existan modificaciones inducidas por el hombre.

EVOLUCIÓN U.H. 18.04 FORMENTOR

En la actualidad se detectan problemas de intrusión marina en la escama de Cavall Bernat y en la bahía cuaternaria de Pollença. Los datos son muy escasos y es recomendable, para el correcto seguimiento de este proceso y poder proponer las medidas correctoras adecuadas, el establecimiento de una red de control de piezometría y calidad / intrusión de carácter estable.

EVOLUCIÓN U.H. 18.05 ALMADRAVA

Las redes de control piezométrico y de calidad existentes en esta unidad son de escasa entidad, pero ya han detectado la presencia de problemas de intrusión marina, pese a tratarse de una unidad hidrogeológica sin contacto directo con el mar. El gráfico de evolución media de la piezometría de la unidad hidrogeológica a lo largo de los últimos 20 años (Anexo IV) no registra variaciones notables en los niveles, que se mantienen en la actualidad ligeramente inferiores al año 80, pero con una tendencia interanual estable para el conjunto de la unidad. No obstante, el análisis individualizado de los piezómetros indica descensos continuados en algunas áreas, como refleja la evolución de la piezometría del punto 15 (392570285).

De igual manera, el control de la evolución en la concentración de ión cloruro indica un incremento progresivo y muy acusado desde los valores iniciales situados en torno a los 100 mg/L hasta los actuales que superan los 1.500 mg/L en algunos puntos, continuando el deterioro de la calidad con respecto al año 1.999.

EVOLUCIÓN U.H. 18.06 FONTS DE SÓLLER

En general, se trata de una unidad excedentaria en recursos hídricos y con buena calidad de las aguas subterráneas. Tan sólo se detecta intrusión marina incipiente en el entorno del Puerto de Sóller.

Es necesario el establecimiento de una red de control específica que permita caracterizar y efectuar un seguimiento de la zona afectada por intrusión.

EVOLUCIÓN U.H. 18.07 FONTS

El conocimiento de esta unidad es escaso, al no existir redes de control estables. La información disponible indica que se trata en general de aguas de buena calidad, de facies predominantemente bicarbonatada cálcico-magnésica, aptas para riego agrícola y consumo humano. No existen problemas de calidad excepto por la presencia puntual de sulfatos debido a la litología del sustrato rocoso (facies yesíferas del Keuper).

EVOLUCIÓN U.H. 18.08 S'ESTREMERERA

La unidad hidrogeológica de S'Estremera presenta en la actualidad un problema acusado de sobreexplotación, existiendo un déficit apreciable en el balance hídrico, con descensos acumulados del nivel piezométrico que se aproximan a los 100 m en los últimos 25 años (ver gráfico de descensos medios del nivel piezométrico para esta unidad en el Anexo IV), encontrándose en la actualidad a más de 20 m por debajo del nivel del mar en la zona de extracción para el abastecimiento a la ciudad de Palma (punto 16, Estremera 0, Anexo III). El vaciado acumulado de la unidad acuífera se estima en al menos 10 hm³. Pese a la intensa explotación a la que se ve sometida, para el abastecimiento urbano a la capital, no se registran problemas de calidad, debido a que el acuífero se encuentra desconectado del mar.

La recuperación del acuífero requiere una reducción de las extracciones, situándose por debajo de la recarga estimada del sistema, en primer lugar, mientras no se lleven a cabo otras actuaciones que regulen las condiciones de explotación de la unidad (redistribución de captaciones, recarga artificial, etc.). De continuar la explotación en las condiciones actuales se producirá un progresivo agotamiento del acuífero.

EVOLUCIÓN U.H. 18.09 ALARÓ

En la actualidad la unidad hidrogeológica de Alaró no presenta indicios de contaminación, tratándose en general de aguas de buena calidad aptas para riego agrícola y consumo humano. Únicamente la existencia de descensos continuados de los niveles piezométricos en los últimos años indica que se trata de una unidad con riesgo de sobreexplotación, con volúmenes de extracción muy cercanos a los de recarga y en la cual se deben aplicar medidas de control.

El gráfico de evolución media de niveles para la unidad (Anexo IV) muestra descensos medios superiores a los 27 m en los últimos 11 años, y ligeramente superiores a 1 m desde

el año 1.999, verificándose la tendencia negativa de los últimos años. Algunos sondeos de abastecimiento registran descensos similares a los de la unidad de S'Estremera, llegando a descender hasta cotas de -40 m, por debajo del nivel del mar (ver evoluciones piezométricas de los pozos de Can Negret y Son Perot-Fiol, Anexo III).

EVOLUCIÓN U.H. 18.10 UFANES

Se trata de una unidad que no presenta en la actualidad problemas de sobreexplotación, manteniéndose los niveles piezométricos de forma estable en los últimos años, e incluso registrándose un incremento de los niveles desde el año 1.980 de casi 9 m, si bien existe un ligero empeoramiento con respecto al año 1.999, habiéndose producido un descenso ligeramente inferior a 1 m (ver gráfico de evolución media de la piezometría para esta unidad en el Anexo IV).

No se han detectado indicios de contaminación en esta unidad, que continúa manteniendo de forma invariable unas aguas de tipo bicarbonatado cálcico de buena calidad (ver gráficos de Piper, Anexos III y IV), y unos contenidos en ión cloruro inferiores a los 70 mg/L.

EVOLUCIÓN U.H. 18.11 LLANO DE INCA-SA POBLA

Pese a que la evolución media del nivel piezométrico de la unidad presente un balance general estable (ver gráficos de evolución media del nivel piezométrico por UH, Anexo IV), se trata de una unidad que actualmente presenta un riesgo notable de sobreexplotación en determinados sectores, tanto por los descensos continuados del nivel freático que se producen en algunos sectores de la unidad (sectores norte y occidental, ver gráficos de evolución piezométrica del Anexo II) como por la modificación en la calidad del agua (sectores Sa Pobla, Muro, ver gráficos de evolución hidroquímica del Anexo III), registrándose problemas de contaminación importantes en el Llano de Sa Pobla (mitad NE de la unidad) donde la intensa concentración de puntos de extracción de agua ha generado un avance de la cuña de intrusión marina hacia el interior de la unidad. Destaca la presencia de una importante contaminación por nitratos en todo este sector, relacionada con el empleo de fertilizantes nitrogenados en las áreas de regadío. Su concentración máxima llega a multiplicar por 10 los valores máximos fijados por la legislación vigente para aguas de consumo humano.

La evolución del contenido en cloruros del sector Sa Pobla-Muro está directamente condicionada al futuro empleo de las aguas subterráneas, y por tanto a la evolución en el sistema y tipo de cultivo. De continuar los sistemas actuales de regadío intensivo en la zona, la calidad del agua sufrirá un progresivo deterioro debido a que las extracciones provocarán un incremento en la salinización del acuífero. Igualmente, las técnicas de fertilización empleadas continuarán aportando un contenido en nitratos excesivo en el terreno que continuarán percolando hasta alcanzar el acuífero, contribuyendo a la progresiva pérdida de calidad en el mismo.

Las medidas que pueden impedir que continúe el progresivo deterioro del acuífero deben pasar necesariamente por un replanteamiento del sistema tradicional de cultivo, sustituyendo parte del actual regadío por cultivos de secano, menos exigentes en cuanto a

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

consumo de agua, y que permitan por tanto una recuperación de los niveles piezométricos. De igual manera, la futura implantación de un código de buenas prácticas agrarias que regule la fertilización deberá contribuir a una reducción del aporte de nitrógeno susceptible de alcanzar finalmente el acuífero.

En la actualidad tanto la DGRH como el IGME están llevando a cabo un seguimiento exhaustivo de la evolución de la contaminación por nitratos de origen agrario en esta unidad hidrogeológica.

EVOLUCIÓN U.H. 18.12 CALVIÁ

La unidad de Calviá presenta un problema de sobreexplotación, siendo mayor el volumen de las extracciones realizadas que el del agua recargada en el sistema. Este hecho ha dado lugar a un progresivo descenso de los niveles piezométricos, especialmente en la zona de Capdellá, hasta situarse en algunos sectores a cotas inferiores a los -25 m, por debajo del nivel del mar, lo cual ha provocado un proceso de intrusión marina que afecta a la calidad de las aguas subterráneas en todo el sector comprendido entre Capdellá y la línea de costa. Sin embargo, el gráfico de evolución media del nivel piezométrico para toda la unidad indica que en la actualidad los niveles medios son similares a los que se registraban a mediados de los años 80, y registrándose un incremento positivo de los niveles de 6 m con respecto al año 1.999.

La evolución previsible y las medidas correctoras son similares a las presentadas para la unidad 18.01 Andratx.

EVOLUCIÓN U.H. 18.13 NA BURGUESA

La explotación de esta unidad para el abastecimiento propio, y sobre todo, para el abastecimiento urbano de la ciudad de Palma se realiza actualmente por encima de la capacidad de recarga de la unidad, de manera que se ha generado un proceso de sobreexplotación en la misma que queda reflejado no tanto en la variación del nivel piezométrico del acuífero como en la calidad de las aguas subterráneas. Así, la conexión del acuífero liásico con el mar ha dado lugar a un proceso de intrusión marina inducido por el bombeo intensivo, detectándose valores de concentración de cloruros que se han ido incrementando de forma paulatina y continuada, desde valores iniciales próximos a los 200 mg/L de ión cloruro hasta superar actualmente los 6.000 mg/L.

Los niveles piezométricos no presentan variaciones notables, y sólo puntualmente se registran algunos descensos acumulados en los últimos años. El gráfico de evoluciones medias (Anexo IV) indica un descenso relativo muy reducido con respecto a los valores registrados en el año 1984, pudiendo considerarse estable en términos generales.

Para la eliminación de la intrusión marina es necesaria una drástica reducción de las extracciones, compensándose el déficit con recursos procedentes de otras unidades hidrogeológicas o fuentes alternativas.

EVOLUCIÓN U.H. 18.14 LLANO DE PALMA

Presenta una explotación importante y desigual lo que ha dado lugar a un descenso general de los niveles, existiendo en la actualidad varias zonas con piezometría por debajo del nivel del mar, y con valores medios en la unidad del orden de 1 m por debajo de la media del año 1.980, habiéndose alcanzado un mínimo histórico tras el verano del presente año (ver evolución media de la piezometría de la unidad en el Anexo IV). Ello ha provocado un proceso de intrusión marina, fundamentalmente en el entorno del Plá de Sant Jordi y el sector del Pont d'Inca, con la consiguiente pérdida de la calidad del agua subterránea. Así, en el entorno del Pont d'Inca, donde se concentran las extracciones que se realizan en esta unidad para el abastecimiento a la ciudad de Palma, se registran concentraciones de ión cloruro que llegan a superar los 6.000 mg/L.

En el sector del Plá de Sant Jordi, el problema de la intrusión marina se ve acrecentado por las importantes concentraciones de nitratos procedentes tanto de la utilización de abonos nitrogenados como del empleo en los últimos años de aguas residuales depuradas para el riego agrícola. A medio plazo, el proceso de intrusión generalizado en todo el sector del Plá de Sant Jordi parece haber experimentado un notable descenso como consecuencia de la reducción en las extracciones del acuífero al emplearse los caudales procedentes de la depuradora de Palma. No ocurre lo mismo con el corredor salino que une la línea de costa con el sector del Pont d'Inca donde se registra un aumento notable en la concentración salina durante los últimos años.

Las actuaciones necesarias para la mejoría de la situación actual incluyen la reducción de las extracciones en el sector del Pont d'Inca y la reubicación de nuevas captaciones en zonas más internas de la unidad (Santa Eugenia-Algaida), así como actuaciones conducentes a una reducción de la demanda o en su defecto suplementarla con recursos alternativos (recarga, importación desde otras unidades, desaladoras, etc.).

EVOLUCIÓN U.H. 18.15 SIERRAS CENTRALES

Pese a que el balance de la unidad resulta positivo, el volumen de las extracciones en la unidad se aproxima a la recarga estimada, por lo que un incremento significativo en las extracciones puede poner a la unidad en riesgo de sobreexplotación. No existen datos suficientes para evaluar correctamente la evolución de los niveles, que parecen en líneas generales, presentar descensos acumulados en el tiempo. La calidad del agua subterránea en la unidad es buena, no existiendo indicios de contaminación.

EVOLUCIÓN U.H. 18.16 MARINETA

La piezometría media de la unidad registra un descenso continuado de los niveles desde los valores iniciales del año 1.980, si bien es de escasa cuantía ya que apenas supera los 0,5 m de descenso medio en toda la unidad.

El acuífero de La Marineta presenta en la actualidad aguas de baja calidad en un sector paralelo a la línea de costa y que avanza más de 3 km hacia el interior de la unidad. En esta zona las aguas son predominantemente cloruradas sódicas por el progresivo avance de la

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

intrusión de agua de mar, alcanzándose concentraciones de ión cloruro que superan los 2.200 mg/L.

La tendencia observada en la evolución de la concentración de cloruros en los últimos años hace pensar que de continuar con la explotación del acuífero en las condiciones actuales se producirá un progresivo avance del frente de intrusión salina hacia el interior de la unidad. Para frenar este proceso es necesario el control riguroso de los caudales de bombeo en estas zonas para evitar que la intrusión se convierta en un hecho generalizado que puede extenderse rápidamente a los sectores adyacentes de la unidad.

EVOLUCIÓN U.H. 18.17 ARTÁ

En general, se trata de una unidad excedentaria sin problemas de intrusión marina. Los niveles piezométricos se mantienen altos en casi toda la unidad, existiendo un área de riesgo en el sector situado al norte de Son Servera y en las zonas limítrofes con la vecina unidad de Marina de Llevant, donde los niveles se encuentran cercanos a la cota cero, y la calidad del agua se ve afectada por la presencia de altos contenidos de ión cloruro (hasta 1.600 mg/L). En el resto de la unidad predominan las aguas de buena calidad, sólo ocasionalmente alterada por la presencia de nitratos al este de la localidad de Artá (70 mg/L).

El porcentaje de explotación de esta unidad es elevado en las localidades costeras próximas a Capdepera. Es necesario un control riguroso de las explotaciones para evitar el riesgo de intrusión marina en este sector (costa oriental).

EVOLUCIÓN U.H. 18.18 MANACOR

El balance hídrico de la unidad es excedentario, pero no se tienen datos suficientes para determinar la evolución temporal de los niveles piezométricos en esta unidad.

Se han registrado problemas de intrusión marina en el límite oriental de la unidad, debido a la existencia de comunicación hidráulica con la vecina unidad 18.20 Marina de Llevant, y como consecuencia de las intensas extracciones que se realizan para el abastecimiento a la localidad costera de Porto Cristo.

También son importantes los problemas de contaminación por la presencia de nitratos, probablemente resultado de la actividad urbana, ya que el desarrollo agrícola en la zona no es intensivo. Las concentraciones registradas llegan a superar los 350 mg/L de ión nitrato.

EVOLUCIÓN U.H. 18.19 FELANITX

La piezometría de la unidad de Felanitx muestra valores iniciales altos, si bien la evolución media de los niveles indica un progresivo descenso que se acerca a los 4 m desde el año 1.980 hasta la actualidad, y de 1 m respecto al año 1.999. Igualmente, se registran conos de bombeo con cotas cercanas a los 10 m bajo el nivel del mar en las proximidades de la vecina unidad de Marina de Llevant. La posible permeabilidad del contacto entre ambas

unidades constituye un riesgo real de que se inicie un proceso de intrusión marina en la unidad de Felanitx.

La calidad del agua es buena, con aguas generalmente de tipo bicarbonatado cálcico-magnésico excepto en algunos puntos donde hay una excesiva concentración de nitratos, procedentes de la contaminación a partir de fosas sépticas en sectores no conectados a la red de alcantarillado, registrándose concentraciones de ión nitrato que superan casi en 9 veces (440 mg/L) el límite establecido para aguas potables (50 mg/L).

EVOLUCIÓN U.H. 18.20 MARINA DE LLEVANT

Se trata de una unidad hidrogeológica excedentaria en recursos de agua subterránea pero que dadas sus peculiares características (un único acuífero muy permeable y transmisivo, conectado directamente con el mar, y una elevada concentración de bombeos en puntos muy localizados y cercanos a la línea de costa para el abastecimiento de localidades turísticas) han sufrido en los últimos años una progresiva salinización, más acusada en los sectores cercanos a núcleos de población importantes, donde la concentración de ión cloruro en las aguas subterráneas supera los 2.000 mg/L, incrementándose progresivamente en los últimos años. La conexión hidráulica existente en determinados sectores con las unidades vecinas de Manacor y Felanitx está determinando que en algunos sectores el proceso de intrusión marina comience a extenderse a dichas unidades.

El análisis de las facies hidroquímicas y de las principales relaciones iónicas confirman el proceso general de avance de la intrusión, con aguas predominantemente cloruradas sódicas o de tipo mixto (clorurado-bicarbonatado-sulfatado calcico-sódico-magnésico).

La tendencia observada en los últimos años pone de manifiesto el progresivo avance de la intrusión, debido a las características del acuífero mioceno y a la concentración de bombeos para el abastecimiento de las poblaciones turísticas. Los bombeos intensos que se localizan al oeste de la localidad de Porto Colom son un claro ejemplo de este proceso, cuya solución pasa por la redistribución de las captaciones existentes hacia el vecino acuífero dolomítico.

En el último año se han empezado a constatar indicios de contaminación por nitratos en los alrededores de la localidad de Santanyí y Cala Llombars, con concentraciones ligeramente superiores a las permitidas por la legislación para su consumo humano.

Para que el proceso de intrusión no se prolongue dentro de las unidades vecinas es necesario determinar mediante estudios hidrogeológicos específicos el tipo de límite que separa ambas unidades, con el objeto de reubicar las captaciones para el abastecimiento en las unidades hidrogeológicas adyacentes, en zonas donde no exista conexión hidráulica entre el acuífero mioceno de la Marina de Llevant y el dolomítico de Felanitx, Manacor y/o Artá. Adicionalmente se deben reducir las extracciones actuales mediante planes de ahorro conducentes a reducir la demanda, y el uso de aguas residuales depuradas para el riego de parques, jardines y campos de golf.

EVOLUCIÓN U.H. 18.21 LLUCMAJOR-CAMPOS

La evolución piezométrica media de la unidad presenta un descenso superior a los 2 m desde comienzos del año 1.980, si bien durante los últimos años la tendencia ha sido estable para el conjunto de la unidad. Por sectores, el sector comprendido entre Campos y Felanitx registra los mayores descensos, que pueden alcanzar los 9 m en los últimos 20 años. Los mapas de isopiezas indican que existe un amplio sector con cotas de nivel de agua muy próximas e incluso por debajo del nivel del mar, reflejo de la fuerte extracción que se produce en estos sectores para el regadío. Estas extracciones han dado lugar a una progresiva pérdida de la calidad del agua por procesos de intrusión marina que se ven acrecentados por la necesidad de extraer caudales superiores a los normales para compensar la salinidad. El resultado son aguas netamente cloruradas sódicas con contenidos en ión cloruro que superan puntualmente los 6.000 mg/L. Asociado al desarrollo agrícola se han detectado concentraciones elevadas de ión nitrato, que en general superan los 50 mg/L en buena parte de la unidad.

La solución del problema implica necesariamente la reducción de las extracciones en la zona de regadío, complementando la dotación a partir de fuentes alternativas tales como el empleo de aguas residuales depuradas. Es recomendable también profundizar en el conocimiento de las características del umbral que separa el Llano de Campos del sector Porreres-Felanitx, para cuantificar el riesgo de afección del proceso de intrusión marina en este último sector, amenazado por un progresivo deterioro de la calidad en los últimos años. Para ello sería recomendable la elaboración de un modelo matemático de flujo y transporte, con el objeto de determinar en última instancia los emplazamientos idóneos para las nuevas captaciones que se realicen en esta unidad, y poder predecir los efectos en la evolución de la calidad del agua en el acuífero.

GLOSARIO DE TÉRMINOS HIDROGEOLÓGICOS

ACUÍFERO: Rocas o sedimentos cuyos poros, grietas y fisuras pueden ser ocupados por el agua y en los que ésta puede circular libremente, en cantidades apreciables, bajo la acción de la gravedad.

Existen otras definiciones que dan idea de un aprovechamiento económico del agua encerrada en un acuífero: aquel estrato o formación geológica que permitiendo la circulación del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para subvenir a sus necesidades.

ACUÍFERO CONFINADO: Acuífero limitado en su parte superior por una capa de permeabilidad muy baja, a través de la cual el flujo es prácticamente inapreciable. El agua contenida en los mismos está sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica, y ocupa la totalidad de los poros y huecos de la formación geológica que los contiene.

ACUÍFERO COSTERO: Tipología de acuífero en función de su ubicación geográfica, en este caso situado en contacto hidráulico con el mar, y, por tanto, tiene una zona invadida por agua salada.

ACUÍFERO SALINO (o salinizado): Acuífero caracterizado por que sus aguas subterráneas presentan un alto contenido en sales disueltas que impiden su utilización para cualquier uso consuntivo.

ACUÍFERO SOBREEXPLOTADO: Se considera un acuífero sobreexplotado cuando se está poniendo en peligro inmediato la subsistencia de los aprovechamientos existentes en el mismo, como consecuencia de venirse realizando extracciones anuales superiores al volumen medio de los recursos anuales renovables, o que se produzca un deterioro grave de la calidad del agua. La existencia de riesgo de sobreexplotación se apreciará también cuando la cuantía de las extracciones referida a los recursos renovables del acuífero genere una evolución de éste que ponga en peligro la subsistencia a largo plazo de sus aprovechamientos. . El concepto de sobreexplotación caracteriza una situación en la que se manifiestan efectos indeseables. Estas situaciones no tienen una definición sencilla, el problema radica en que la determinación del óptimo de una explotación no es fácil, ya que son múltiples y diversos (económicos, de calidad, ecológicos) los criterios de aplicación.

ACUÍFEROS LIBRES: Acuífero en el que el material permeable se extiende hasta la superficie. En ellos, la superficie libre del agua está en contacto directo con el aire y por lo tanto a presión atmosférica.

CABALGAMIENTO: Movimiento tectónico que lleva a un conjunto de materiales a cubrir a otro mediante un contacto anormal poco inclinado (superficie de cabalgamiento). También, recubrimiento resultante de este movimiento (lámina o escama de cabalgamiento).

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

DETRÍTICOS (materiales): Rocas constituidas por la acumulación de fragmentos de diversa naturaleza y tamaño. Las partículas constituyentes reciben distintos nombres según su tamaño, que de menor a mayor diámetro son, **arcilla**, limo, arena y grava, denominaciones válidas también para los sedimentos correspondientes. El comportamiento frente a la circulación hídrica puede variar en las rocas constituidas por los mayores tamaños de grano, que son los que por su permeabilidad presentan interés hidrogeológico, según que los granos estén o no trabados con la presencia de una matriz (constituida por granos de menor tamaño) o cemento (de precipitación química). Las arcillas tienen una permeabilidad muy baja.

FACIES: Categoría en la que se puede encuadrar un elemento en función de sus características. Por ejemplo, una roca en función de sus características litológicas, o una muestra de agua en función de sus características físico-químicas.

INFRALÍAS: División estratigráfica que comprende al Rhetiense (actualmente situado en el Triás, pero antes en el Jurásico) y el Hettangiense (era secundaria).

INTRUSIÓN MARINA: Penetración tierra adentro de la interfase agua dulce-agua salada en los acuíferos costeros por el efecto inducido artificialmente (bombeos) de reducción significativa en el flujo subterráneo de agua dulce que originalmente descargaba al mar

KEUPER: Parte del Triásico superior (era secundaria) donde se encuentran generalmente arcillas rojas y verdes con yesos.

LÍAS: Parte inferior del Jurásico (era secundaria). Adj. **liásico**.

MARGAS: Roca sedimentaria formada por una mezcla de caliza y arcilla. La permeabilidad es muy baja

PIEZÓMETRO: Pozo o sondeo utilizado para medir la altura piezométrica en un punto dado del acuífero

POZO: Perforación de gran diámetro realizada en el suelo (superior a 1 metro) mediante excavación manual y destinada a la extracción de agua subterránea

RECARGA ARTIFICIAL: Es la introducción forzada (no natural) del agua en un acuífero para aumentar la disponibilidad y/o mejorar la calidad del agua subterránea.

RECURSOS: Es una cifra equivalente al total de la recarga o alimentación de un acuífero. Sus unidades son las de un caudal y se suelen referir a un tiempo determinado.

ROCAS CALIZAS: Rocas sedimentarias constituidas esencialmente por carbonato de calcio. El comportamiento frente a la circulación hídrica está favorecido por la presencia de huecos por disolución de la caliza y por fisuras debidas a la fracturación de la roca.

ROCAS DOLOMÍTICAS: Rocas sedimentarias constituidas esencialmente por carbonato de calcio y magnesio. El comportamiento frente a la circulación hídrica está favorecido

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

por la presencia de huecos por disolución de la caliza y por fisuras debidas a la fracturación de la roca.

SONDEO: Perforación realizada en el suelo por medios mecánicos destinado a la explotación de un acuífero con diámetros inferiores a 1 m

SUPERFICIE FREÁTICA (o nivel freático): constituye el límite superior de la zona saturada de un acuífero libre. Es lo mismo que el nivel piezométrico pero para acuíferos libres.

SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA (o nivel piezométrico): Superficie definida por todos los puntos en los que la presión del agua de un acuífero libre o confinado es igual a la presión atmosférica. Su geometría puede establecerse a partir de las observaciones del nivel piezométrico en un número suficiente de pozos que penetren en la zona saturada del acuífero.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS: Uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua.

USO CONSUNTIVO: Captación de un recurso hídrico de su ubicación natural para utilizarlo con fines domésticos, agrícolas e industriales

YESOS: Roca formada por sulfato de calcio hidratado. El comportamiento frente a la circulación hídrica esta condicionado por la baja permeabilidad del yeso excepto cuando existan presencia de huecos por disolución del yeso y por fisuras debidas a la fracturación de la roca

ZONA SATURADA: Zona de un acuífero en la que los poros están ocupados en su totalidad por agua.

ANEXO I

(Situación)

- **Mapa de Unidades Hidrogeológicas**
- **Tabla de puntos de la red de piezometría**
- **Mapa de situación de la red piezométrica**
- **Tabla de puntos de la red de calidad**
- **Mapa de situación de la red de calidad**

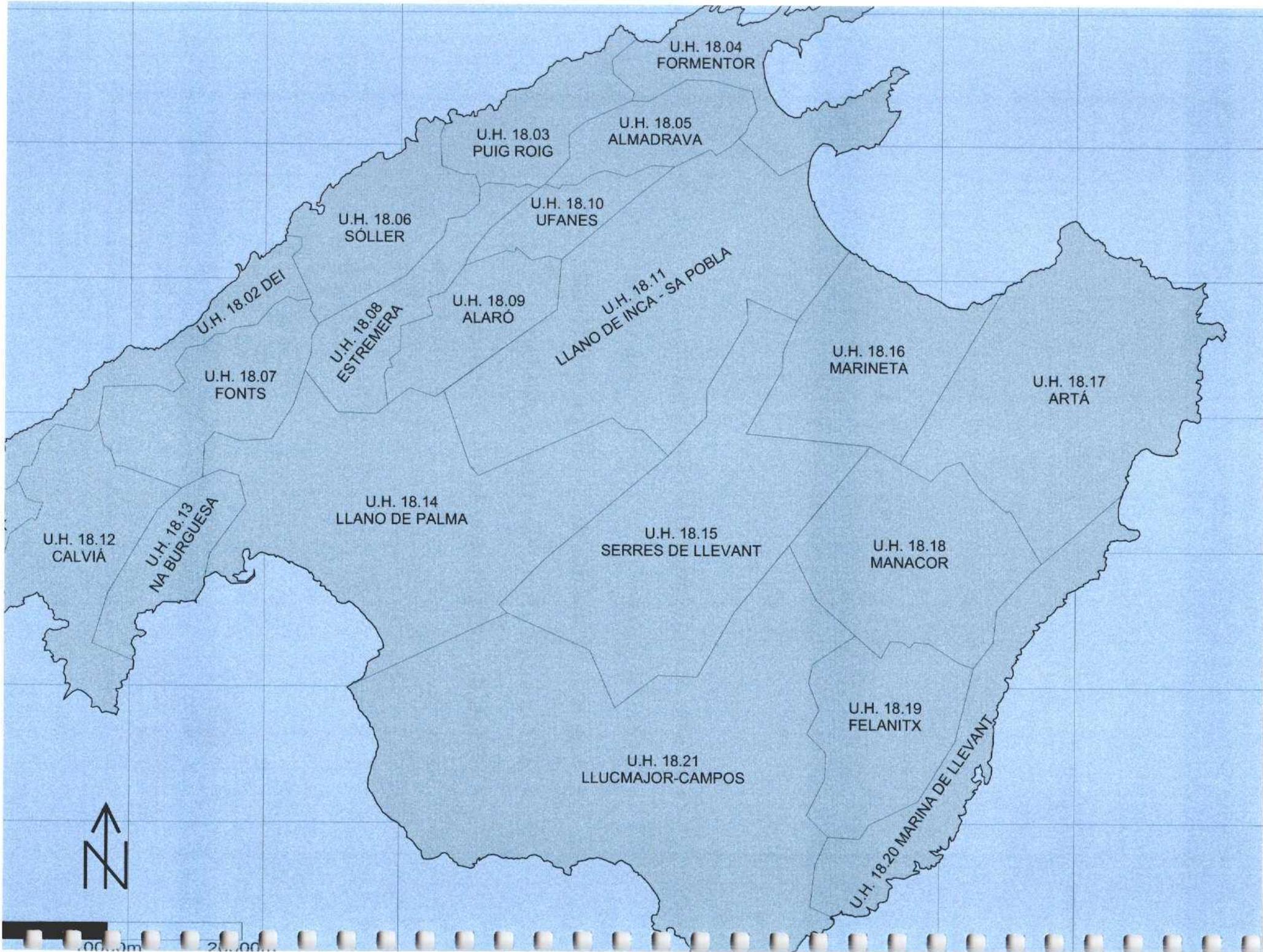


GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics



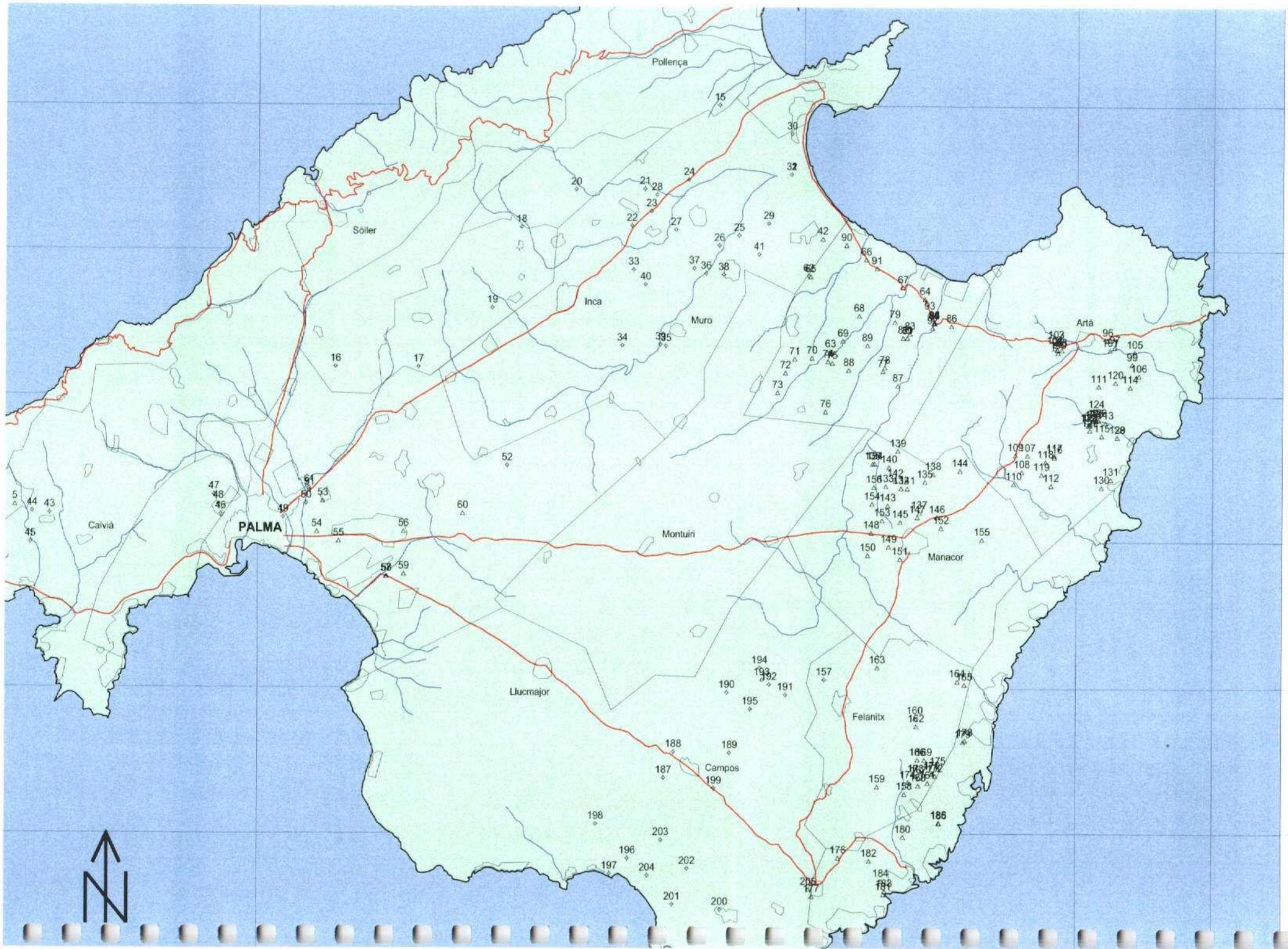
Instituto Geológico
y Minero de España



- 18.01 AN
- 18.02 DE
- 18.03 PU
- 18.04 FC
- 18.05 AL
- 18.06 SC
- 18.07 FC
- 18.08 ES
- 18.09 AL
- 18.10 UF
- 18.11 IN
- 18.12 CA
- 18.13 NA
- 18.14 LL
- 18.15 SI
- 18.16 M/
- 18.17 AF
- 18.18 M/
- 18.19 FE
- 18.20 M/
- 18.21 LL



000m 2000m



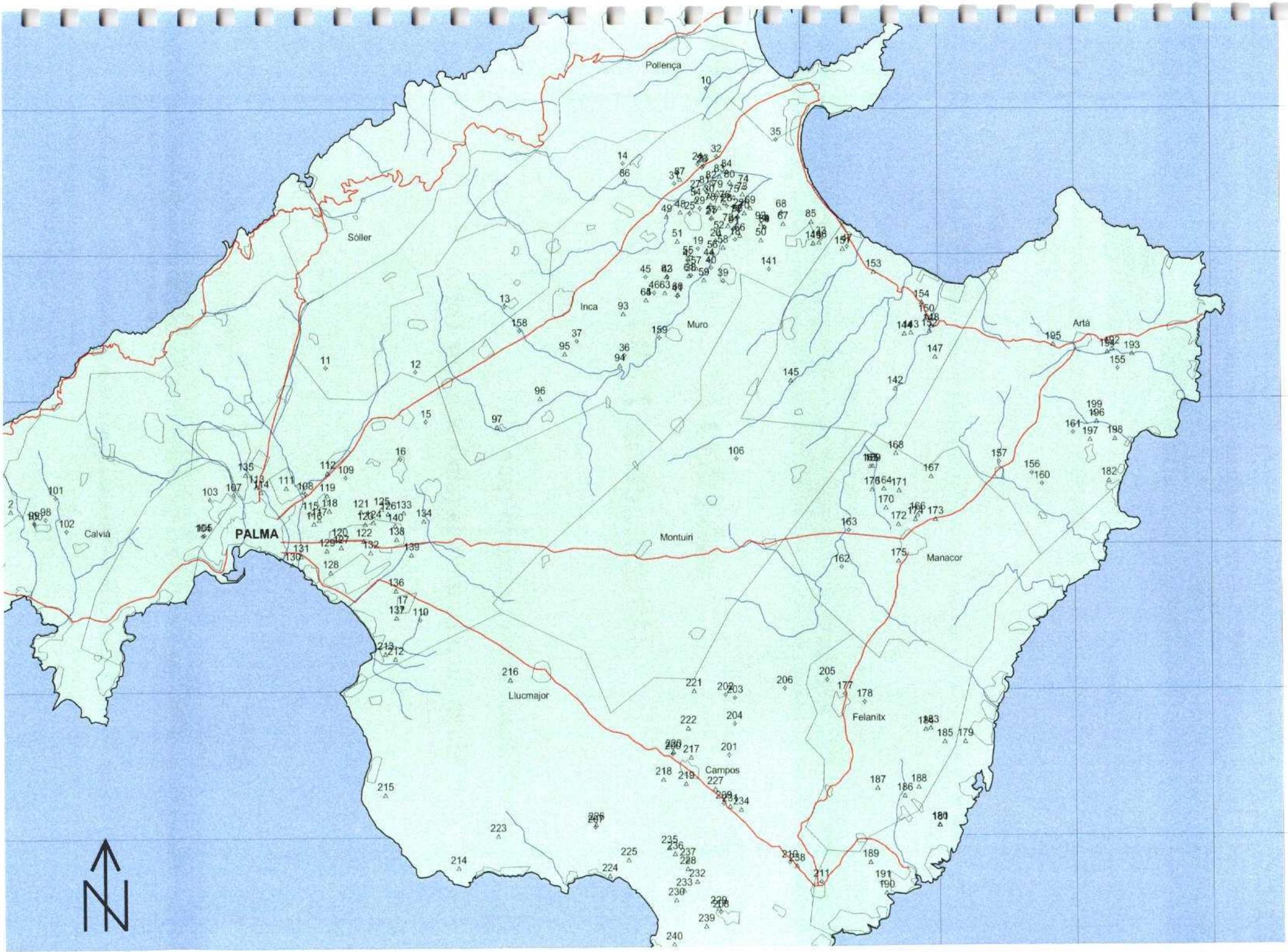
LE

TABLA II. RED DE CONTROL DE CALIDAD
MALLORCA (1º SEMESTRE 2.000)

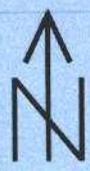
Nº ID	IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM	Nº ID	IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM	
1	372780082	1	450106	4379325	67		227	11	508760	4402080
2	Pou-1	1	452085	4382450	68		232	11	508628	4402893
3	Pou-2	1	451225	4381600	69		265	11	506340	4403170
4	Pou-3	1	449680	4380400	70		267	11	505900	4402812
5	Pou-4	1	450435	4380160	71		269	11	505279	4402480
6	Pou-6	1	449570	4381245	72		271	11	504721	4401947
7	Pou-7	1	447925	4381450	73		294	11	505770	4404107
8	Pou-8	1	447395	4381230	74		296	11	505862	4404604
9	Pou-9	1	450095	4379985	75		299	11	505134	4403921
					76		301	11	504489	4403533
10	392570287	5	503148	4411443	77		303	11	504077	4403195
					78		318	11	503444	4403389
11	382670003	8	475221	4392250	79		320	11	503962	4404261
					80		323	11	504841	4404941
12	382680039	9	481802	4391948	81		332	11	503046	4404551
13	392650123	9	488344	4396443	82		334	11	503517	4404910
					83		336	11	504106	4405347
14	392620140	10	497030	4406250	84		338	11	504634	4405661
					85		358	11	510795	4402209
17	382780836	11	480800	4375720	86	500 Son Ferragut ??		11	497190	4405040
18	392630144	11	505221	4401007	87	501 Son Ferragut 2 ??		11	501200	4405150
19	392630194	11	502520	4400383		Muro 15				
20	392630492	11	503814	4400922	88	13 Fuente Sont San Joan		11	507382	4401866
21	392630672	11	503475	4402422	89	13 Fss Sondeo		11	507380	4401860
22	392630820	11	505494	4402980		Muro				
23	392630890	11	502936	4406068	90		6	11	505406	4402603
24	392630891	11	502513	4406179	91		7	11	505144	4401801
25	392630899	11	501927	4402783	92		10	11	507122	4402072
26	392630963	11	502829	4405975		Inca				
27	392631060	11	502349	4404254	93		61	11	497032	4395910
28	392631149	11	504626	4403318	94		79	11	496779	4392339
29	392631494	11	502666	4403132	95		94	11	492729	4393160
30	392631524	11	503354	4403941	96		113	11	490900	4390080
31	392631629	11	500799	4404866	97		122	11	487765	4388126
32	392631711	11	503886	4406722		Marineta				
33	392640017	11	511530	4401049	146	Santa Eulalia		11	511375	4400790
34	392640079	11	507382	4401866	149	S'Hort de'n sacco		11	510950	4400735
35	392640935	11	508229	4407857						
36	392660048	11	497118	4393041	98		372740027	12	454651	4381889
37	392660183	11	493630	4394040	99		372780102	12	453801	4381662
38	392670077	11	501995	4398544	100		372780103	12	453835	4381579
39	392670096	11	504345	4398170	101		382710054	12	455385	4383379
40	392670119	11	503484	4399059	102		382750100	12	456178	4381081
41	392670282	11	501001	4397134						
42	392670325	11	501804	4399536	103		382720112	13	466726	4383207
43	392670356	11	500268	4398456	104		382760019	13	466198	4380716
44	392670399	11	503337	4399582	105		382760021	13	466309	4380755
45	392670435	11	498689	4398445						
46	392670460	11	499314	4397355	107		382720049	14	468469	4383506
141	392680126	11	507701	4398963	108		382730288	14	473717	4383578
158	392650162	11	489400	4394760	109		382730296	14	476674	4384681
159	392670514	11	499670	4394260	110		382780827	14	482115	4374885
	Sa Pobla				15		382740126	14	482550	4388500
48	8	11	501221	4402888	16		382740127	14	480672	4385936
49	13	11	500238	4402599	111		30	14	472361	4383992
50	15	11	507125	4400950	112		71	14	475348	4385002
51	19	11	501011	4400898	113		78	14	470139	4384069
52	43	11	504057	4401445	114		79	14	470484	4383712
53	66	11	503544	4402519	115		246	14	474085	4382227
54	82	11	502374	4403714	116		264	14	474354	4381524
55	91	11	501791	4399726	117		268	14	474724	4381777
56	109	11	503586	4400111	118		318	14	475474	4382413
57	114	11	502392	4399023	119		326	14	475313	4383469
58	121	11	504339	4400462	120		343	14	476216	4380401
59	142	11	502951	4398235	121		375	14	477788	4382350
60	152	11	501021	4397244	122		395	14	477998	4380337
61	159	11	501863	4398531	123		429	14	478104	4381483
62	171	11	500224	4398472	124		431	14	478695	4381609
63	173	11	500089	4397358	125		442	14	479285	4382508

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

TABLA II. RED DE CONTROL DE CALIDAD (continuación)										
MALLORCA (1º SEMESTRE 2.000)										
Nº ID	IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM		Nº ID	IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM
129		587	14	475289	4379677	188	E-12 Ses Cegues	19	518488	4363330
130		636	14	472798	4378720					
131		659	14	473413	4379296	211	392880056	20	511356	4356834
132		872	14	478489	4379527	179	725-2-16	20	521906	4366440
133		926	14	480912	4382256	180	E-13 Marselleta 3	20	520000	4360750
134		932	14	482394	4381683	181	E-14 Marselleta 2	20	520030	4360720
135		986	14	469349	4384911	189	Mondragó A Na Xot	20	514950	4358170
136		1271	14	480320	4376921	190	Mondragó B Forestales	20	516100	4356050
137		1369	14	480360	4375051	191	Mondragó C Simonet	20	515840	4356750
138		1554	14	480384	4380439					
139		1617	14	481478	4379373	200	392830161	21	500534	4365626
140		1653	14	480285	4381389	201	392830181	21	504643	4365559
	Llucmajor					202	392830187	21	504396	4369676
212	723-4-5		14	480280	4372220	203	392830189	21	505080	4369463
213	723-4-6		14	479550	4372570	204	392830190	21	505048	4367700
						206	392840042	21	508742	4370101
106	392730112		15	505240	4385880	207	392860111	21	494855	4360661
						208	392870166	21	503977	4354754
47	402610003		16	513426	4400502	209	392870243	21	504234	4362252
142	700-1-200		16	516887	4390717	210	392880028	21	509051	4358185
143	A-7187		16	518066	4394575	214	723-8-2	21	484850	4357890
144	A-7188		16	517585	4394510	215	723-8-5	21	479510	4362940
145	Mont Blanc		16	509277	4391298	216	724-1-2	21	488660	4370750
147	Ses Cabanases		16	519809	4392895	217	724-3-4	21	501869	4365410
148	Ses Pastores		16	519542	4395055	218	724-3-6	21	499850	4363900
150	S'Hort Nou		16	519201	4395670	219	724-3-8	21	501495	4363610
151	Son Baulo		16	513100	4400355	220	724-3-9	21	500578	4365790
152	Son Millaret		16	519407	4394680	221	724-3-10	21	502110	4369950
153	Son Real		16	515342	4398763	222	724-3-72	21	501670	4367400
154	Son Serra		16	518855	4396670	223	724-5-3	21	487755	4360070
						224	724-6-5	21	495900	4357300
155	402670303		17	533172	4392043	225	724-6-7	21	497300	4358400
156	402720077		17	526870	4384860	226	724-6-9	21	494908	4360840
157	402720078		17	524480	4385630	227	724-7-1	21	503635	4363240
160	402730269		17	527610	4384120	228	724-7-3	21	501592	4357770
161	402730270		17	529890	4387630	229	724-7-4	21	503830	4355020
	M. Llevant					230	724-7-5	21	500750	4355600
182	700-3-84		17	532500	4384320	231	724-7-8	21	504689	4362050
192	672-7-27		17	532773	4393400	232	724-7-9	21	502280	4356870
193	672-8-26		17	534226	4393070	233	724-7-10	21	501317	4356260
194	672-7-36 b		17	532420	4393195	234	724-7-11	21	505504	4361830
195	672-7-49		17	528476	4393740	235	724-7-12	21	500250	4359210
196	Son Xerubi SS7		17	531607	4388380	236	724-7-15	21	500663	4358800
197	Son Comparet SS9		17	531131	4387140	237	724-7-16	21	501595	4358348
198	SS-C		17	532960	4387205	238	724-8-4	21	509578	4357935
199	Ca'n Pasta SS5		17	531440	4388970	239	748-3-1	21	502930	4353780
						240	748-3-2	21	500570	4352550
162	402750236		18	512950	4378430					
163	402750237		18	513490	4380949					
164	700-1-1		18	516037	4383813					
165	700-1-14		18	515085	4385358					
166	700-1-19		18	518500	4382000					
167	700-1-21		18	519495	4384650					
168	700-1-57		18	516913	4386244					
169	700-1-7		18	515233	4385354					
170	700-1-87		18	516183	4382490					
171	700-1-A		18	517145	4383673					
172	700-5-76		18	517093	4381361					
173	700-5-89		18	519797	4381703					
174	700-5-95		18	518344	4381701					
175	CGTCC		18	517089	4378829					
176	Vivero		18	515182	4383746					
177	402810005		19	513147	4369705					
178	402810090		19	514571	4369159					
205	392840021		19	511857	4370684					
	M. Llevant									
183	725-1-32		19	519382	4367370					
184	725-1-49		19	519024	4367280					



De ma...



LE
▲

ANEXO II

(Piezometría 2.000)

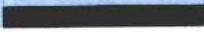
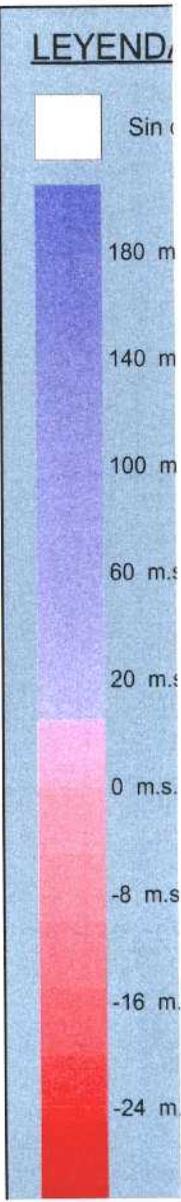
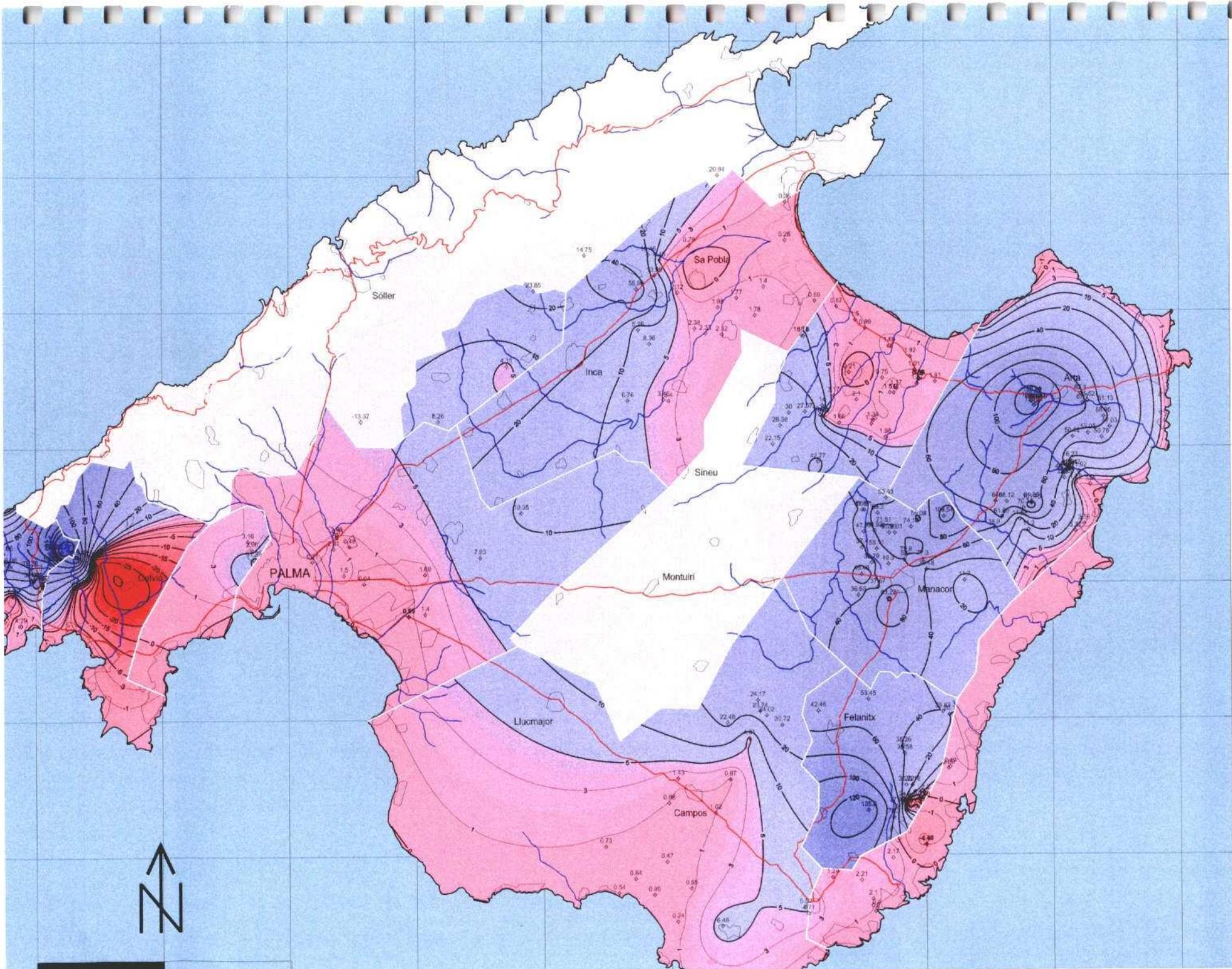
- **Mapa de piezometría (por U.H.)**
- **Mapa de piezometría (sin delimitar U.H.)**

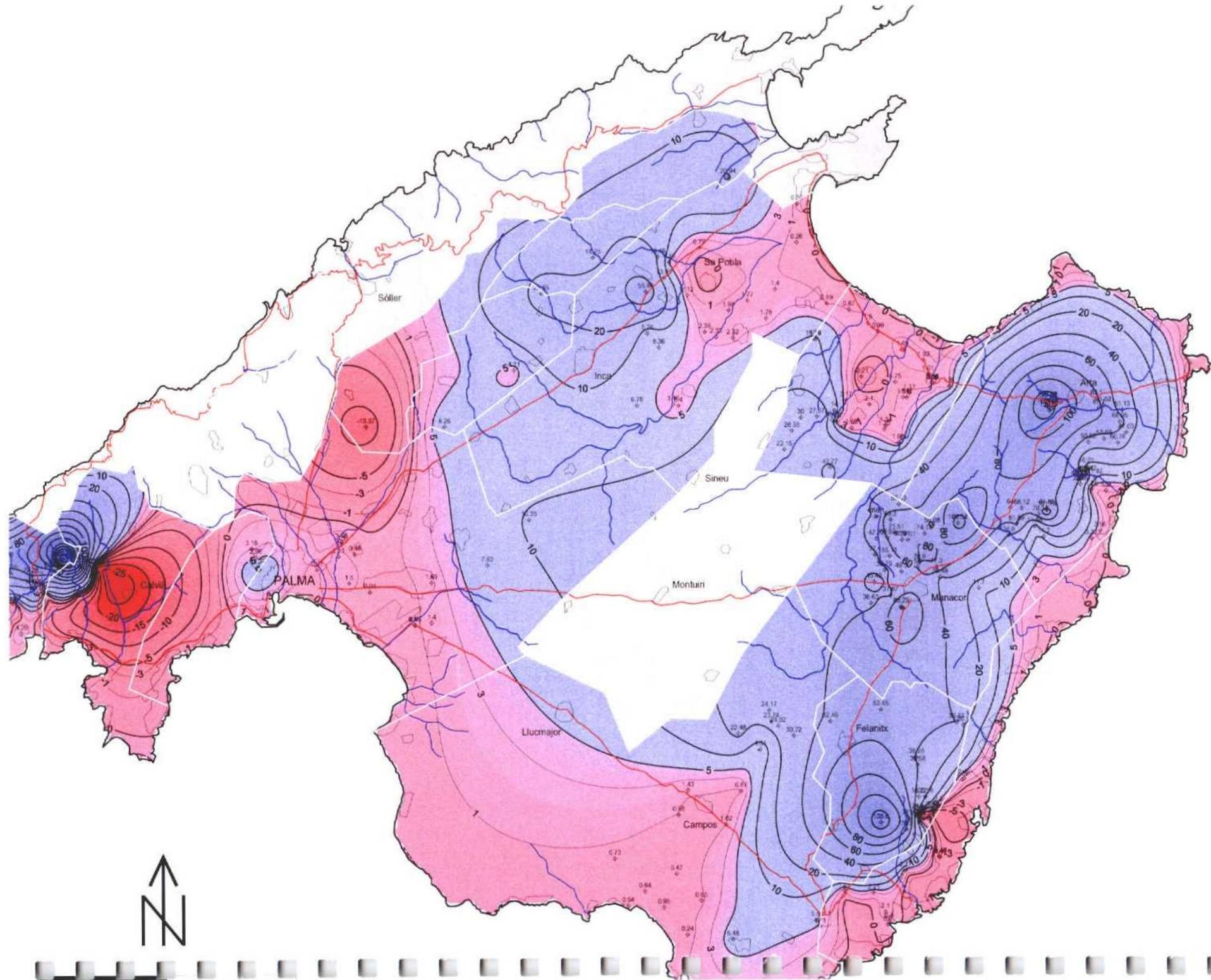


GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics

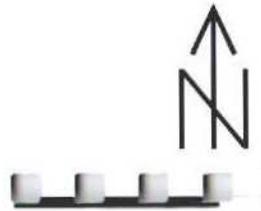
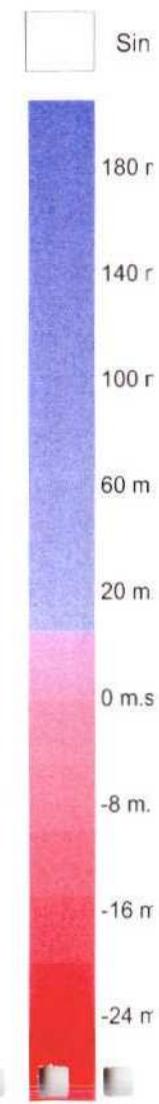


Instituto Geológico
y Minero de España





LEYEND



ANEXO III

(Calidad 2.000)

- **Diagramas de Piper (facies hidroquímica) año 2.000**
- **Mapa de isoconductividad**
- **Mapa de isocloruros**
- **Mapa de isonitratos**
- **Mapa de isosulfatos**



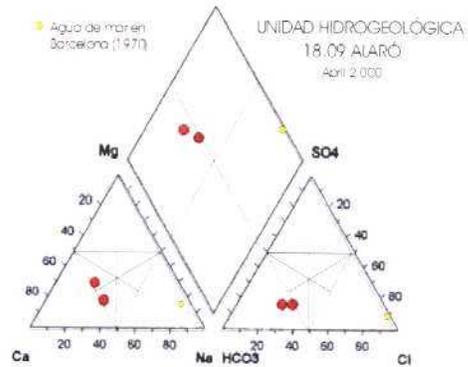
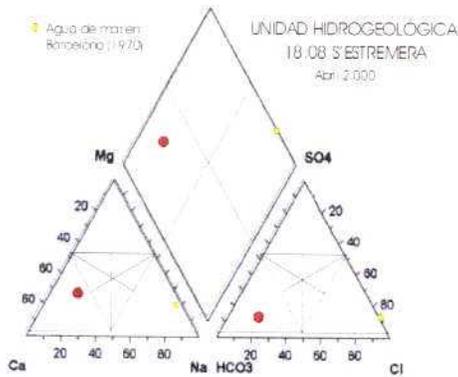
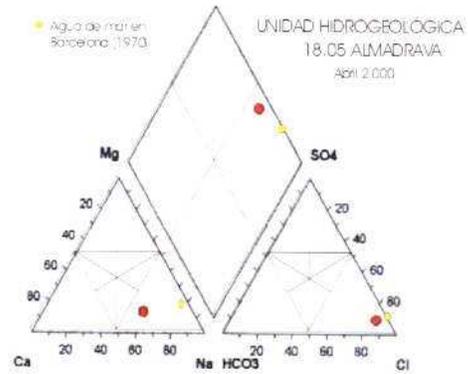
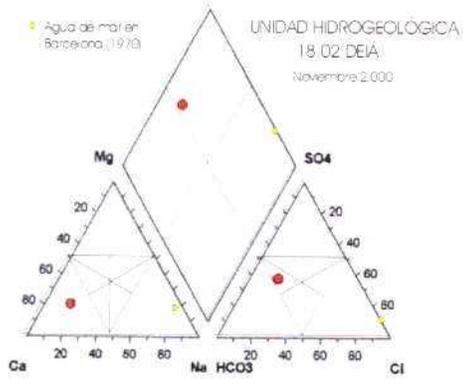
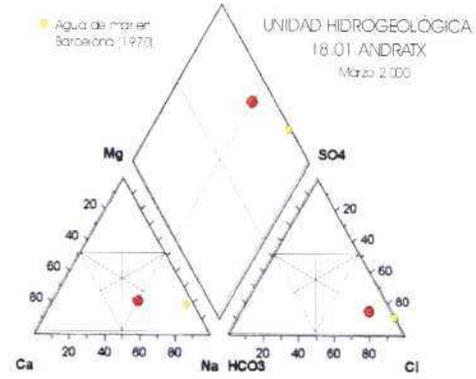
GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics



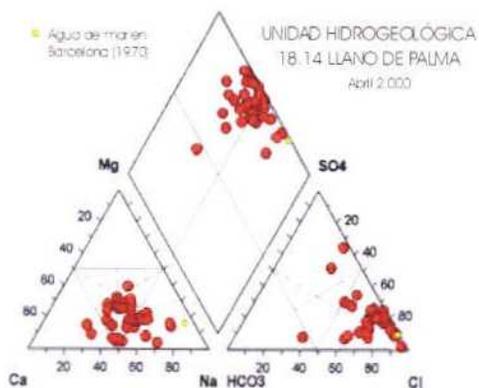
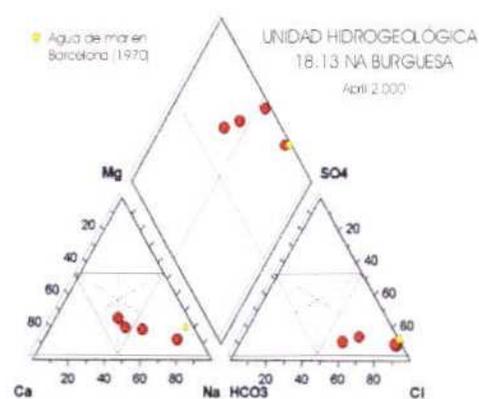
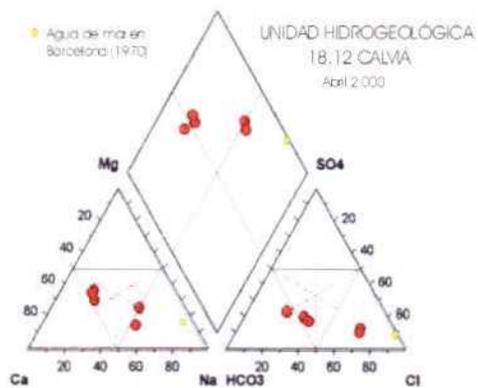
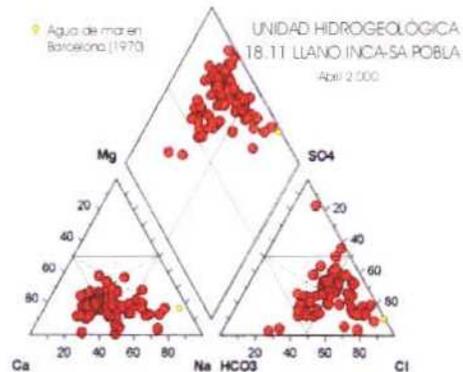
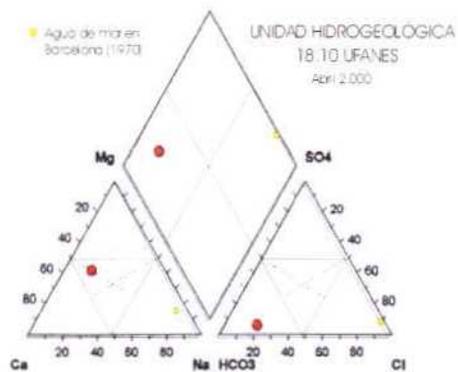
Instituto Geológico
y Minero de España

TIPOLOGÍA DE AGUAS. CLASIFICACIÓN DE PIPER



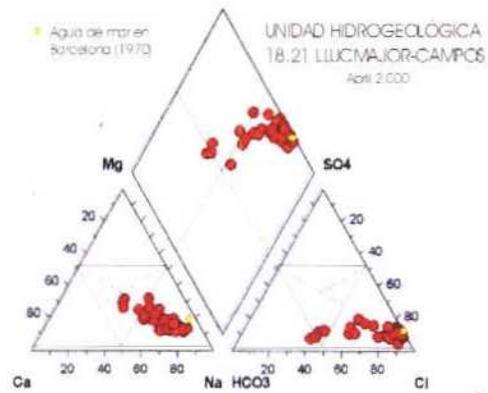
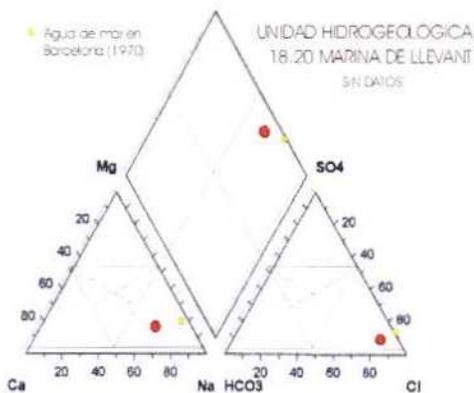
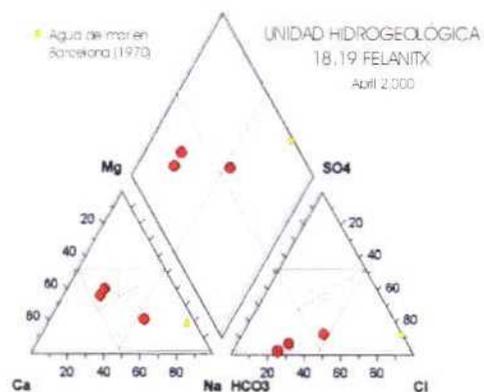
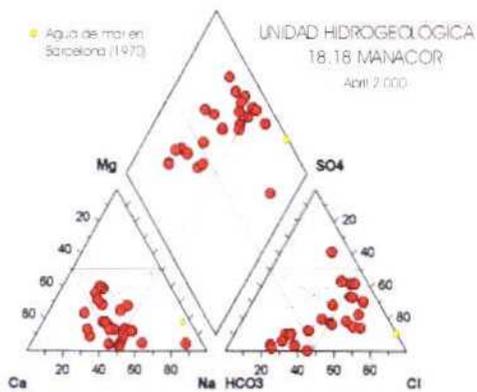
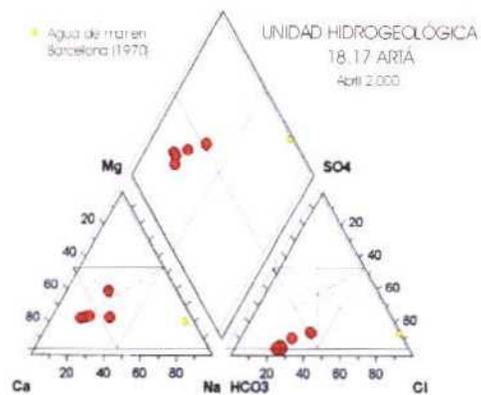
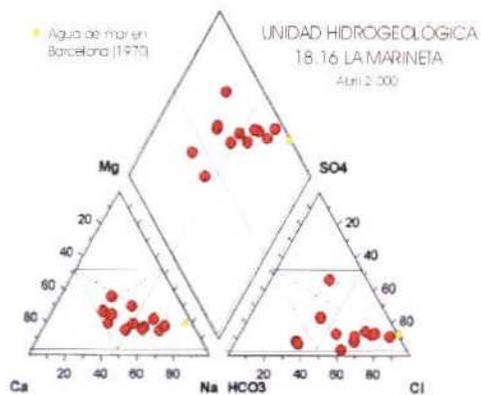
TIPOLOGÍA DE AGUAS. CLASIFICACIÓN DE PIPER

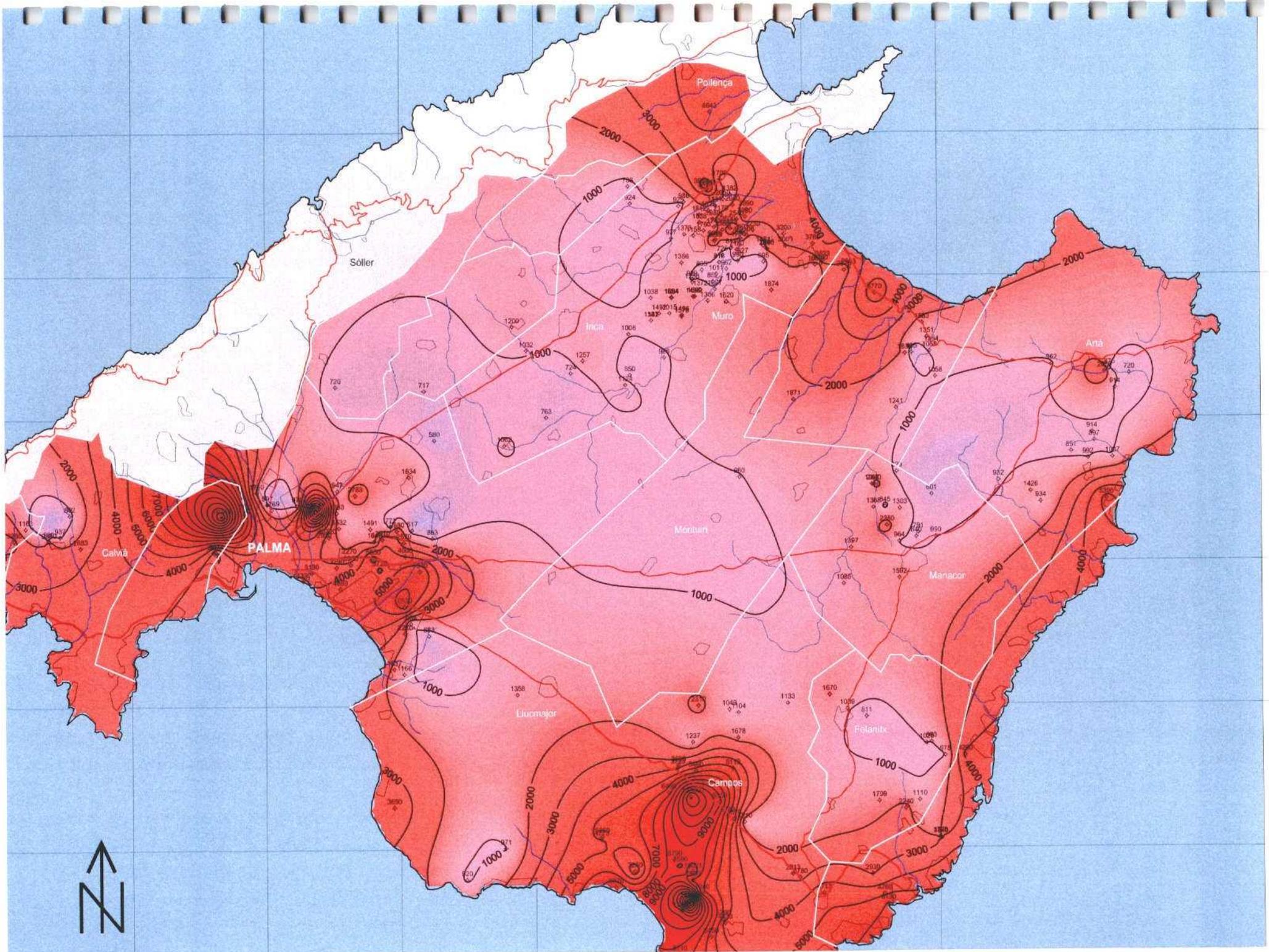
CONTINUACIÓN



TIPOLOGÍA DE AGUAS. CLASIFICACIÓN DE PIPER

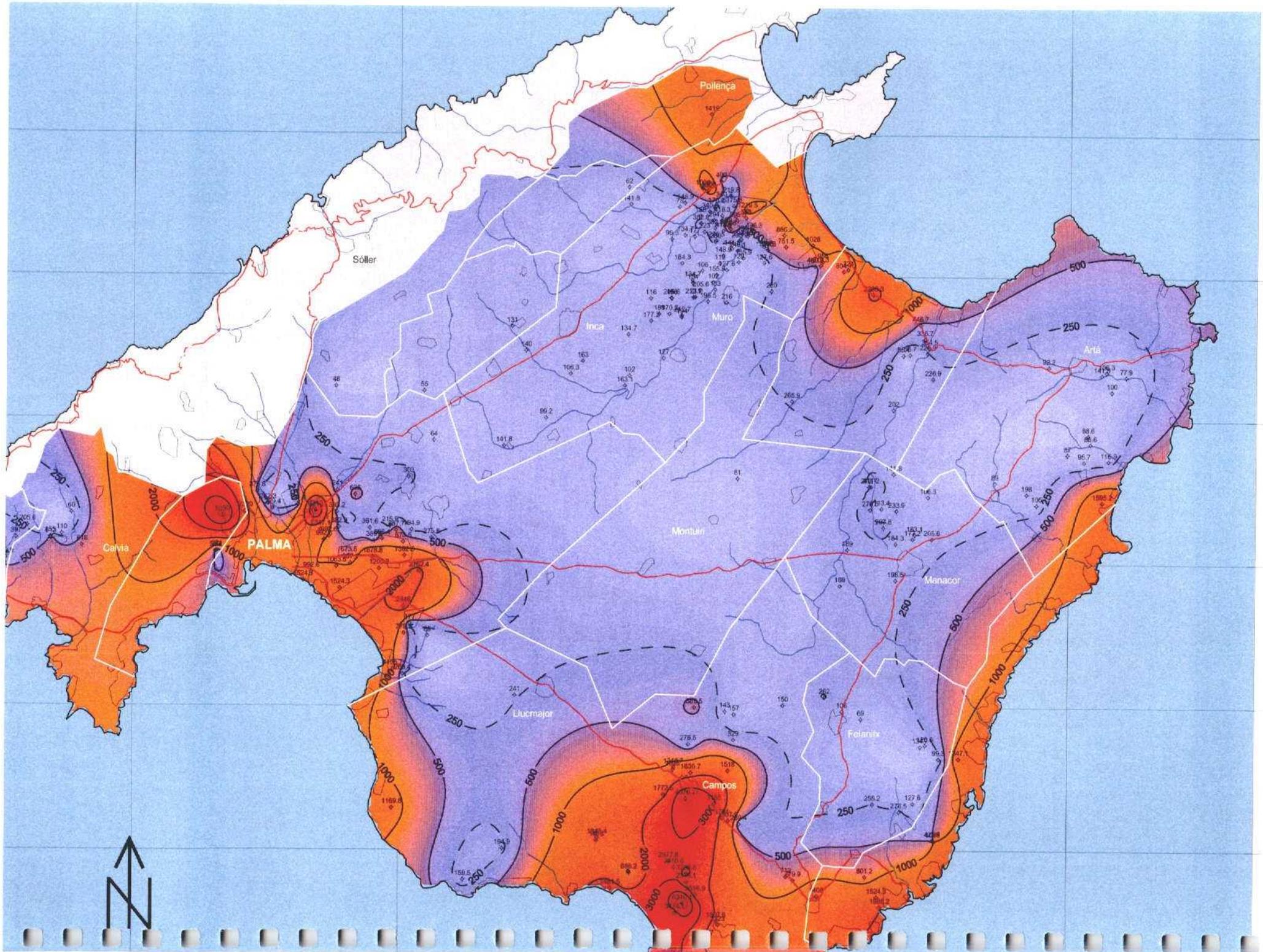
CONTINUACIÓN

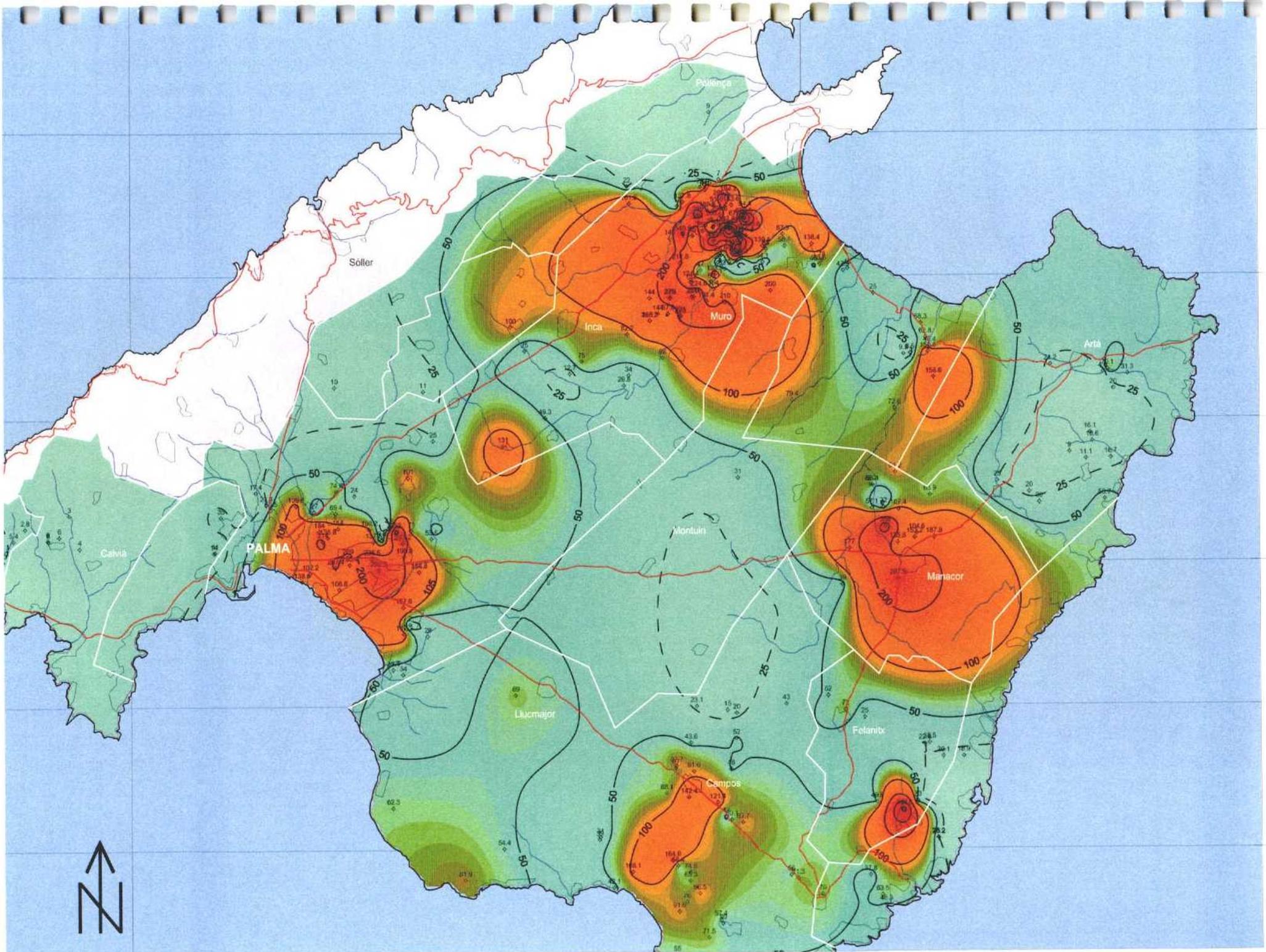




LEYE

Cond



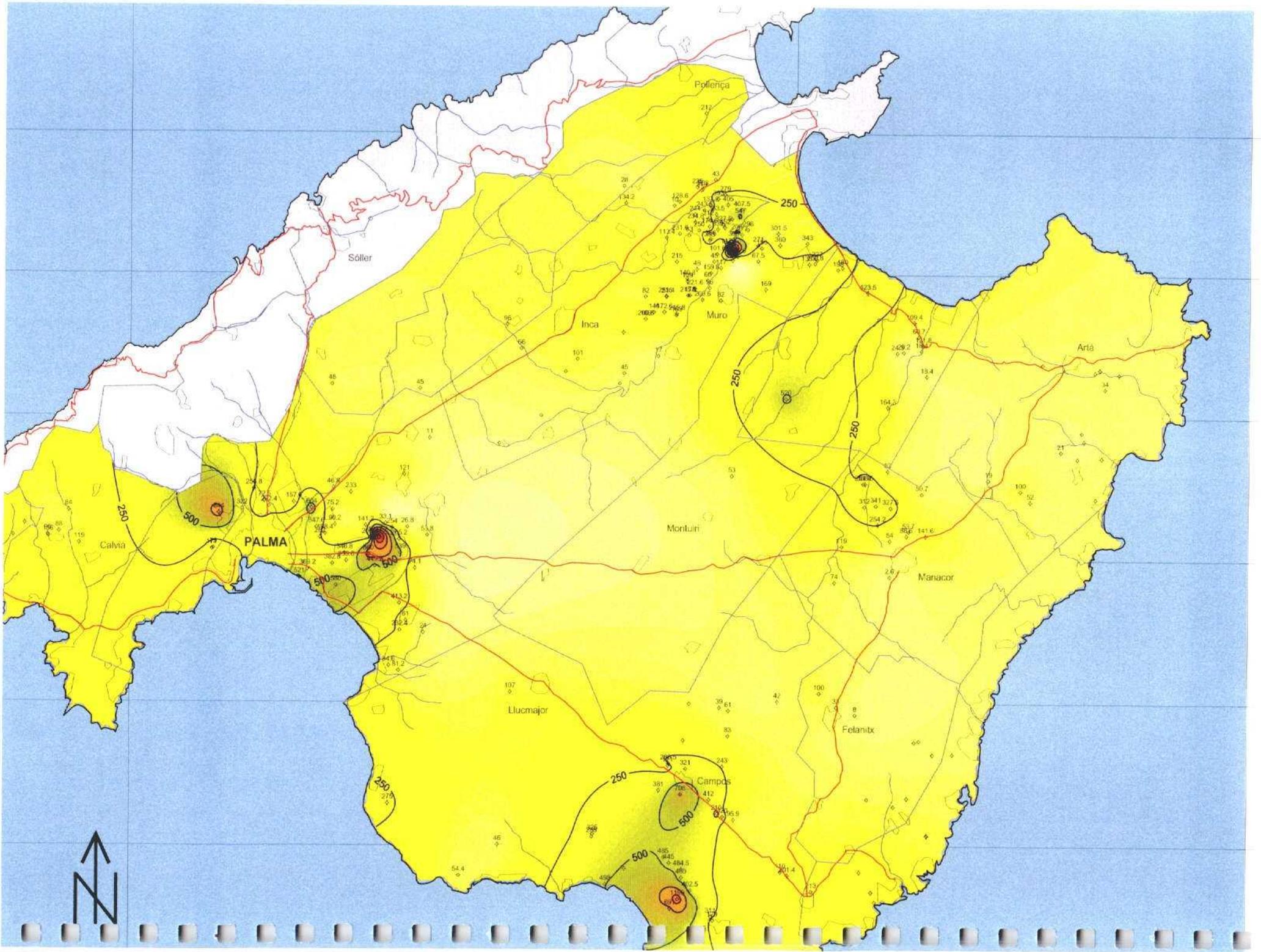


GOV
Diputació de Mallorca



LEYE

sulfato



ANEXO IV

(Evolución piezometría y calidad)

- **Evolución niveles piezométricos**
- **Evolución cloruros y facies hidrogeoquímica**



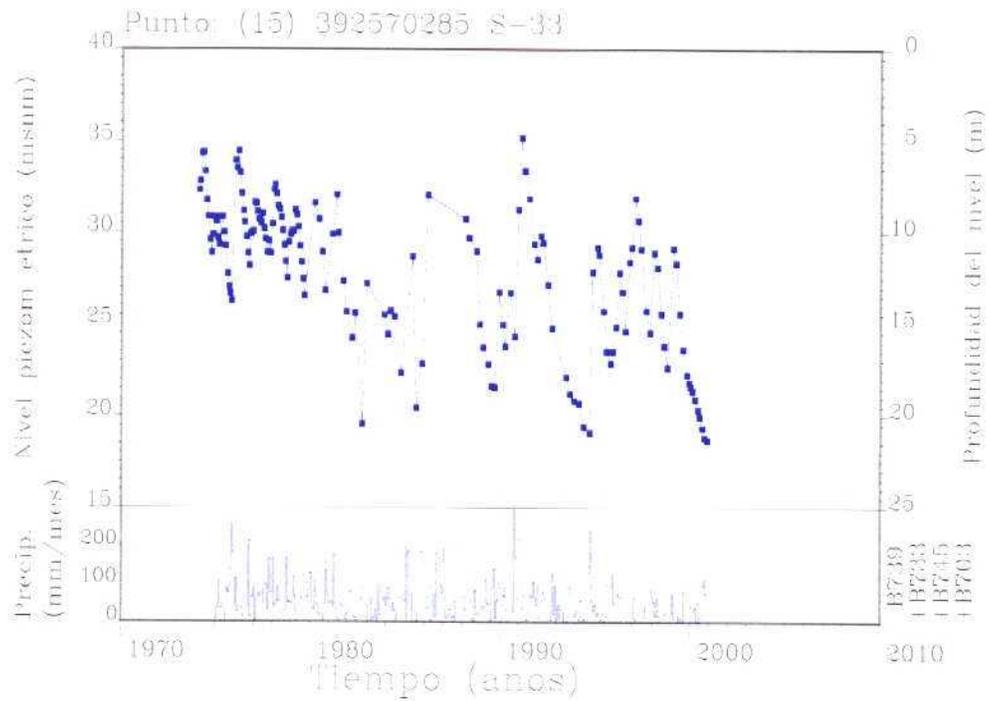
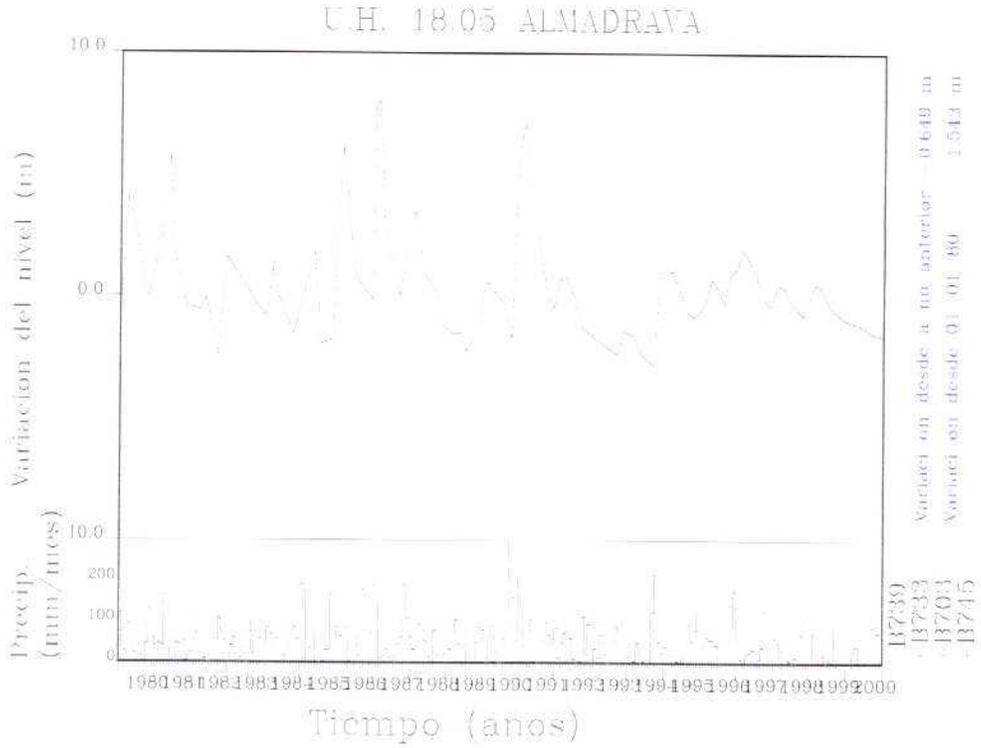
GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España

DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

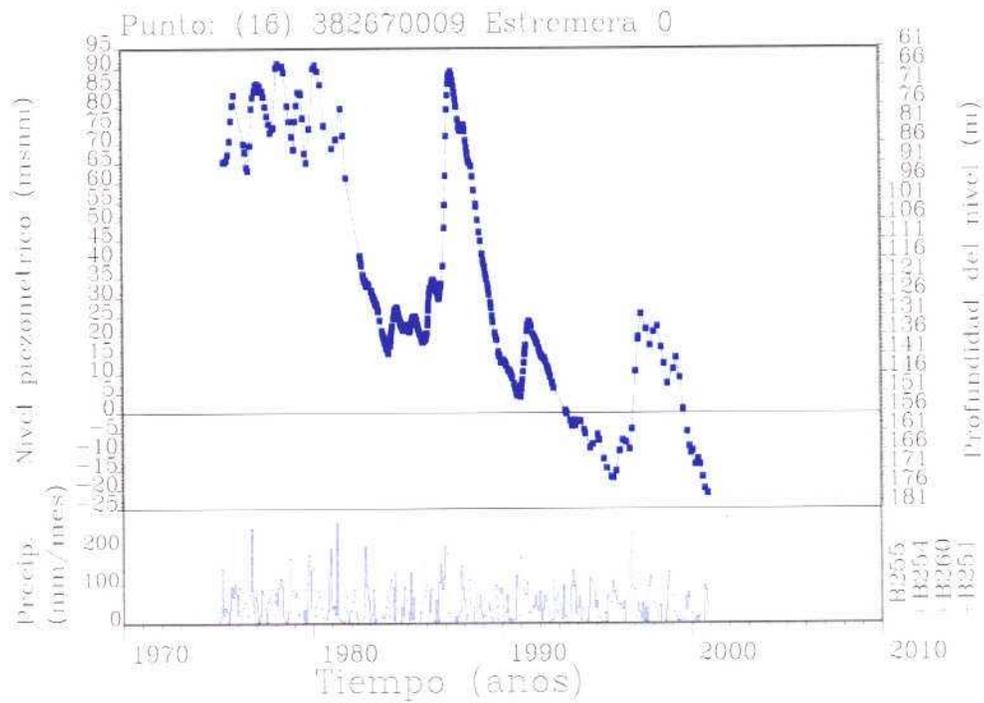
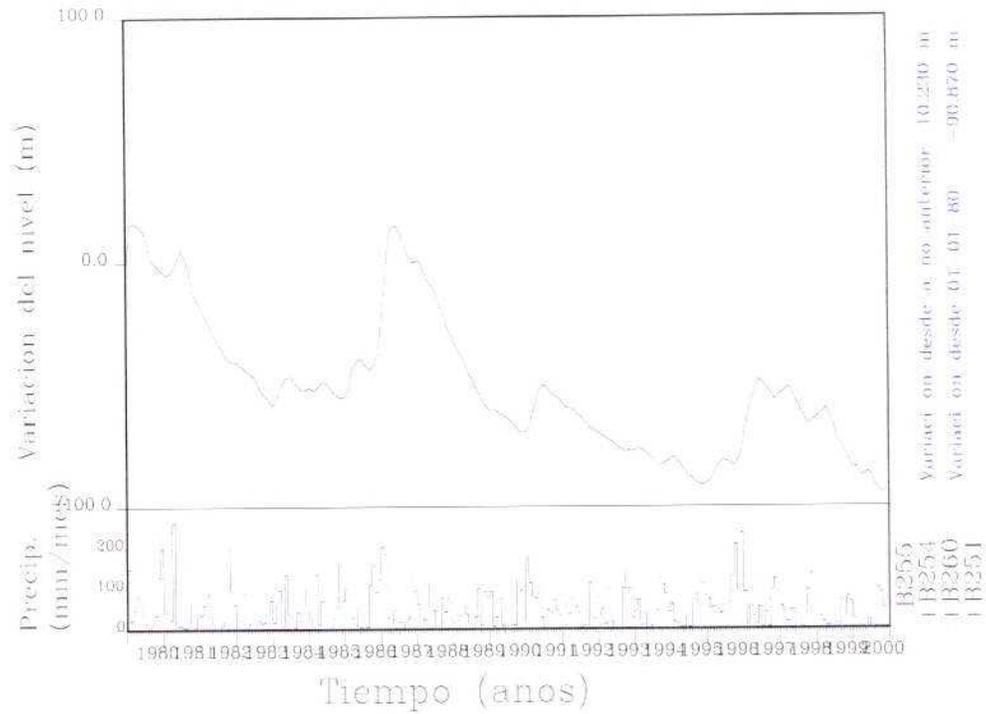
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.05



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

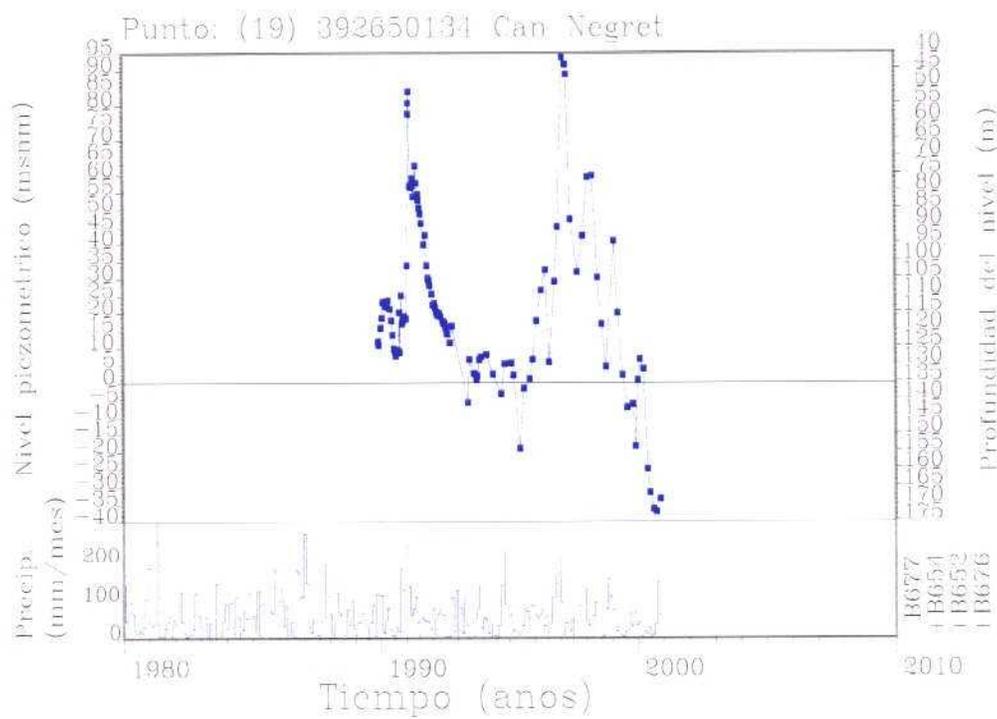
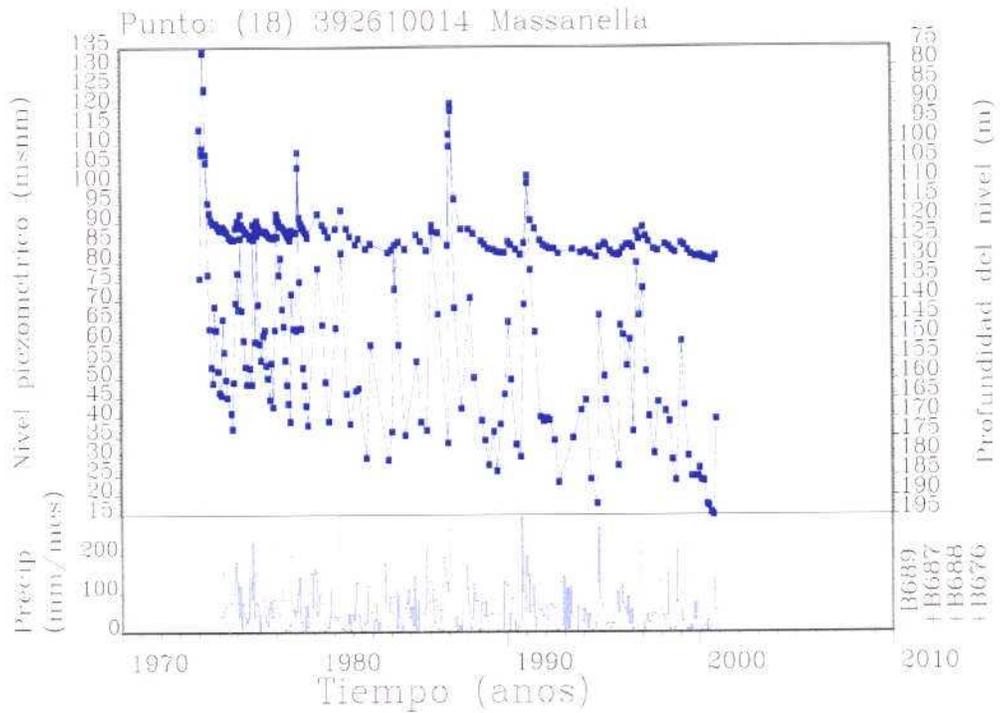
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.08

U.H. 18.08 S'ESTREMEIRA



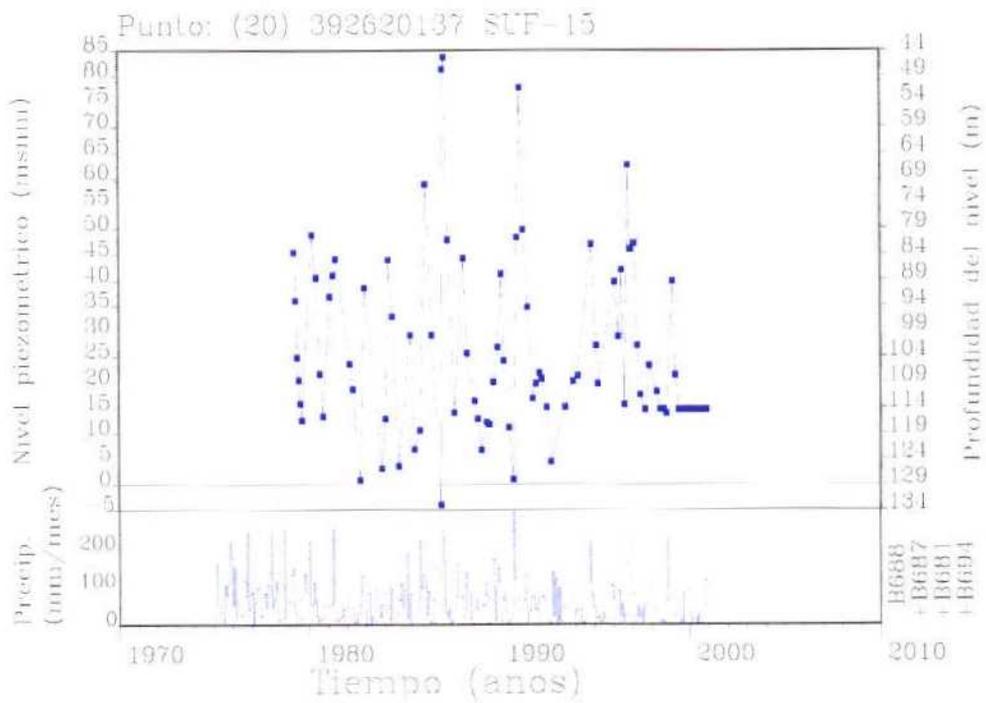
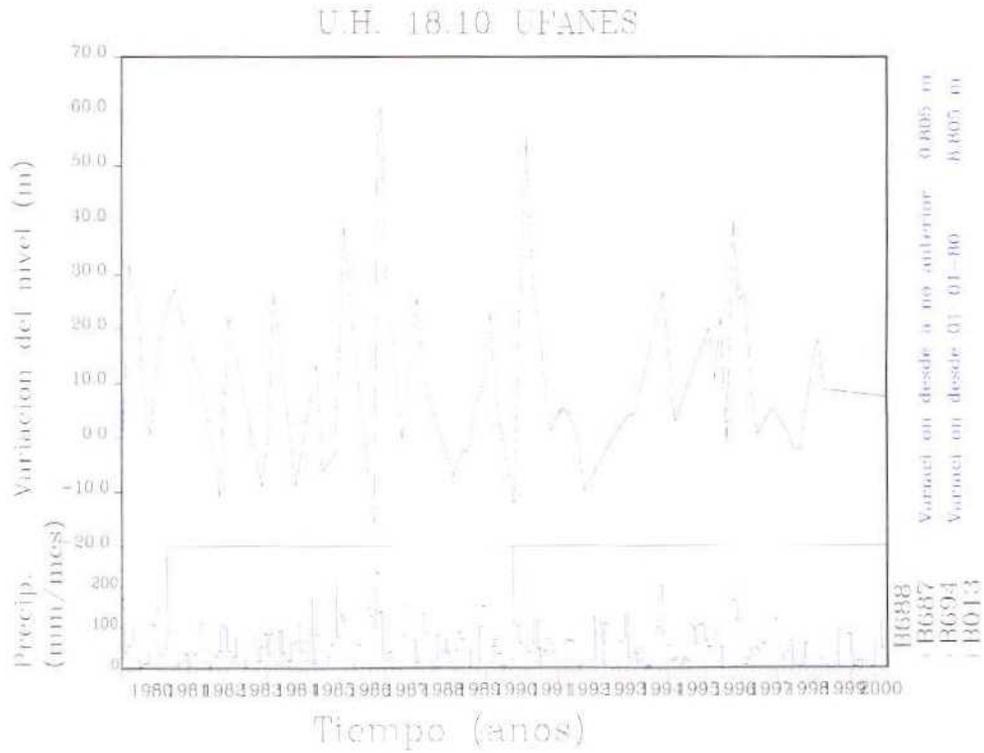
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.09 (continuación)



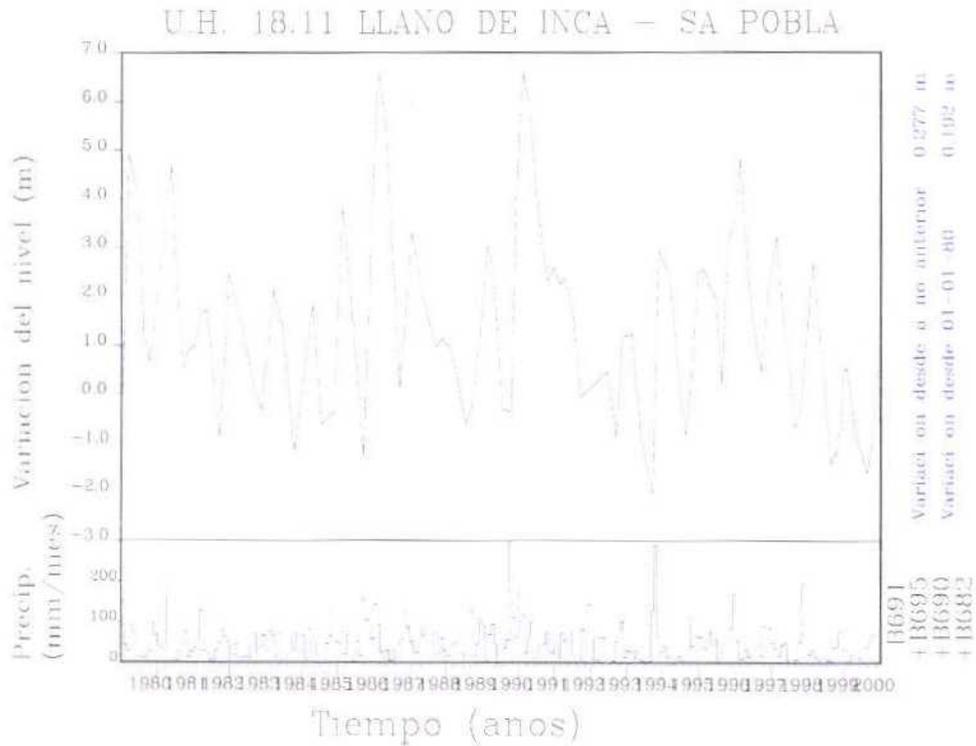
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.10

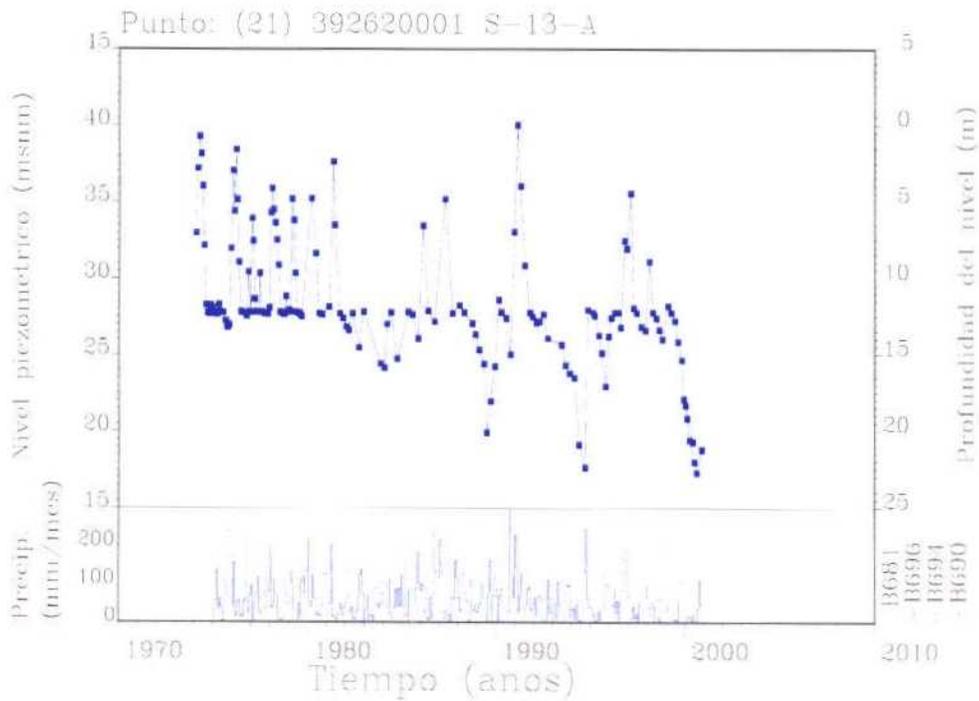


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.11

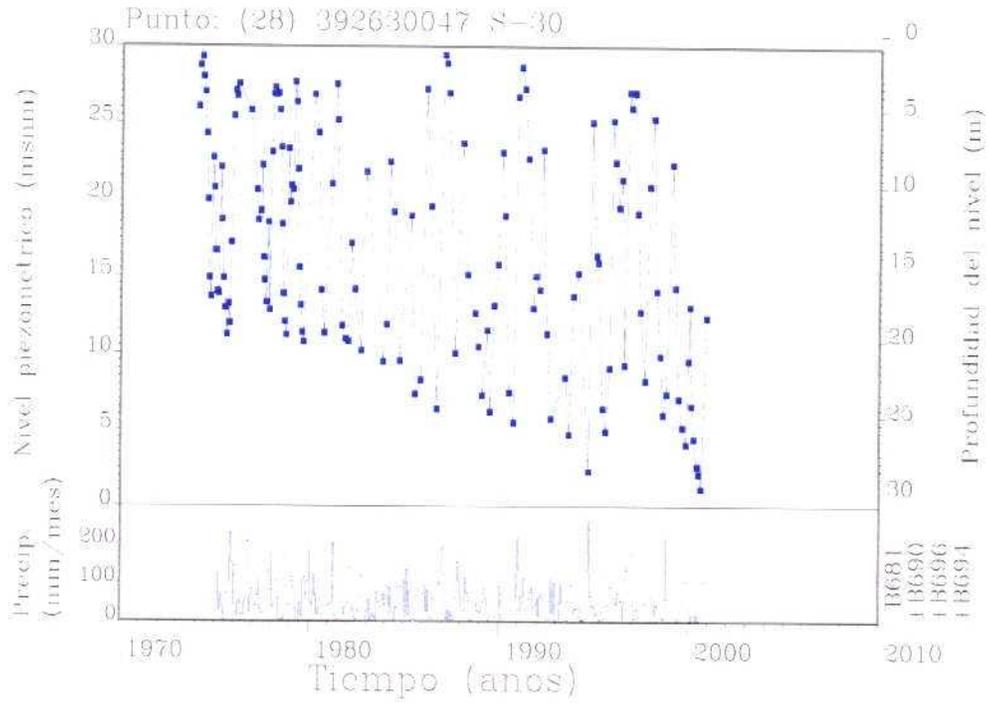


Sector Norte

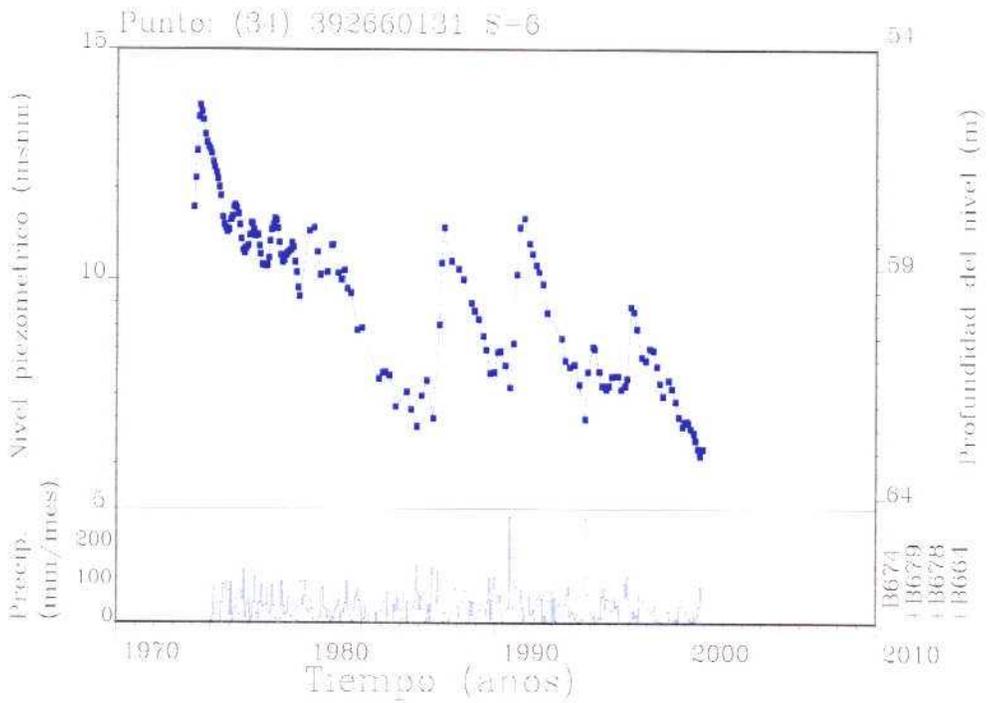


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.11 (continuación)

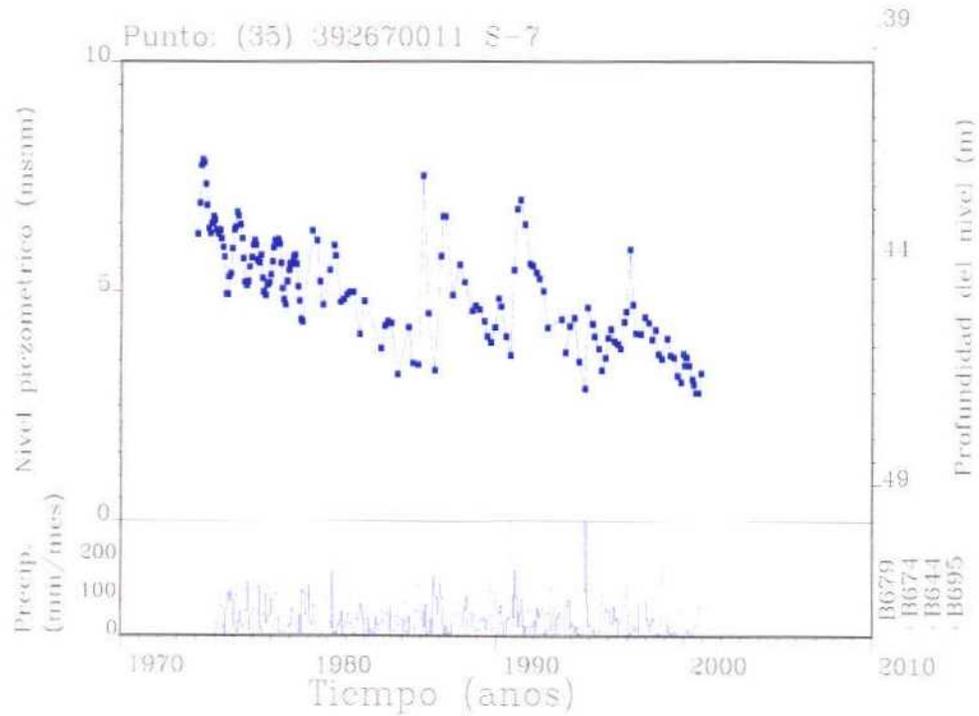


Sector Occidental

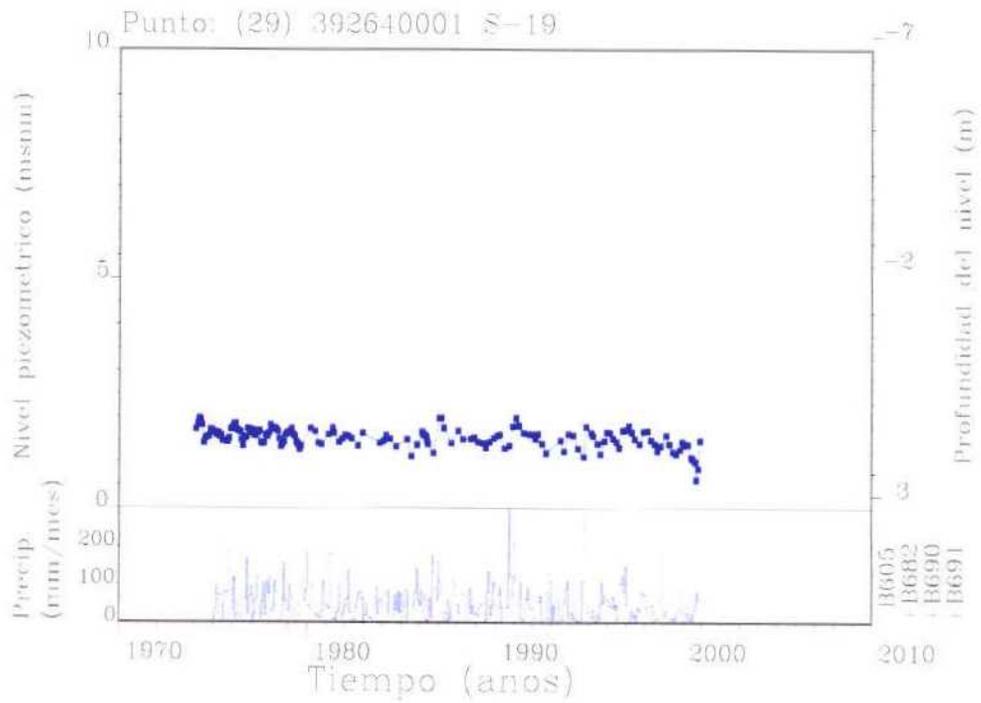


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.11 (continuación)

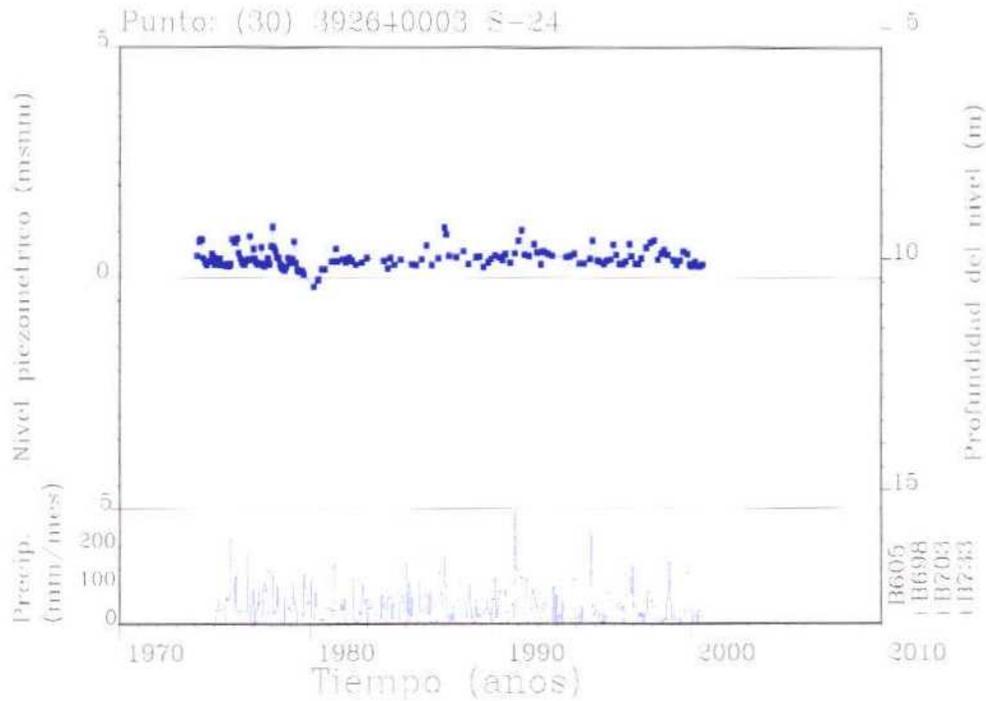


Sector Oriental

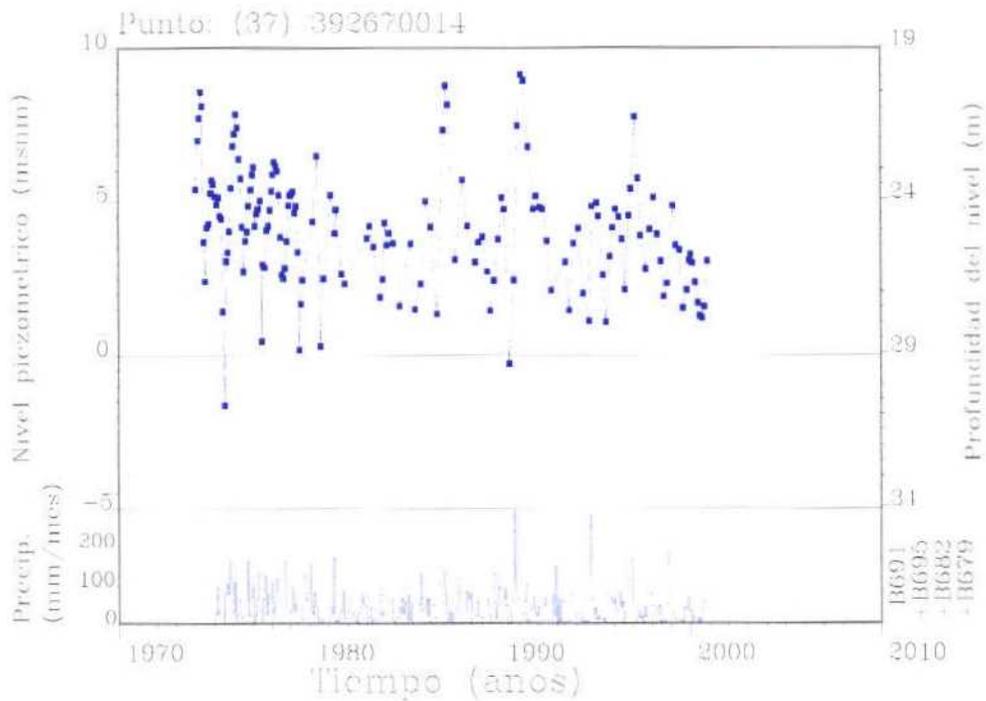


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.11 (continuación)

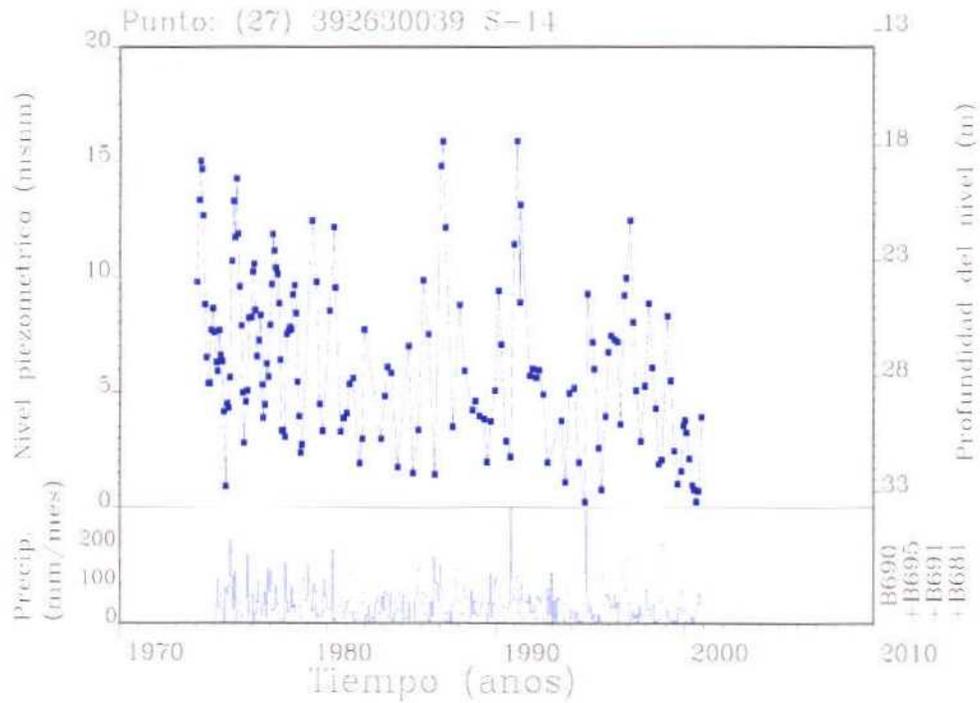


Sector Central

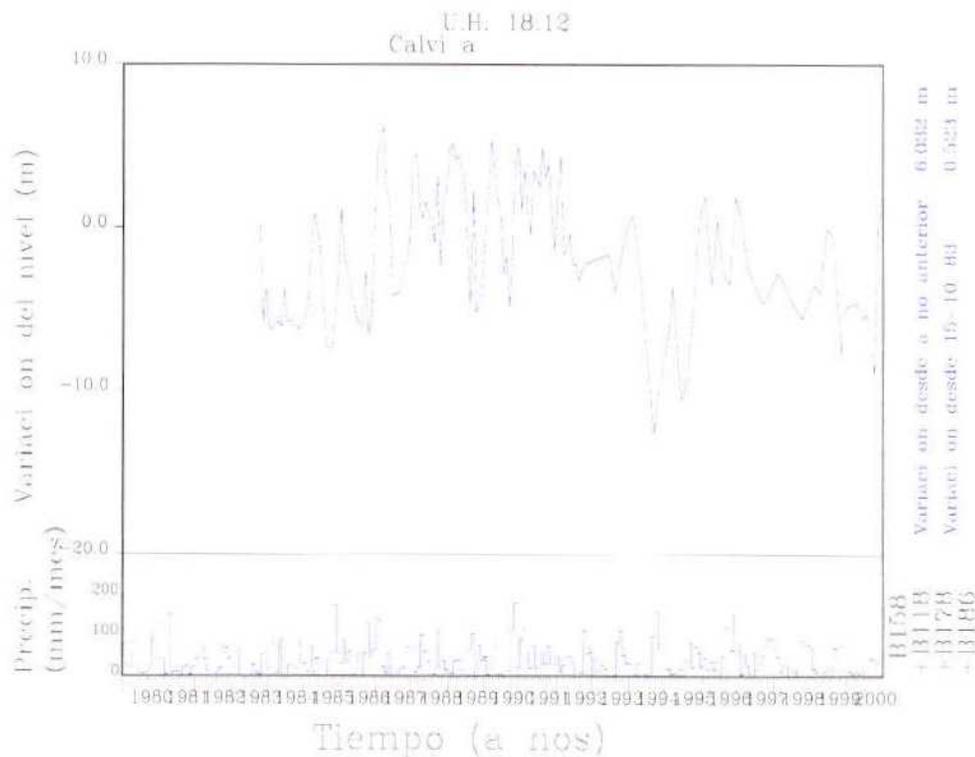


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.11 (continuación)

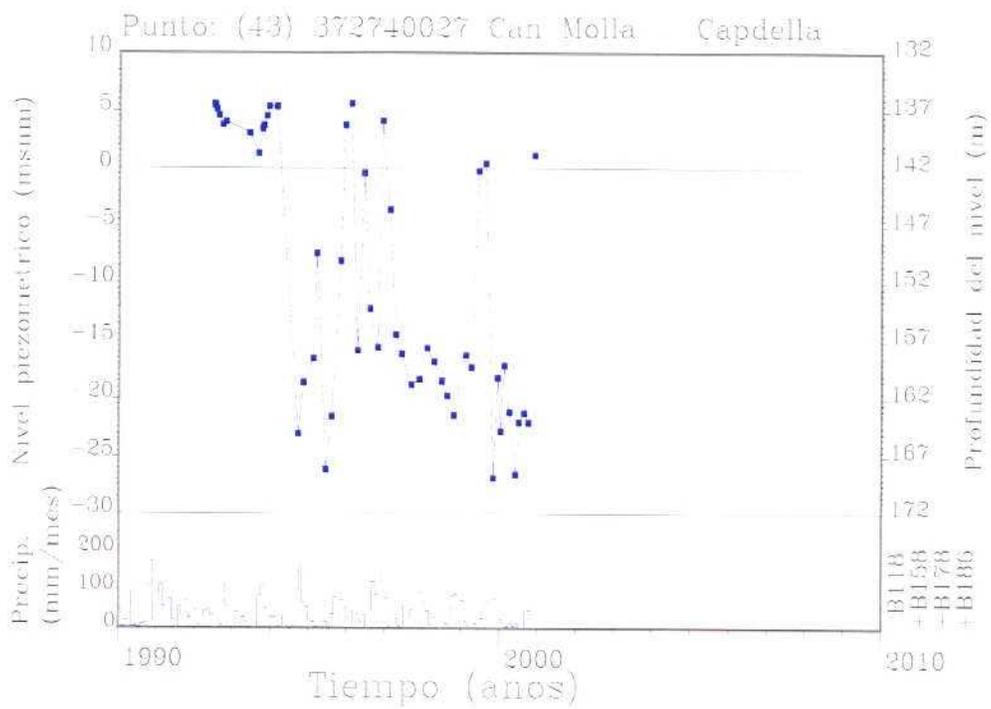
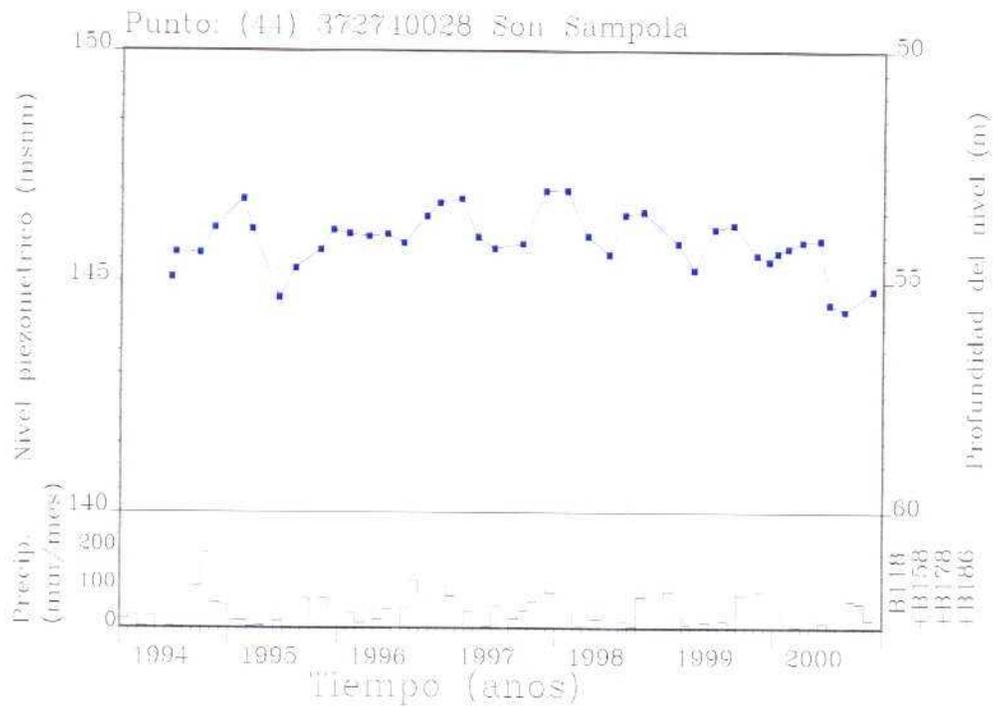


UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.12



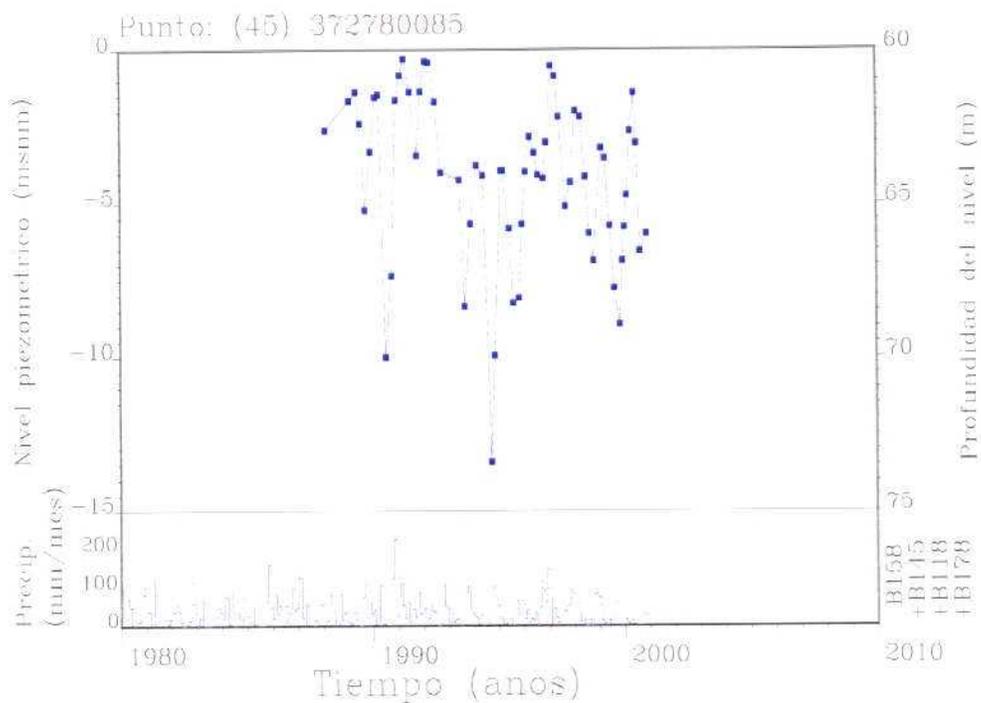
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.12 (continuación)

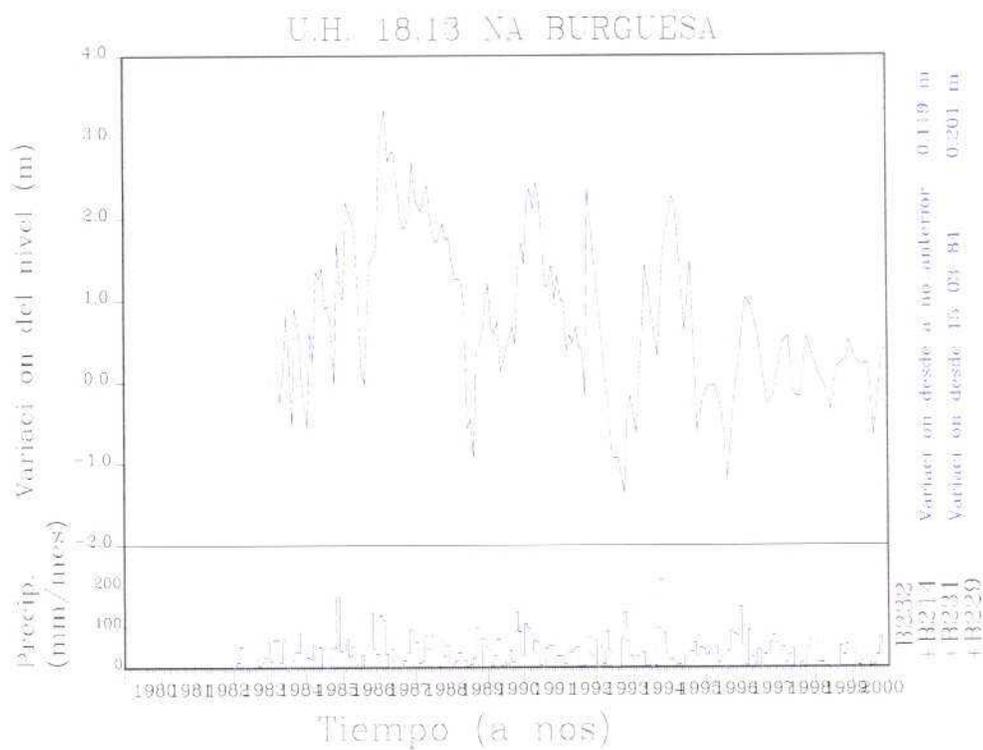


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.12 (continuación)

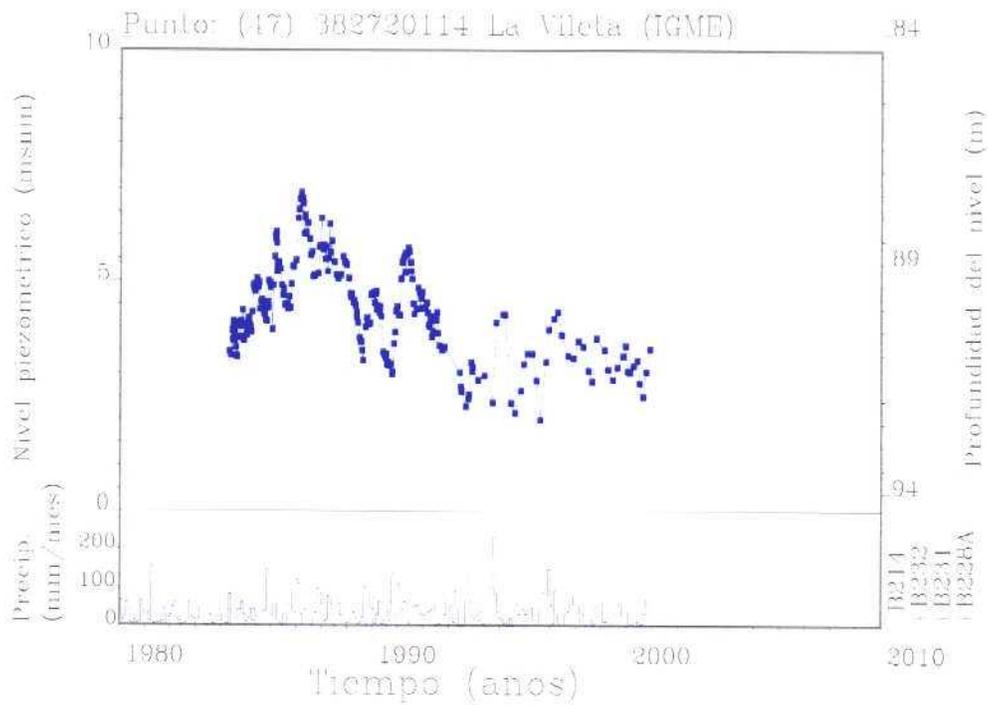
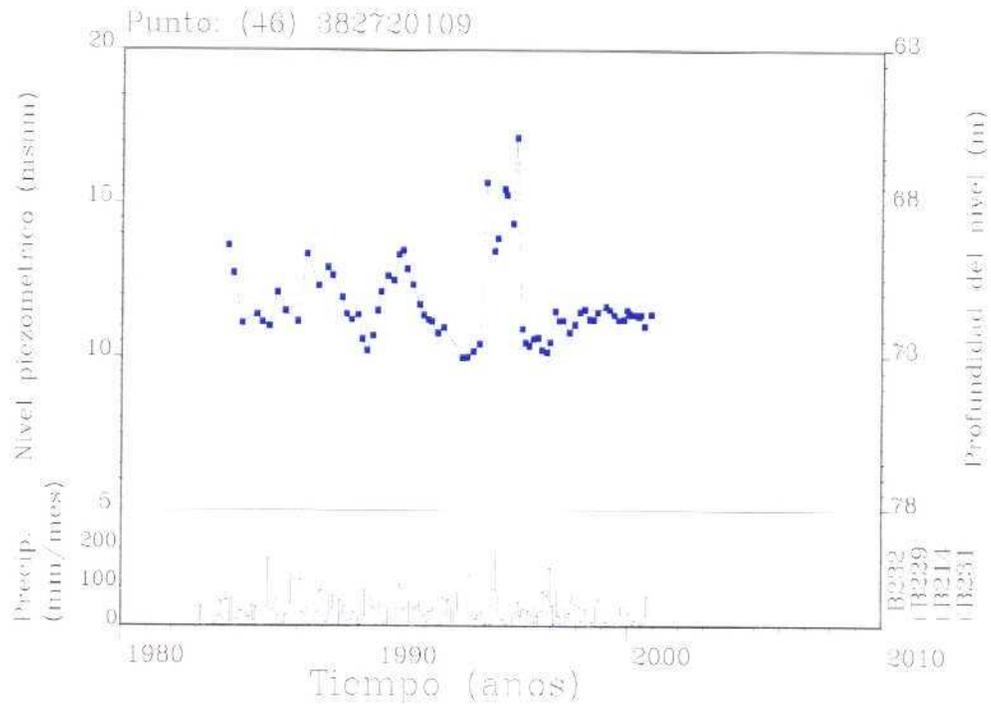


UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.13



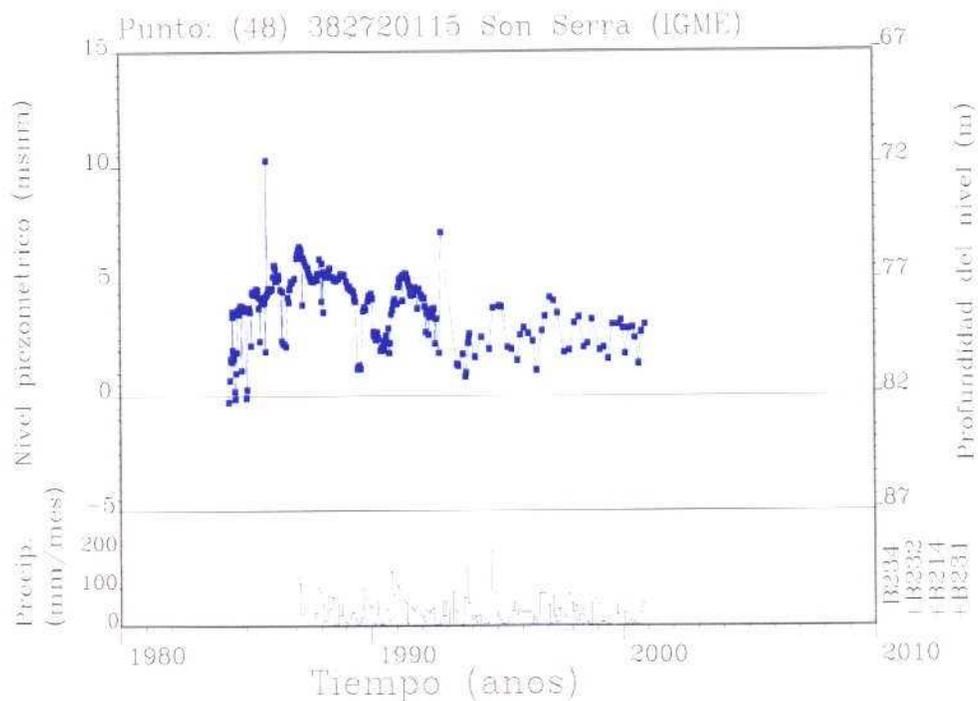
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.13 (continuación)

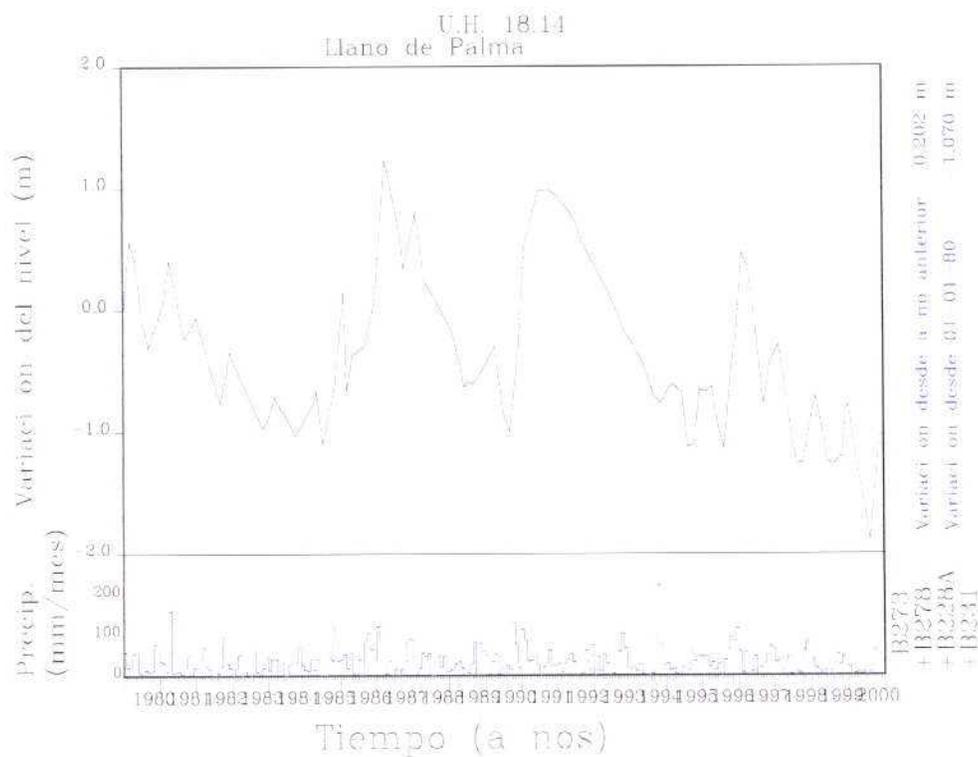


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.13 (continuación)

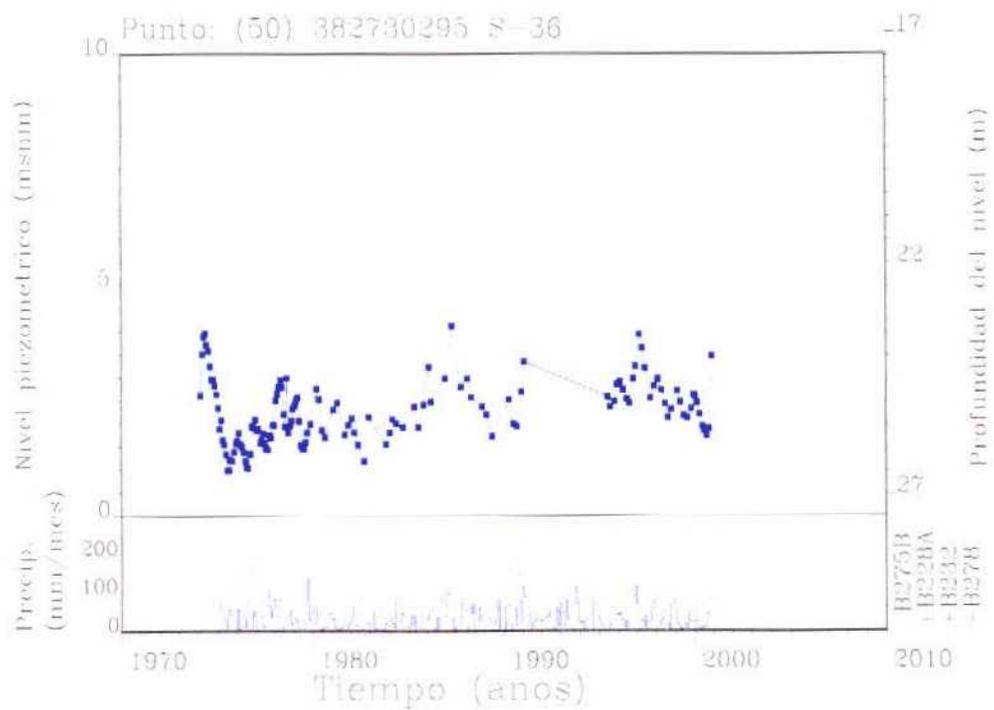
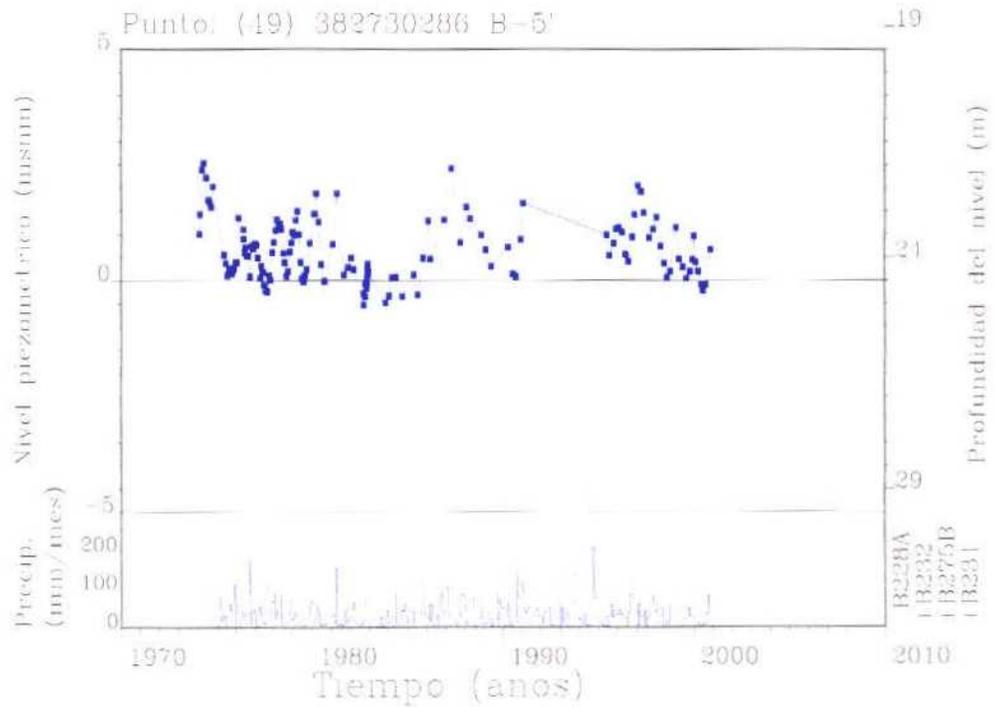


UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.14



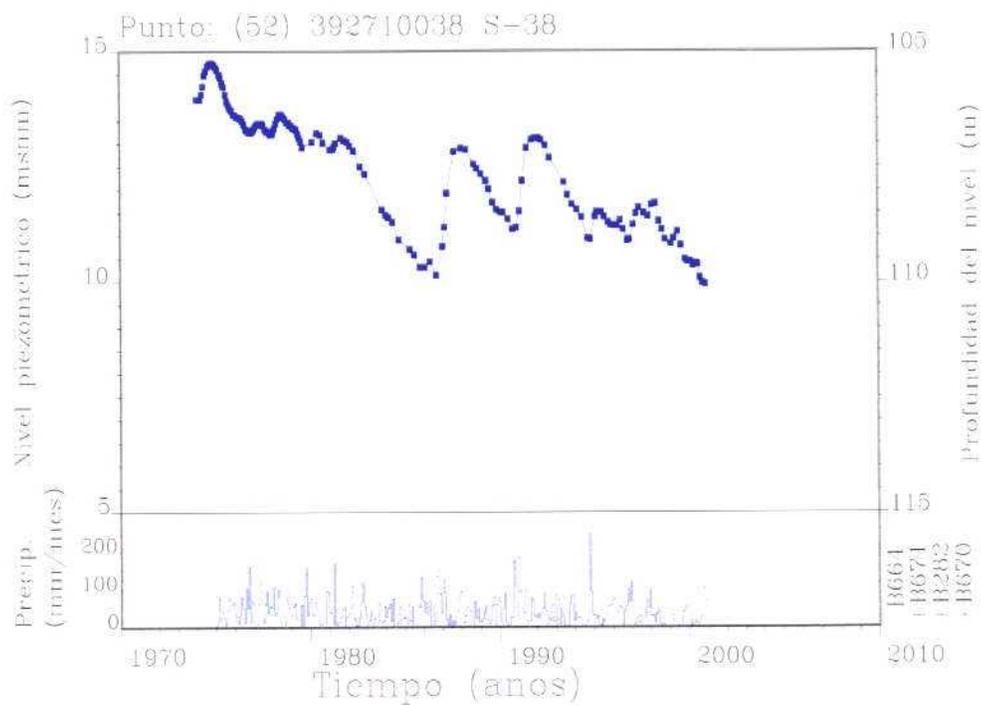
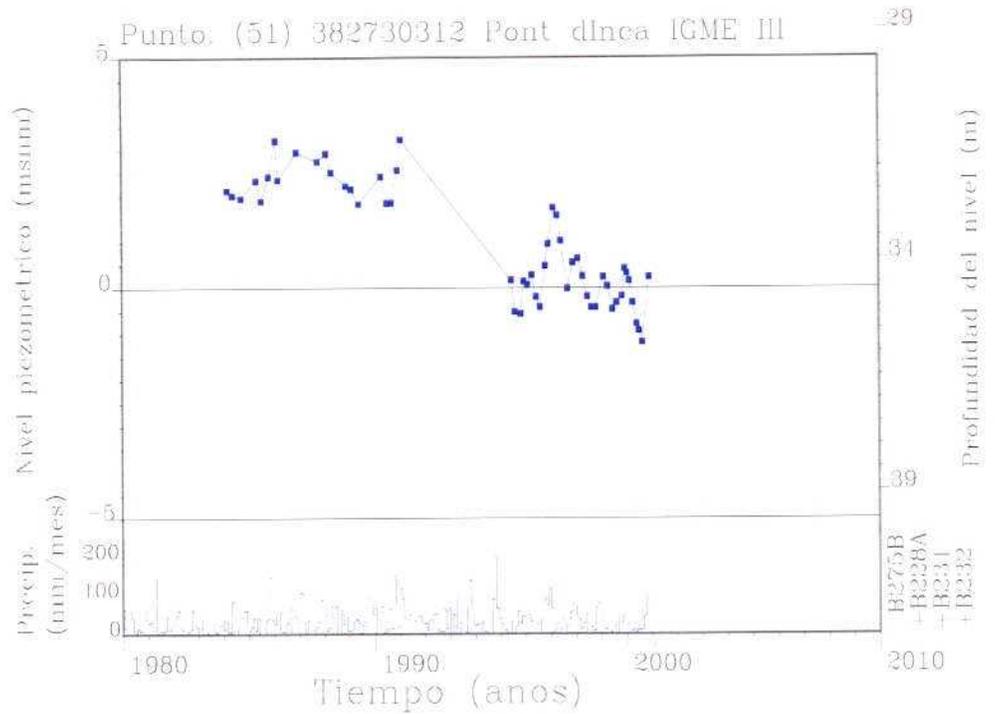
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.14 (continuación)



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

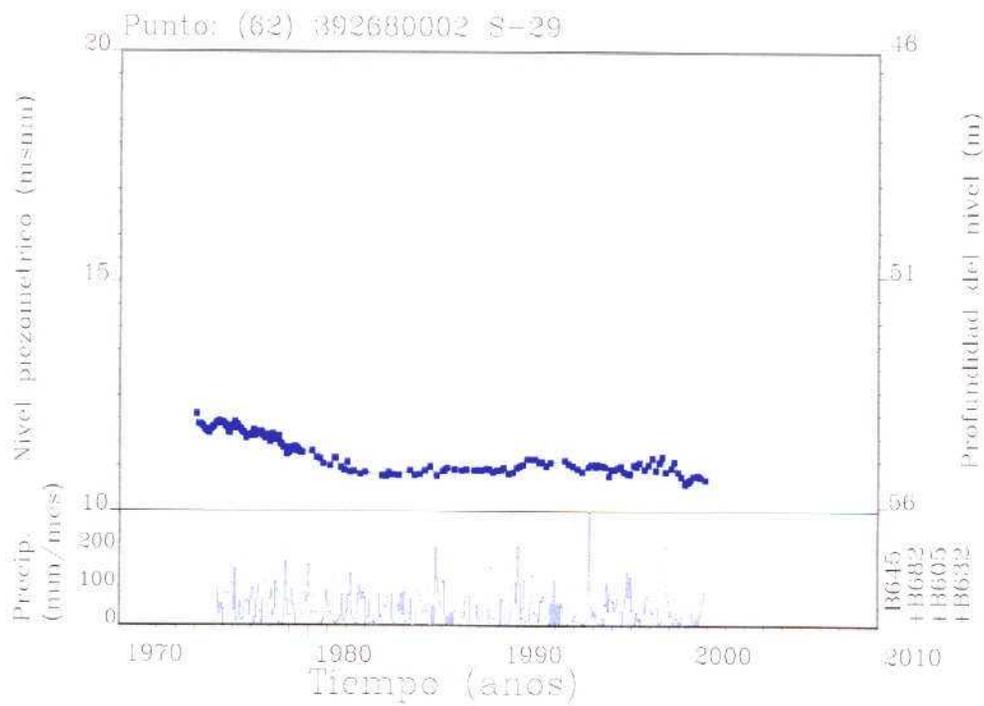
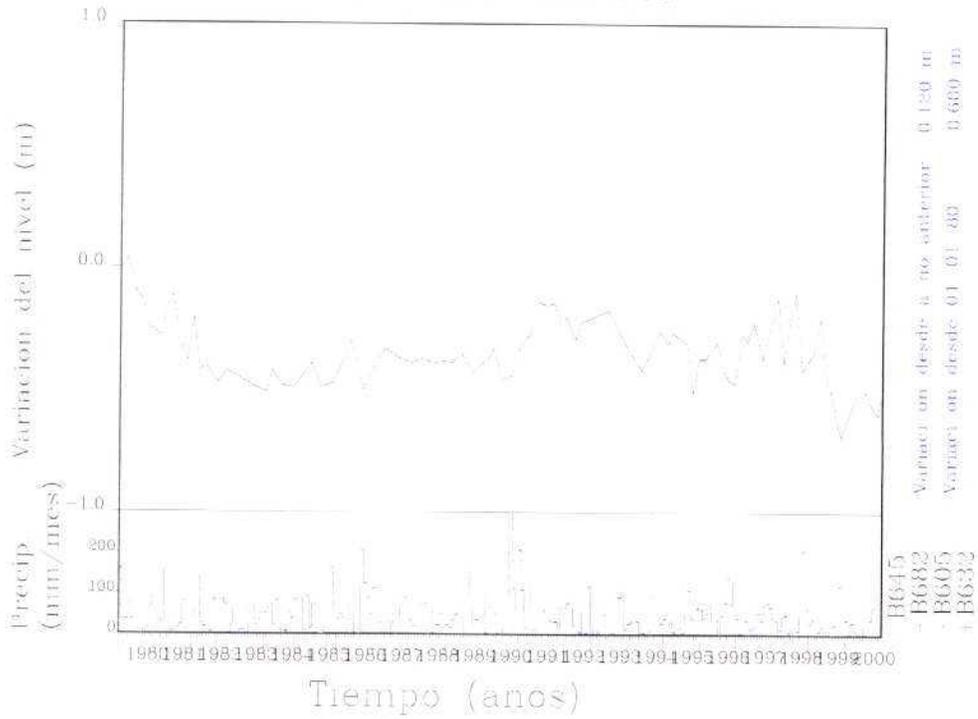
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.14 (continuación)



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

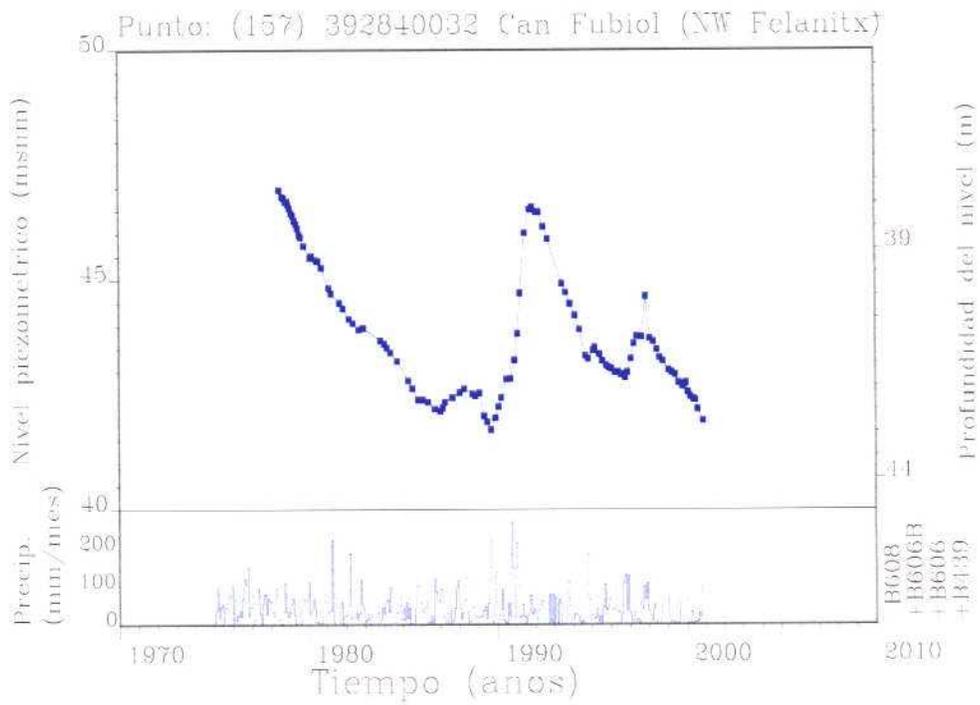
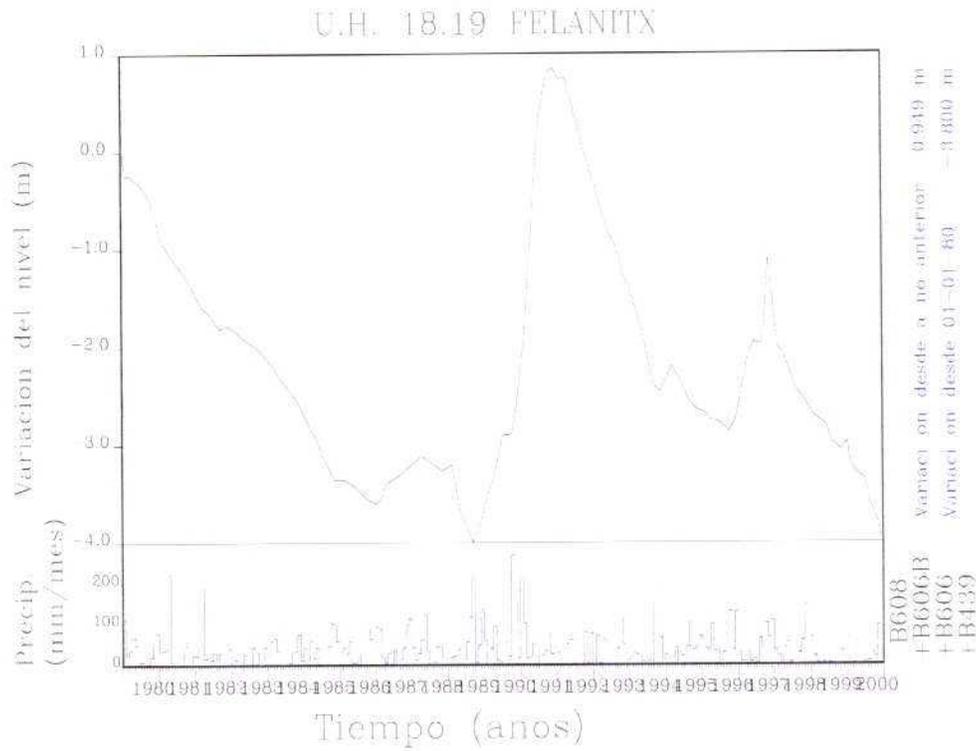
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.16

U.H. 18.16 MARINETA



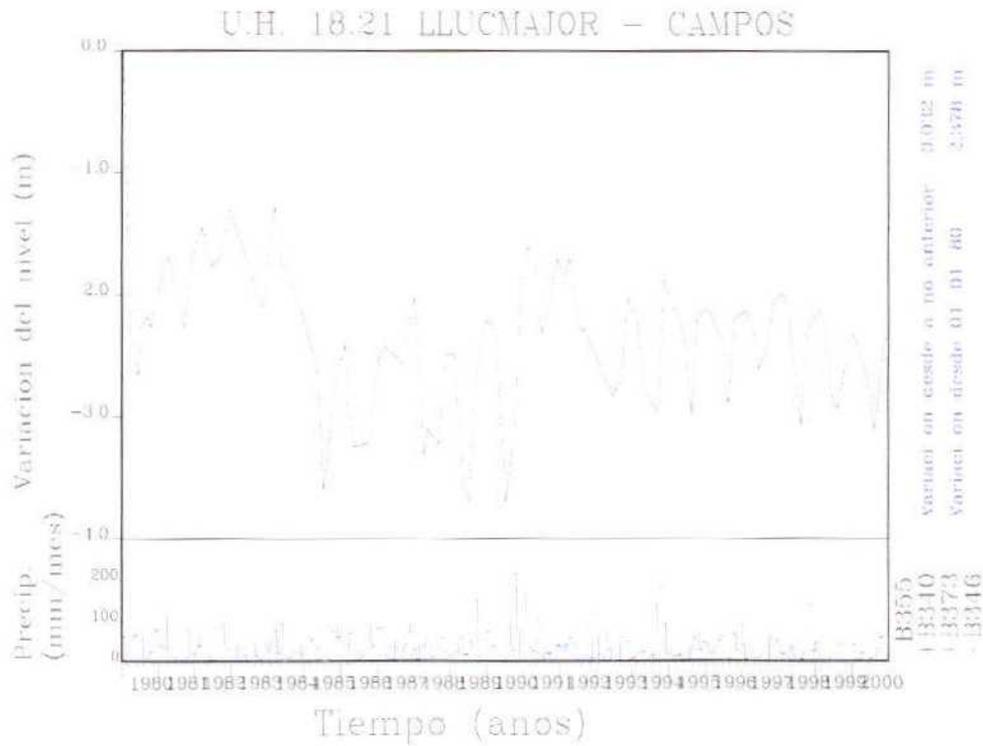
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.19

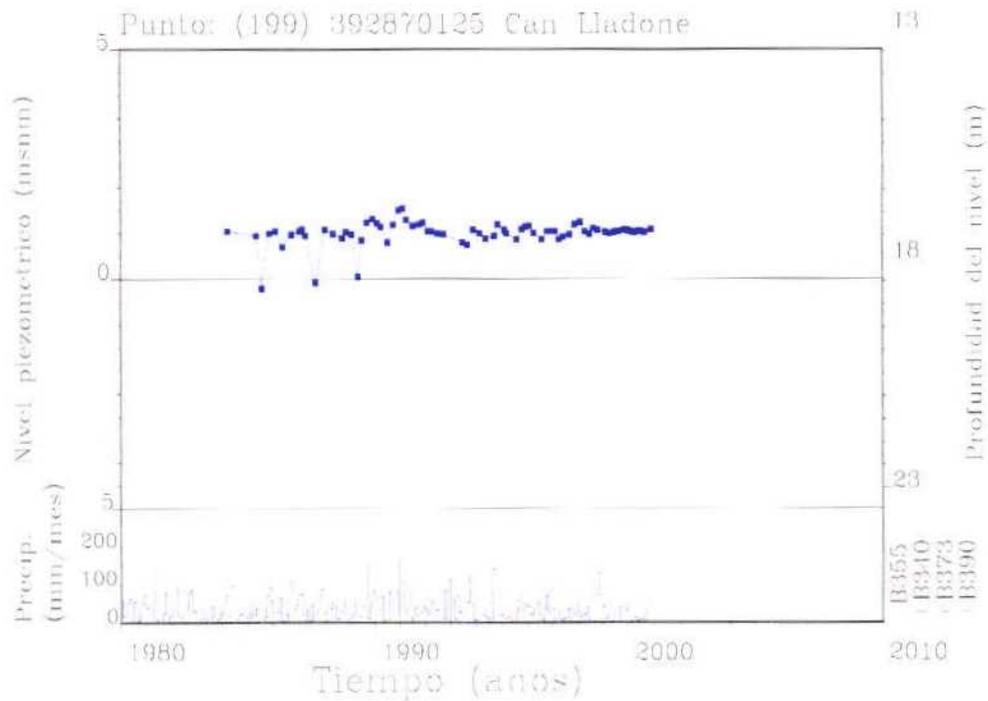


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.21

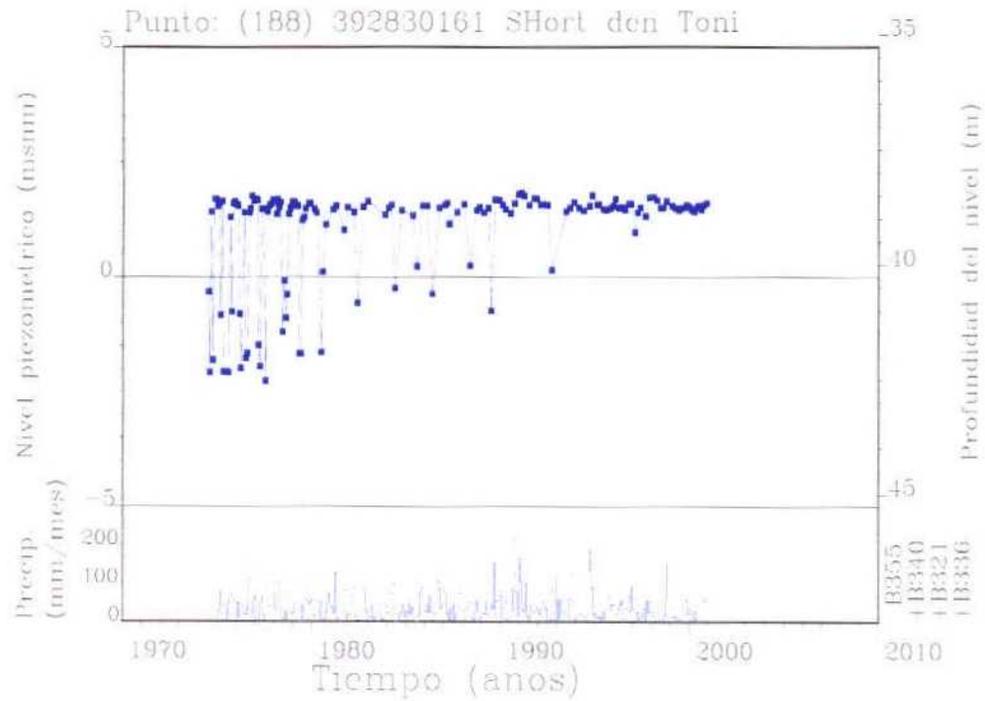


Sector Campos

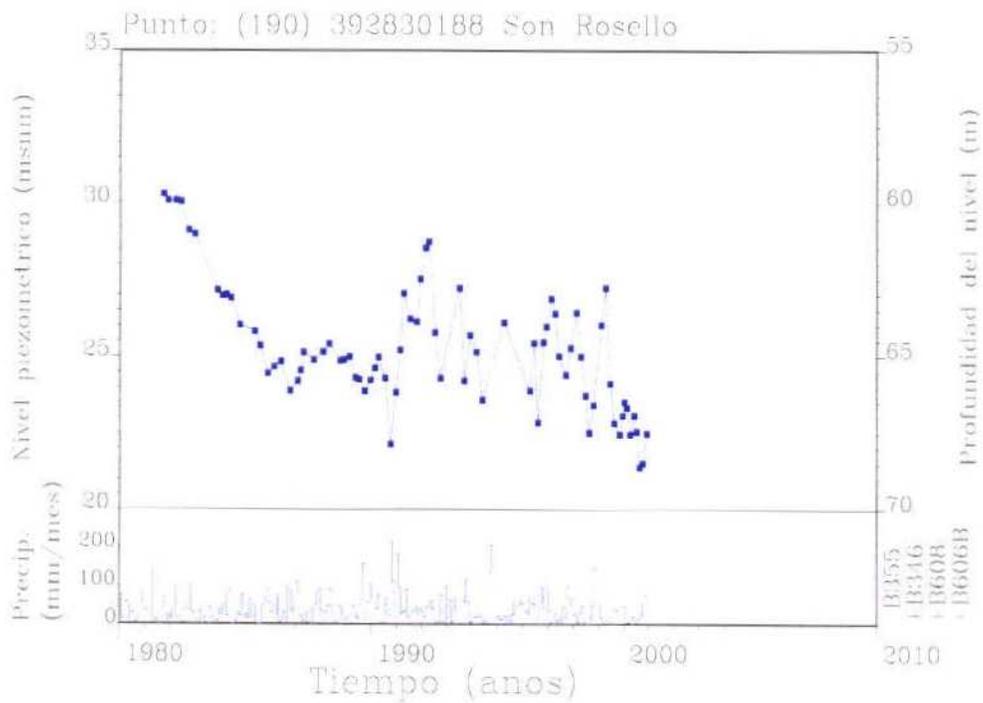


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.21 (continuación)

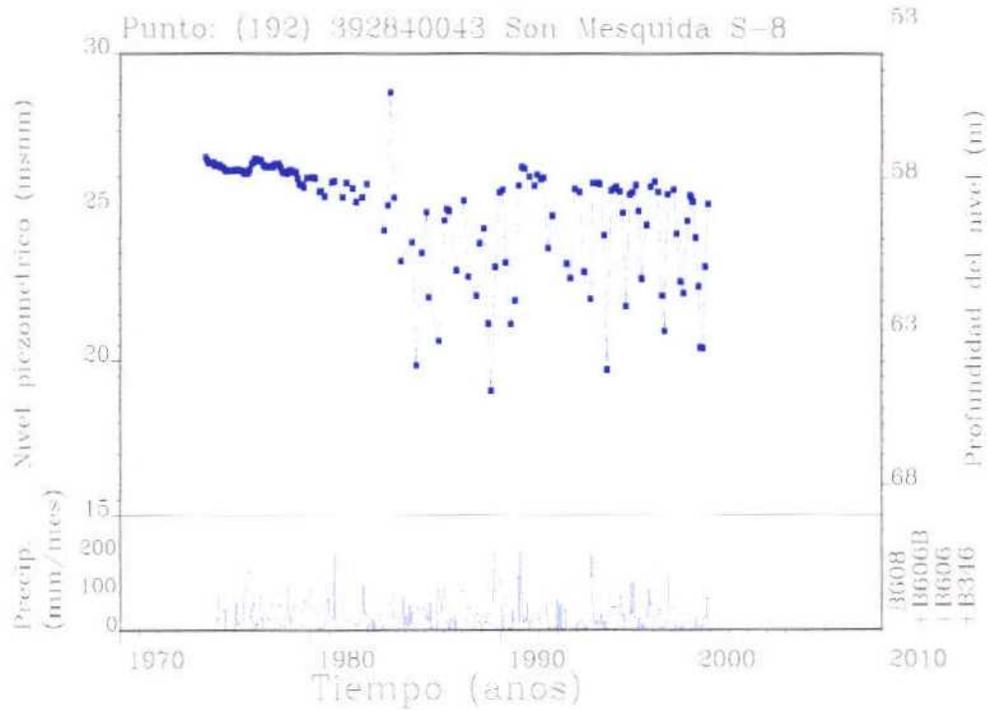


Sector Norte (Campos-Felanitx)

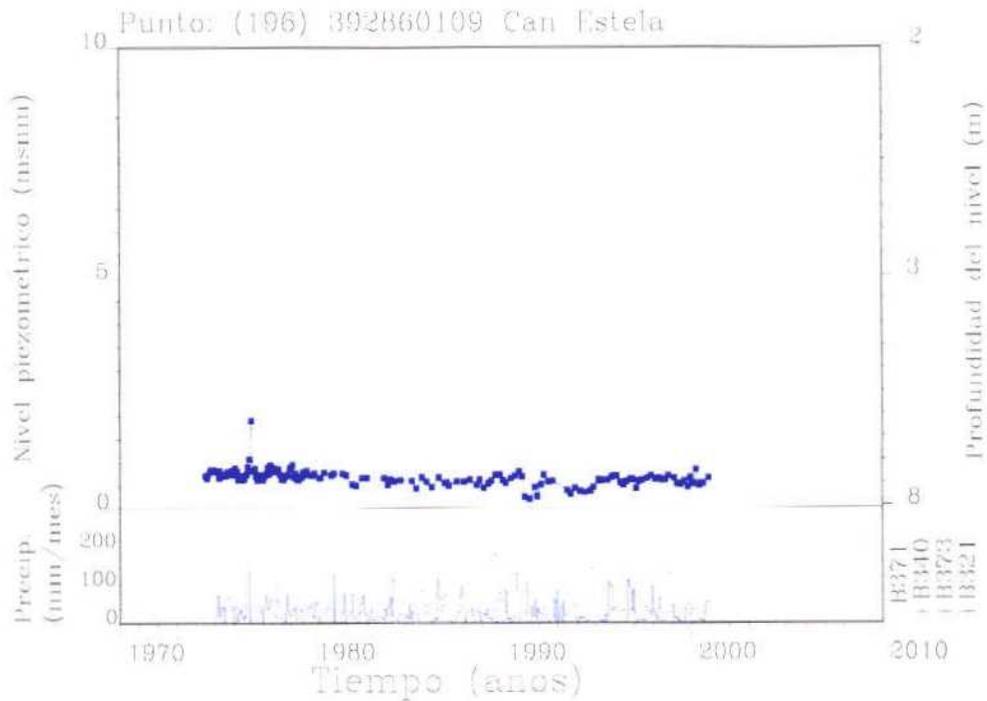


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.21 (continuación)

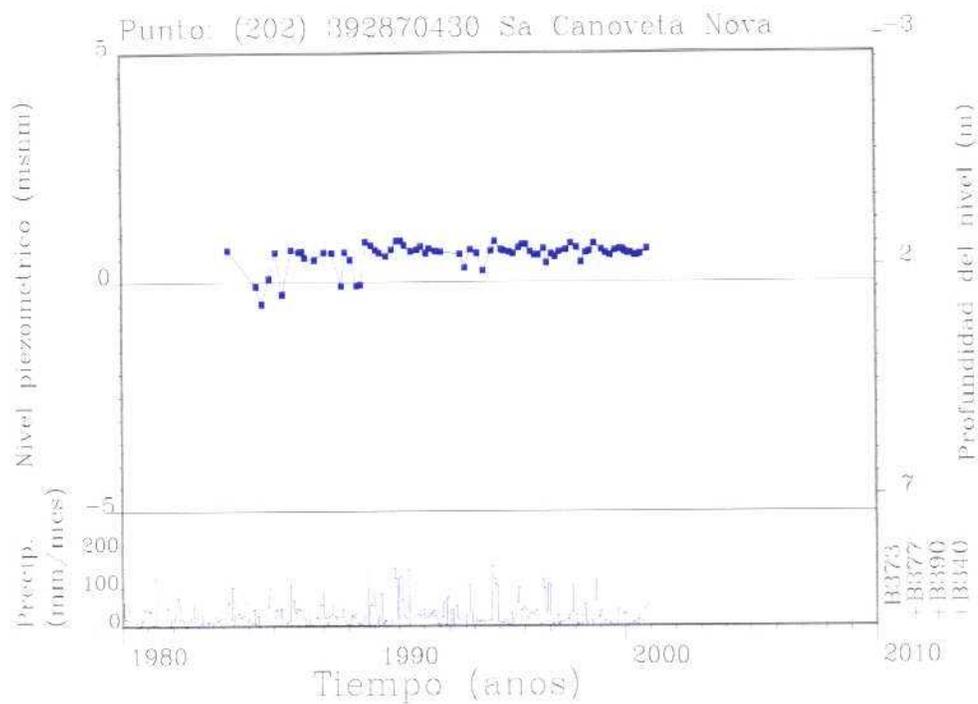


Sector Ses Salines - Sant Jordi



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.21 (continuación)



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.01

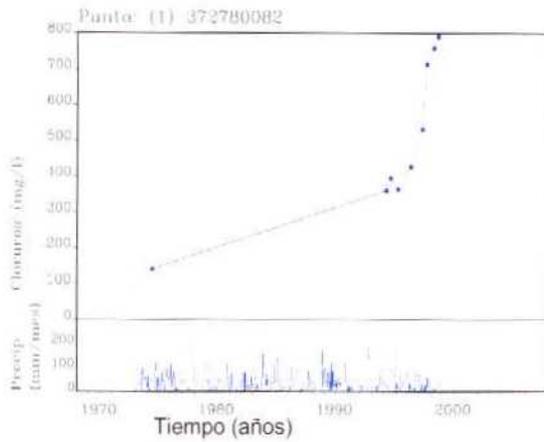
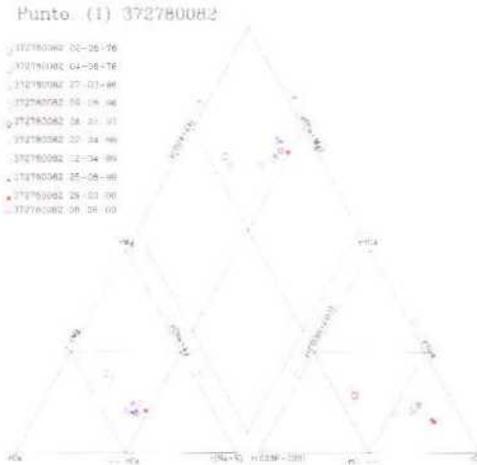


Diagrama de Piper-Hill-Langelier



UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.05

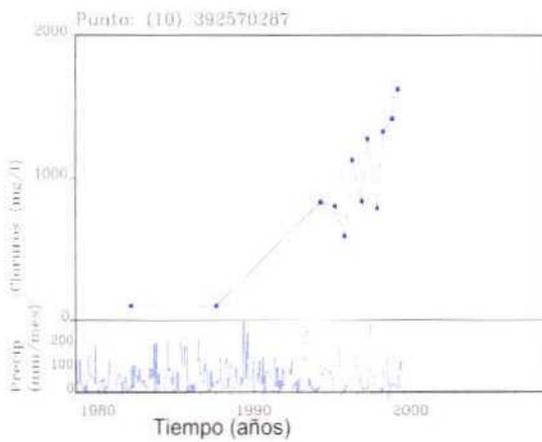
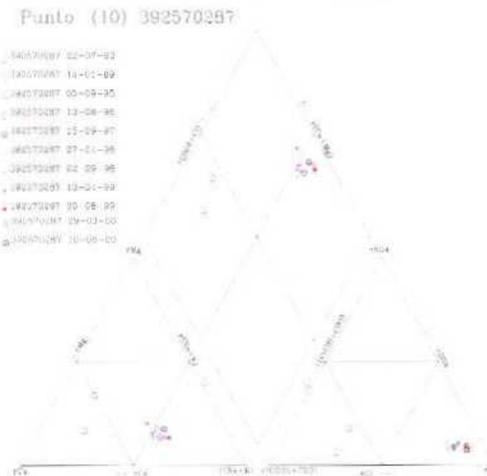


Diagrama de Piper-Hill-Langelier



UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.08

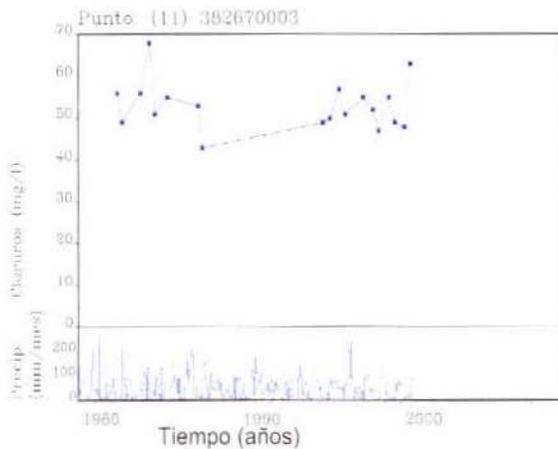
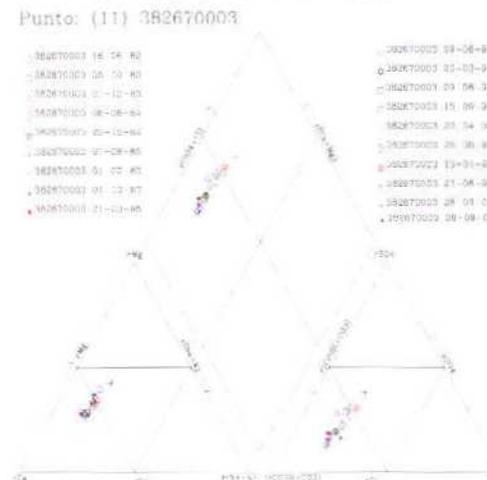
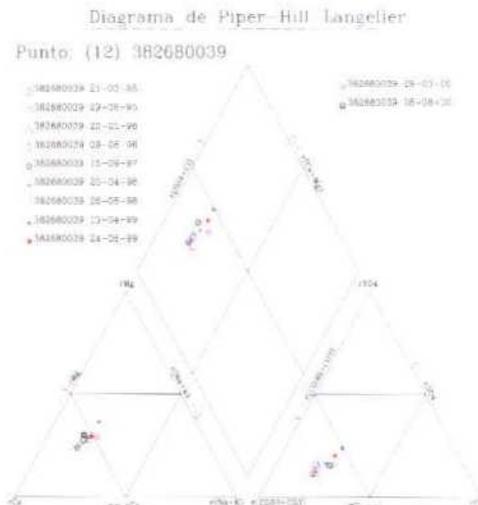
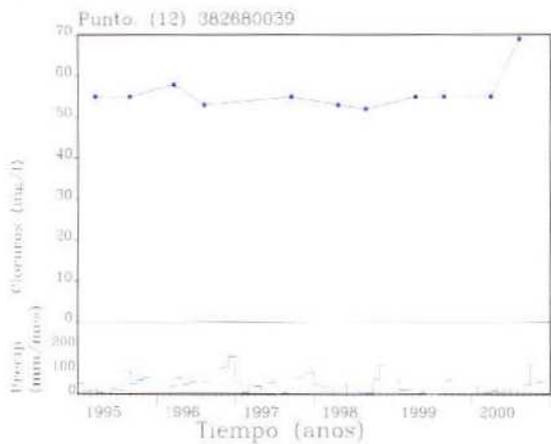


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

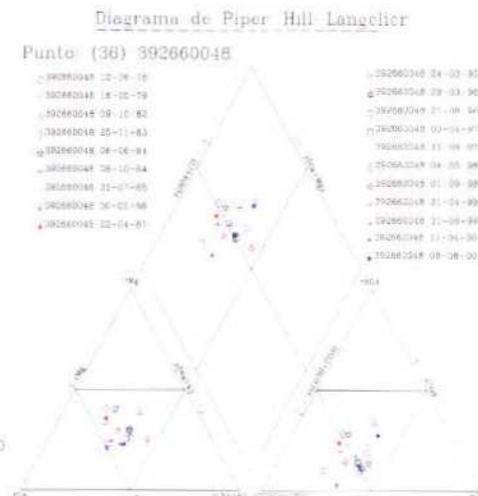
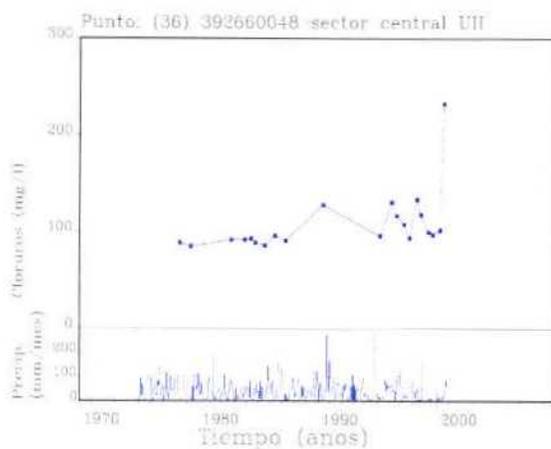
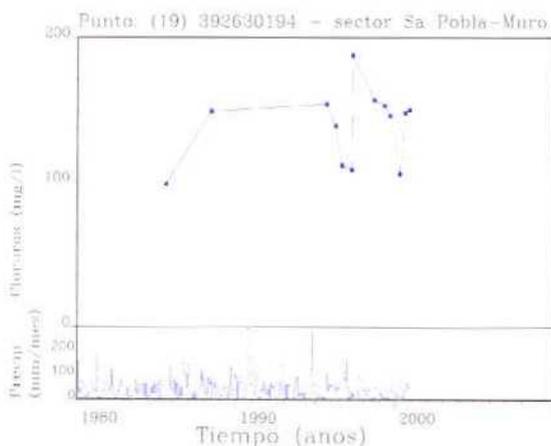


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

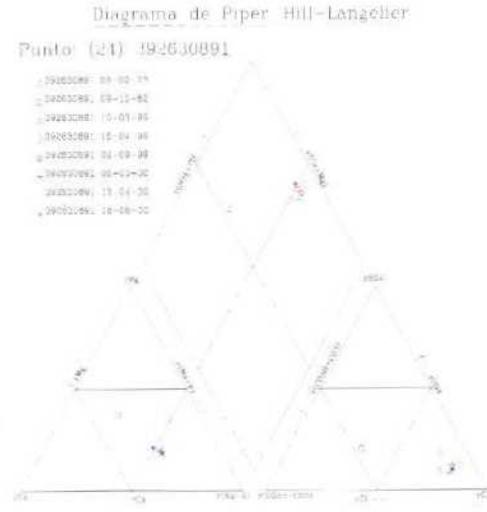
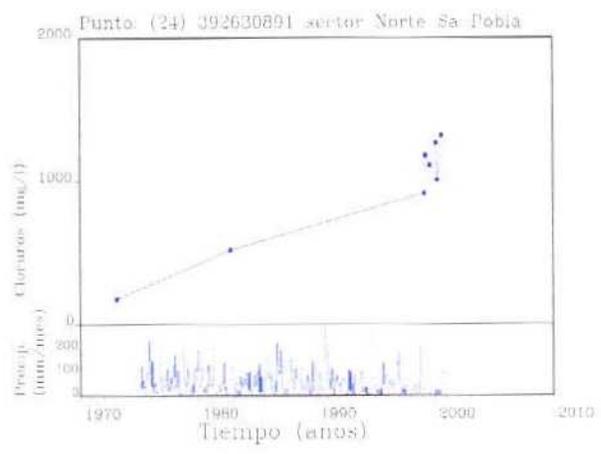
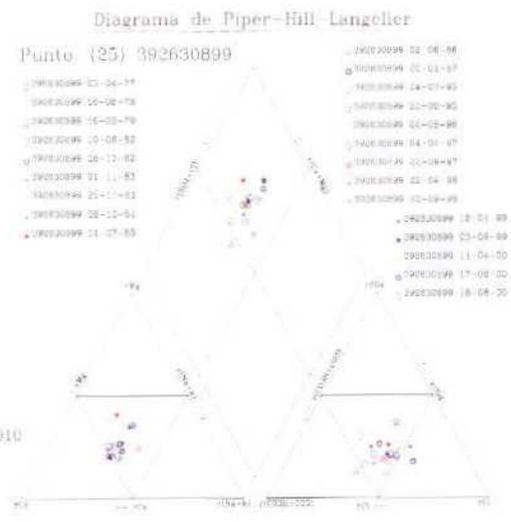
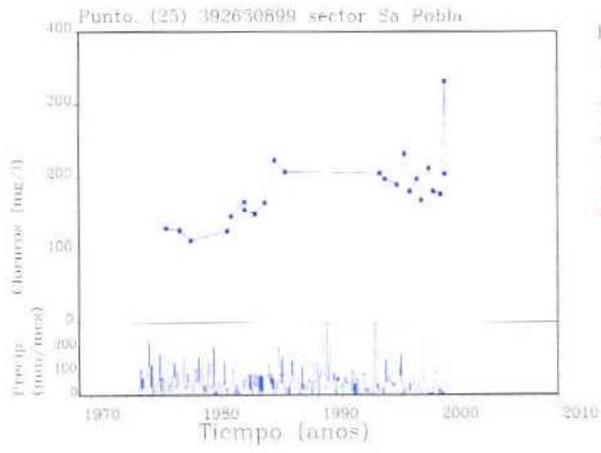
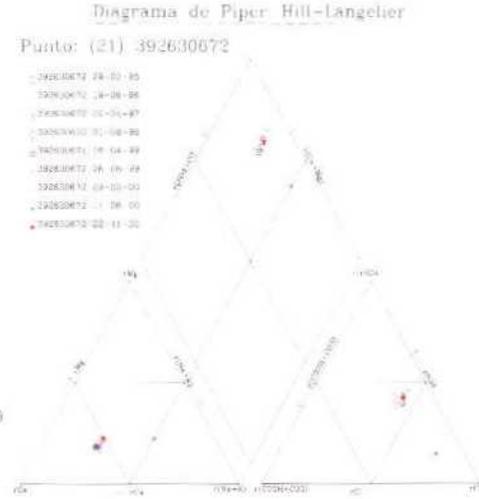
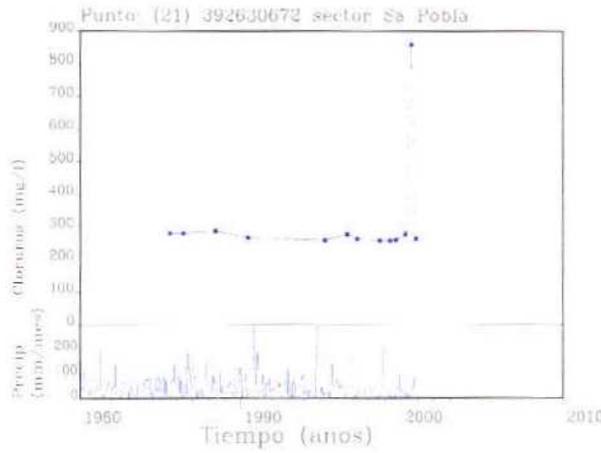
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.09



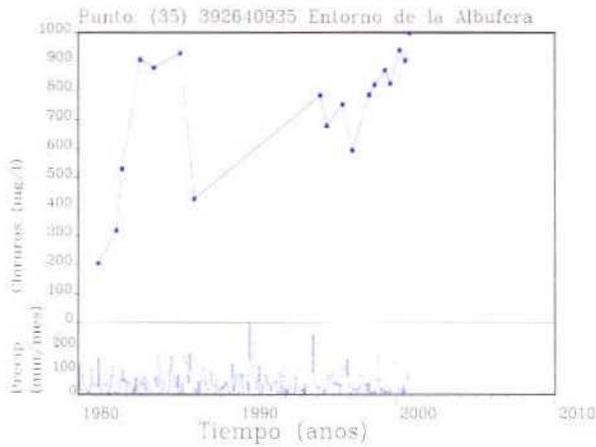
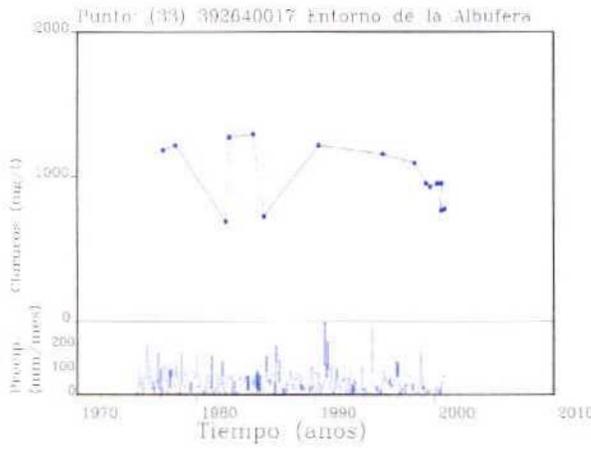
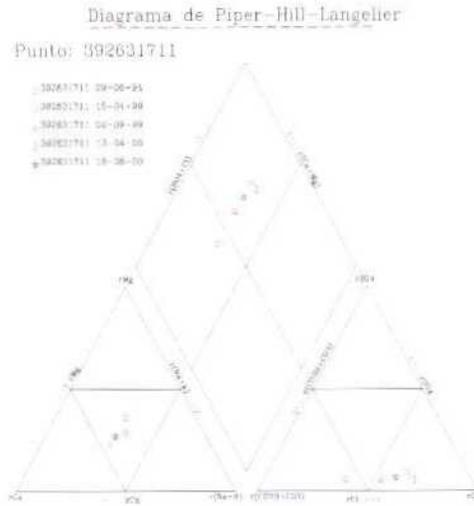
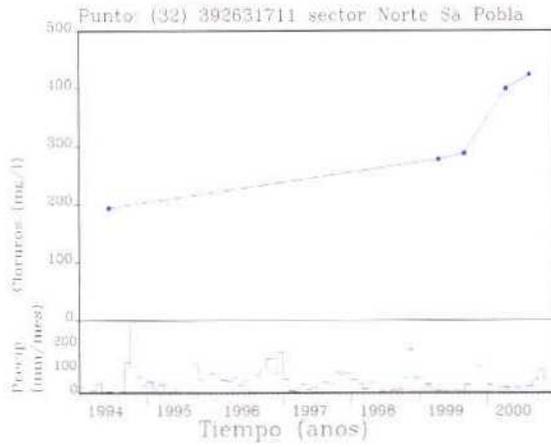
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.11



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

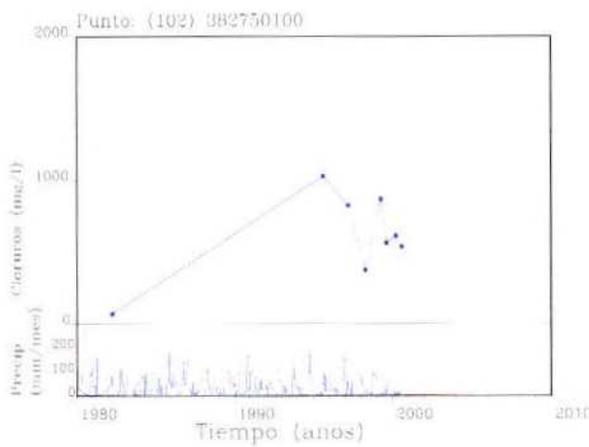
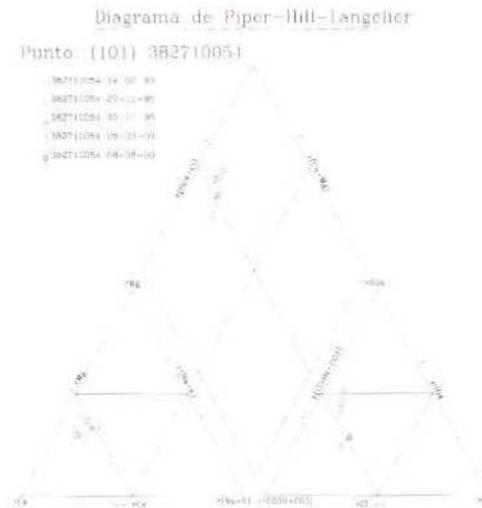
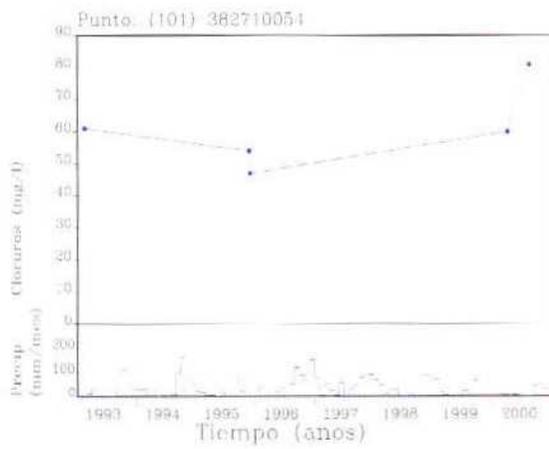
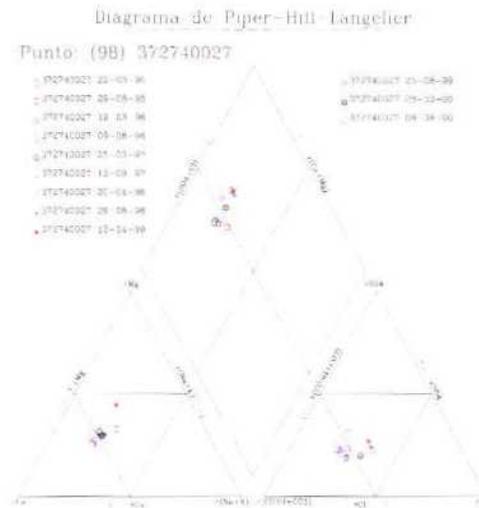
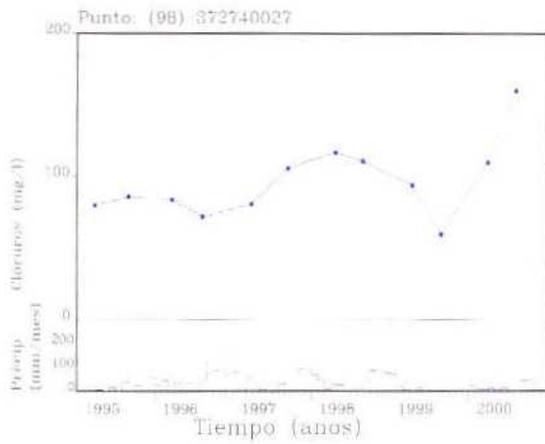


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA



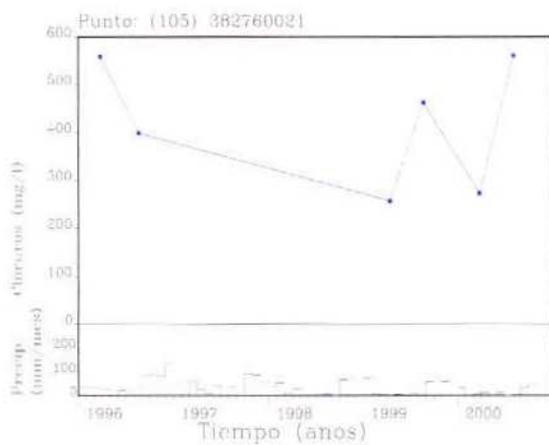
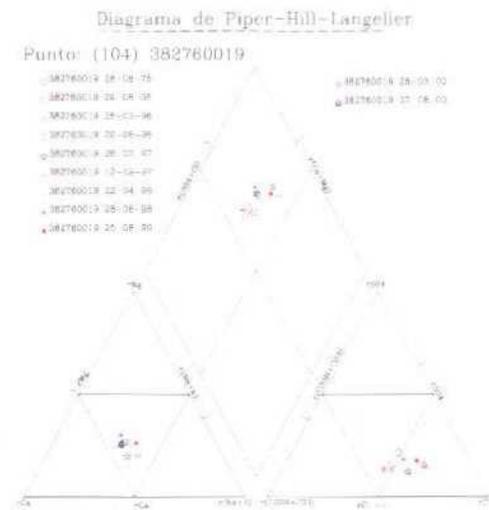
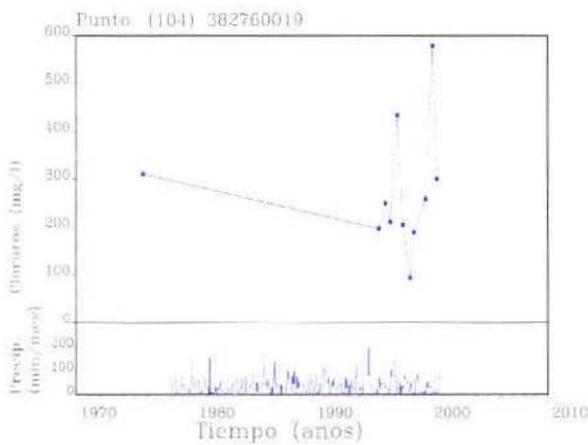
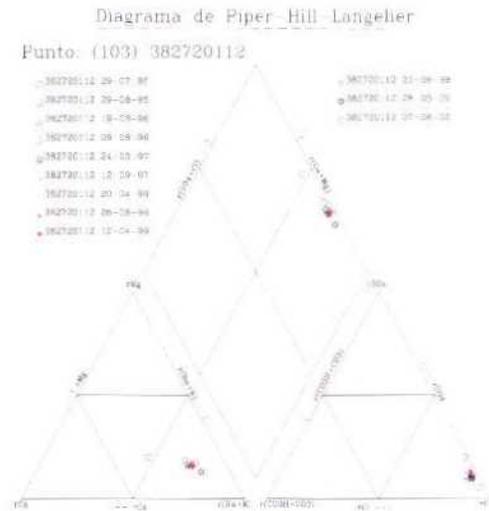
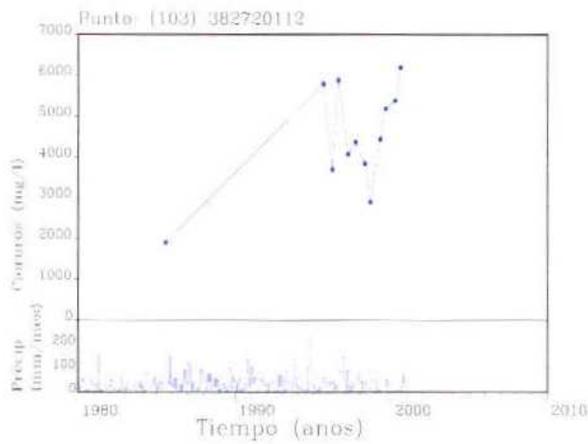
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.12

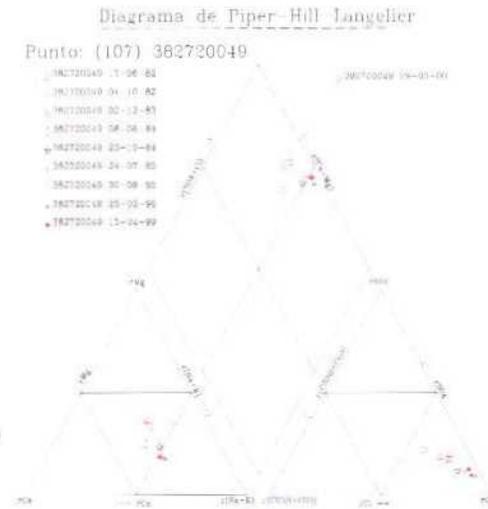
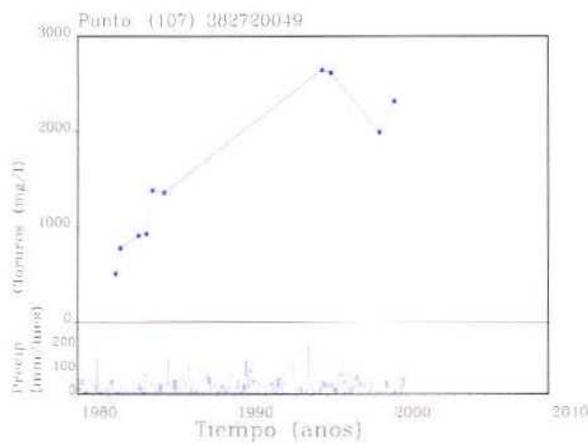


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

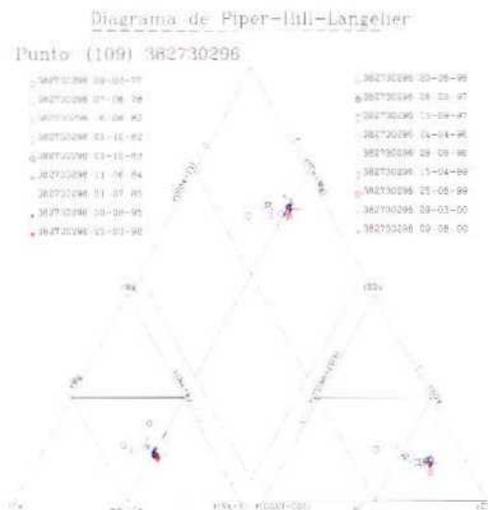
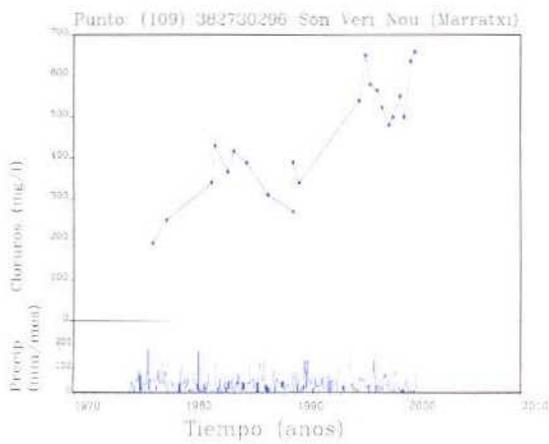
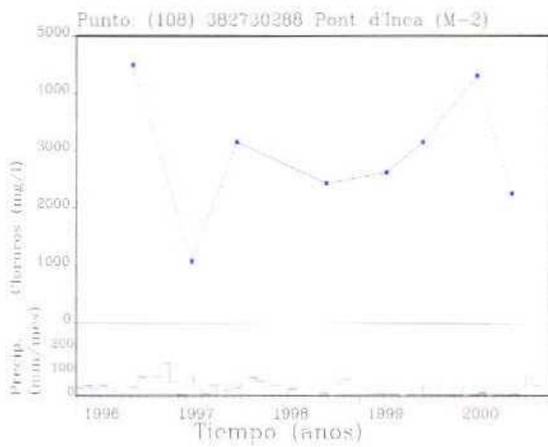
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.13



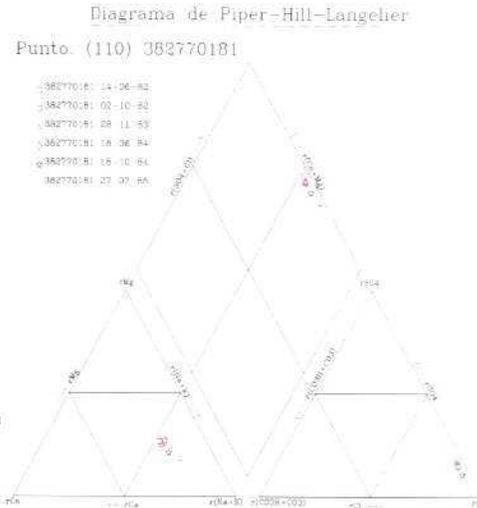
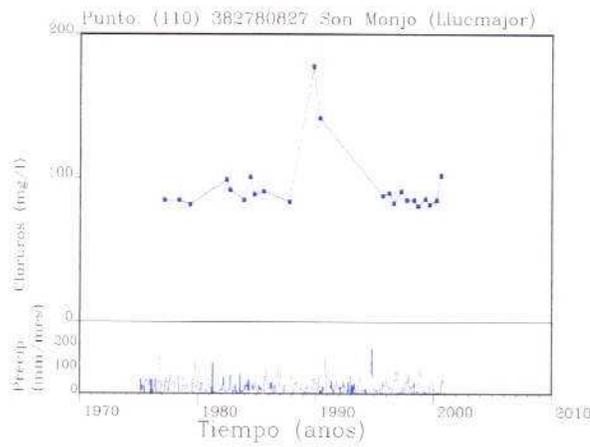
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA



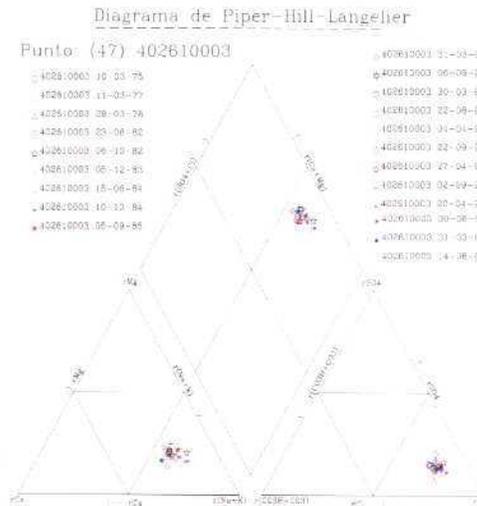
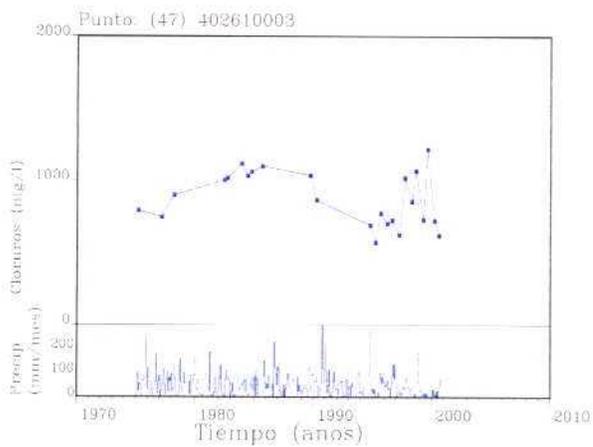
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.14



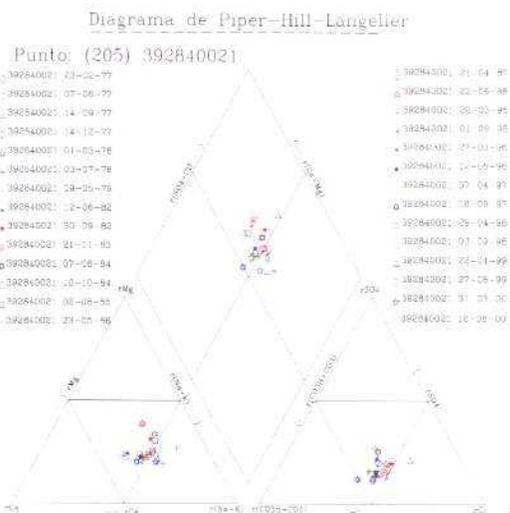
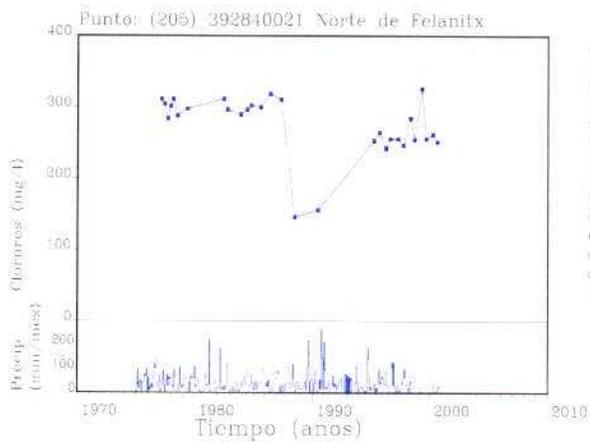
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA



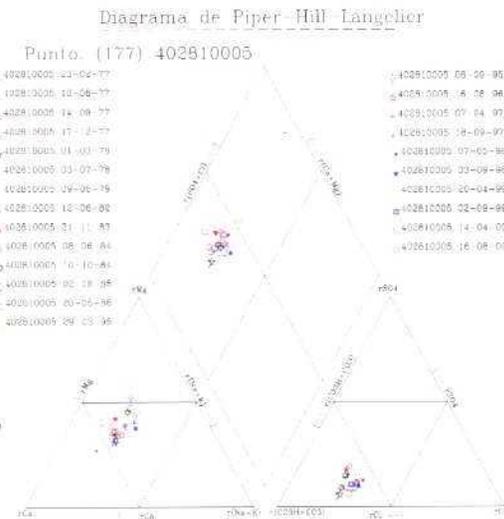
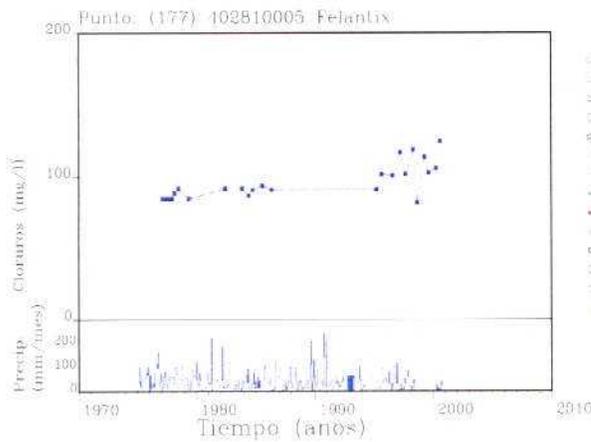
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.16



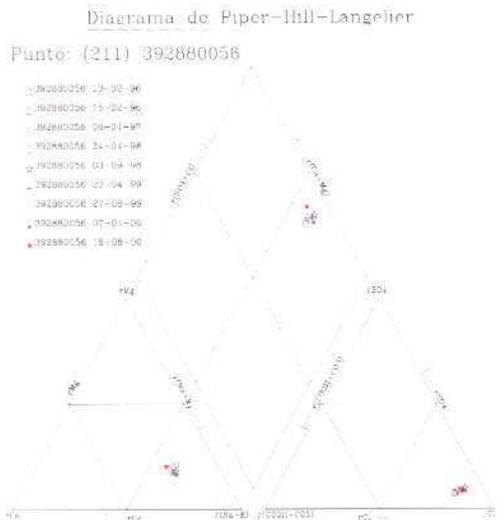
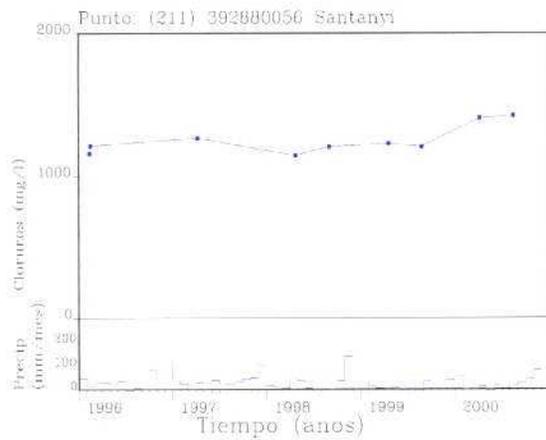
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.19



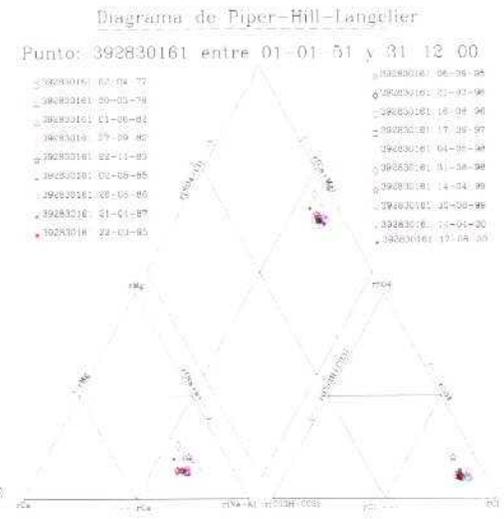
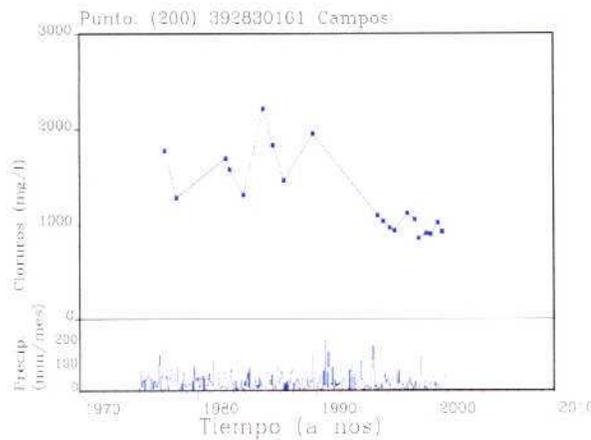
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA



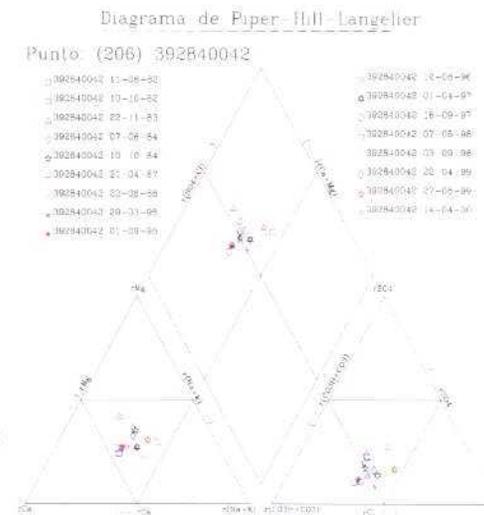
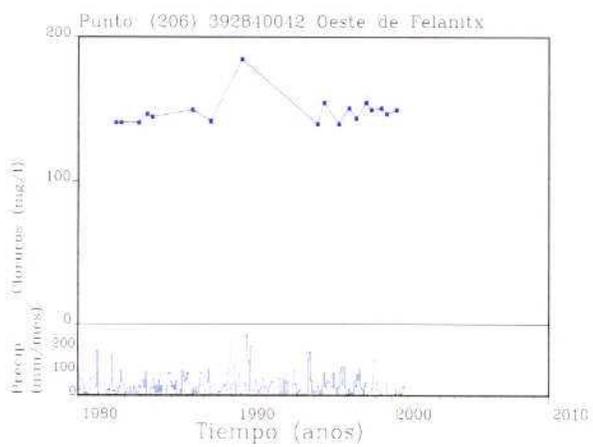
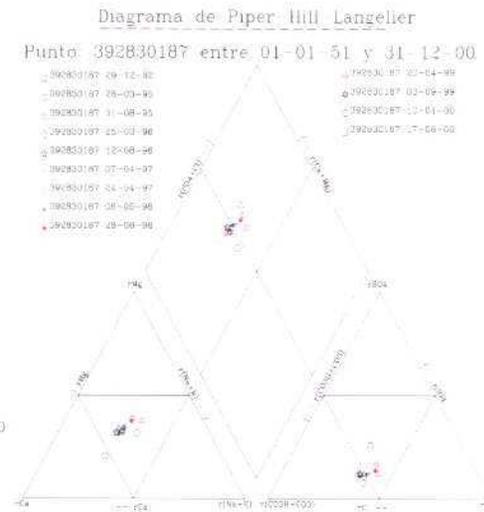
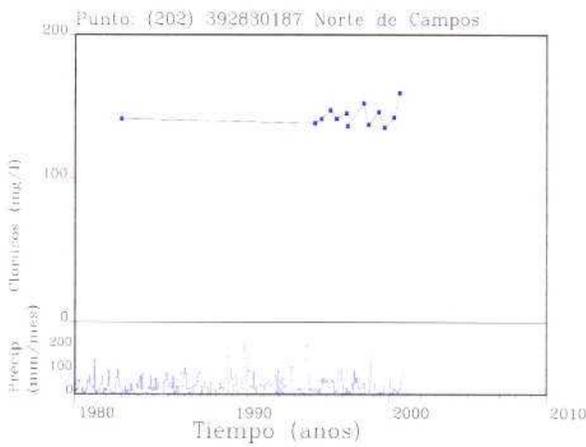
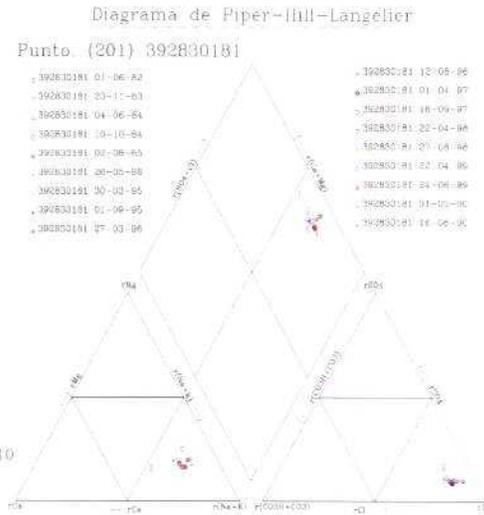
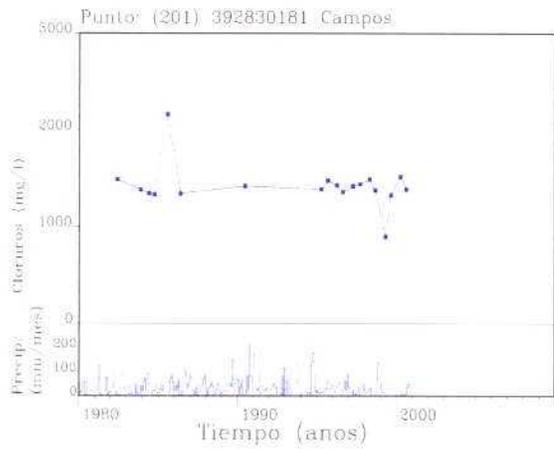
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.20



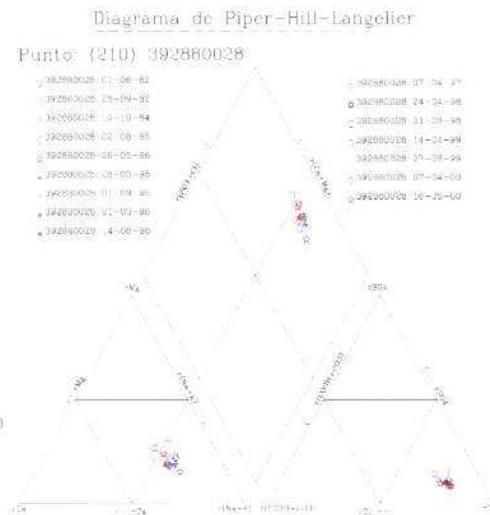
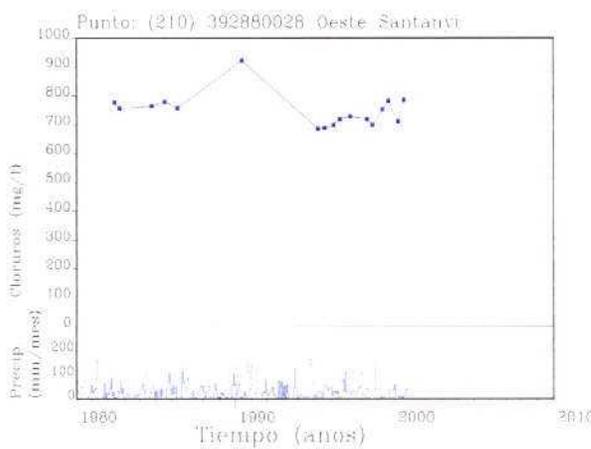
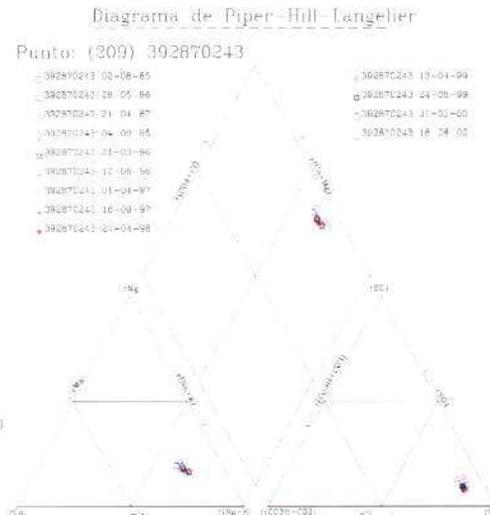
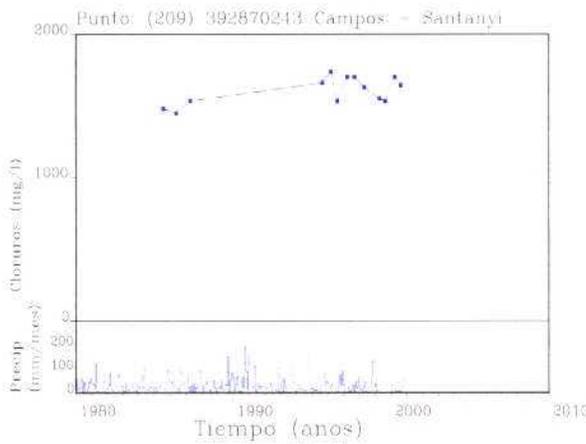
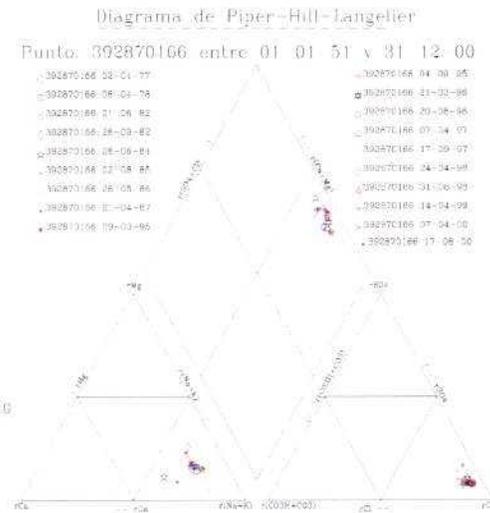
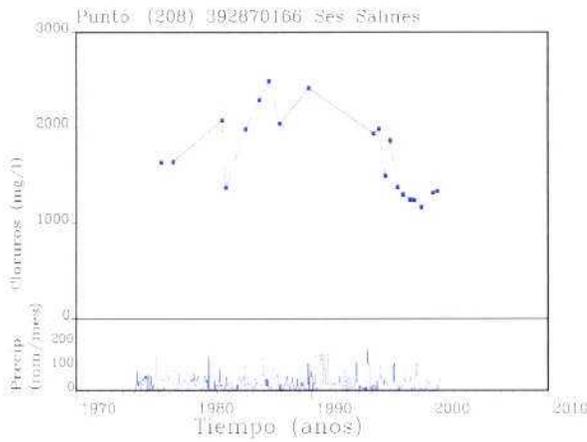
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.21



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA





GOVERN BALEAR

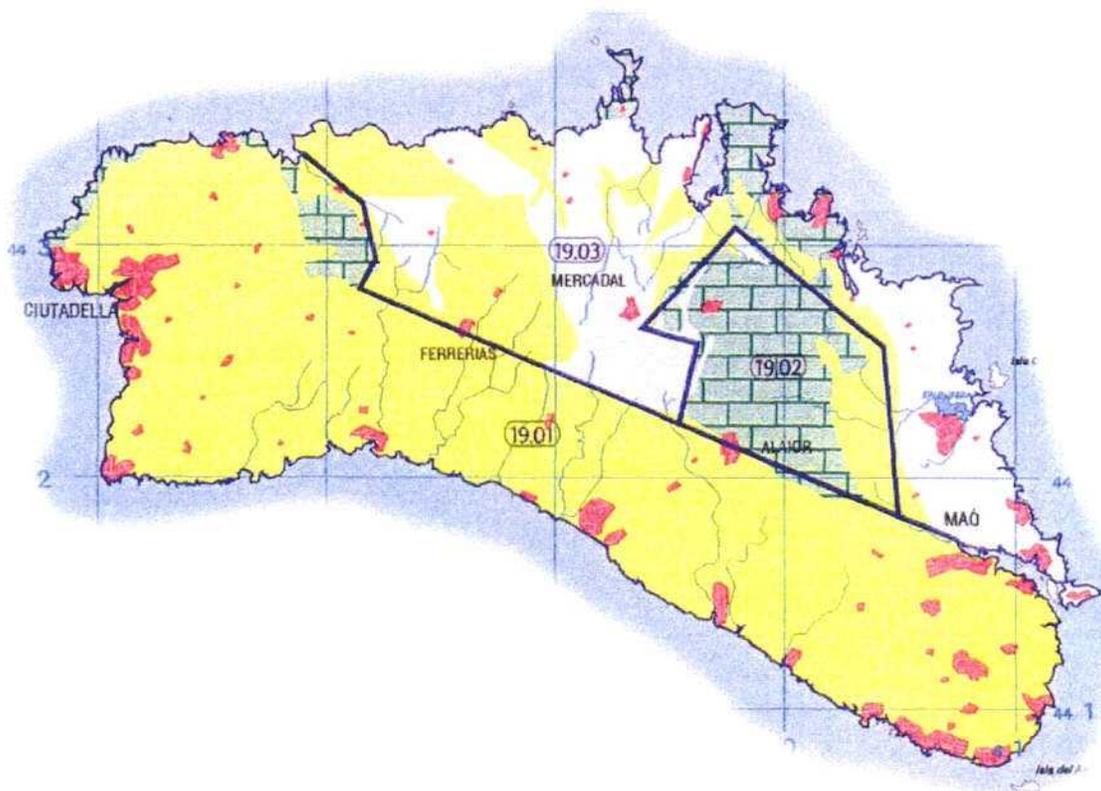
Direcció General de Recursos Hídrics



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

EL ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR

Isla de Menorca – Año 2.000



Instituto Geológico
y Minero de España

Han participado en la elaboración del presente informe los siguientes técnicos:

Por parte del Instituto Geológico y Minero de España:

D. José M^a López García
Dña. Rosa M^a Mateos Ruíz

Por parte de la Direcció General de Recursos Hídrics:

Dña. Concepción Gonzalez Casasnovas
D. Gabriel Femenías

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	6
CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS (U.H.) DE LA ISLA DE MENORCA.....	6
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01 MIGJORN.....	7
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.02 ALBAIDA.....	8
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.03 FORNELLS.....	8
REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO Y DE CALIDAD. AÑO 2.000.....	9
PIEZOMETRÍA DE LA ISLA DE MENORCA (MAYO 2.000).....	10
U.H. 19.01 MIGJORN Y U.H. 19.02 ALBAIDA.....	10
U.H. 19.03 FORNELLS.....	10
CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ISLA DE MENORCA (MAYO 2.000).....	11
U.H. 19.01 MIGJORN.....	12
U.H. 19.02 ALBAIDA.....	13
U.H. 19.03 FORNELLS.....	14
ESTADO ACTUAL DE LOS ACUÍFEROS Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA. TENDENCIAS Y POSIBLES ACTUACIONES.....	14
U.H. 19.01 MIGJORN.....	14
U.H. 19.02 ALBAIDA.....	16
U.H. 19.03 FORNELLS.....	16
GLOSARIO DE TÉRMINOS HIDROGEOLÓGICOS.....	17

ANEXOS

ANEXO I

Tablas de puntos de redes de piezometría y calidad
Mapa de situación de la red piezométrica
Mapa de situación de la red de calidad

ANEXO II

Mapa de piezometría

ANEXO III

Diagramas de Piper
Mapa de isoconductividad
Mapa de isocloruros
Mapa de isonitratos
Mapa de isosulfatos

ANEXO IV

Diagramas de evolución hidrogeoquímica

INTRODUCCIÓN

En el Archipiélago Balear las aguas subterráneas son el principal recurso hídrico, constituyendo un bien público de máximo interés que es necesario conservar. La realización de estudios periódicos que permitan conocer las características hidrogeológicas e hidroquímicas de las aguas subterráneas, así como su evolución en el tiempo, son indispensables para la correcta gestión de este recurso natural.

Dentro de este marco, por parte de la Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH) del Govern Balear y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología, se han diseñado y puesto en explotación distintas redes de control de niveles piezométricos y calidad química de los acuíferos situados en las Islas Baleares que, en ocasiones, proceden de antiguas redes establecidas por organismos e instituciones ya extintas, y que cuentan con registros periódicos que se remontan a la primera mitad de la década de los 70.

El estudio de estas redes se ha ido potenciando con el tiempo, especialmente a raíz de la definición de las diferentes Unidades Hidrogeológicas realizado por el DGOH-ITGE en el año 1.989 y actualizado en 1.998 dentro de la Propuesta del Plan Hidrológico de las Islas Baleares. De este modo, se viene controlando periódicamente la piezometría, calidad química e intrusión marina en los sistemas acuíferos situados en el Archipiélago Balear.

A partir de la puesta en marcha del ACUERDO ESPECÍFICO ENTRE LA CONSELLERÍA DE MEDI AMBIENT, ORDENACIÓ DEL TERRITORI I LITORAL DEL GOVERN BALEAR Y EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1.999, 2.000, 2.001) publicado en el BOE nº 78, Resolución de 20 de marzo de 2.000 con carácter de Convenio Específico de colaboración entre el Instituto Geológico y Minero de España y la Comunidad Autónoma de las Illes Balears, se contempló dentro de la definición de los trabajos, entre otros, la *“Realización de un Informe anual sobre el Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear. Se recopilará la información disponible de las redes de control de acuíferos de ambos Organismos, y al final de cada año se emitirá un informe que recoja de forma sencilla la evolución piezométrica y la calidad química de los diferentes acuíferos que constituyen el Archipiélago”*.

En este contexto se encuadra el presente informe referente al *“ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR. ISLA DE MENORCA”*, donde se refleja la situación de los niveles piezométricos y calidad de las aguas subterráneas de los sistemas acuíferos de esta isla para el año 2.000, así como un análisis de su evolución histórica en los últimos 30 años, y un planteamiento crítico de los problemas existentes y las propuestas de medidas adecuadas para su corrección..

ANTECEDENTES

Cada una de las islas que conforman el Archipiélago Balear constituye en sí misma un sistema hidrológico aislado, cuya principal característica distintiva respecto del territorio peninsular es el hecho de carecer de cursos superficiales de aguas perennes. De esta manera, en Menorca, las aguas subterráneas constituyen casi el único recurso hídrico natural disponible, si exceptuamos el tradicional aprovechamiento de las aguas de lluvia.

La creciente demanda de este recurso, especialmente en determinados sectores relacionados con el turismo y el aumento de la población estacional, ha dado lugar a la sobreexplotación de determinados acuíferos, hecho que debe entenderse no tan solo en su aspecto volumétrico de “disminución de las reservas” sino también como aquellas extracciones cuya cuantía o forma de llevarse a cabo suponen un serio compromiso a la calidad de las aguas subterráneas. En Menorca, donde todas las unidades hidrogeológicas presentan contacto hidráulico con el mar, el principal problema de contaminación por sobreexplotación es el relacionado con la intrusión marina.

De igual manera, la contaminación difusa generada por la introducción de contaminantes en los acuíferos resultado de inadecuadas prácticas agropecuarias supone un problema cada vez más acuciante en los acuíferos menorquines. En menor medida, la actividad industrial y el creciente desarrollo de los núcleos urbanos son focos puntuales de alteración de la calidad de los acuíferos.

CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS (U.H.) DE LA ISLA DE MENORCA

La isla de Menorca se encuentra dividida en 3 unidades hidrogeológicas (ver mapas Anexo I) que corresponden a zonas diferenciables por una dinámica hidrogeológica concreta, directamente relacionada con las características geológicas de los materiales y la estructuración tectónica presentes en cada una de ellas. En Menorca pueden diferenciarse dos zonas geológicas principales separadas a lo largo de una línea imaginaria que une las localidades de Maó y Ciutadella.

La mitad Norte de la isla se encuentra formada por un conjunto de terrenos paleozoicos del Devónico, Carbonífero y Pérmico, de carácter detrítico (pelitas y grauvacas) con niveles carbonatados, a los que se superpone una serie mesozoica que comienza con sedimentos detríticos y carbonatados del Triásico (facies germánica) y continúa con un conjunto predominantemente calco-dolomítico y margoso del Jurásico y Cretácico. Geomorfológicamente los relieves que se observan en este conjunto se encuentran muy evolucionados, dando lugar a morfologías suaves, pese a que en este sector se encuentran los relieves más importantes de la isla, encabezados por los 350 m de altitud del Monte Toro.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

La mitad meridional de la isla de Menorca se encuentra cubierta por una serie terciaria (Mioceno) y plio-cuaternaria, de carácter carbonatado y mixto detrítico carbonatado, con una disposición tabular muy marcada sobre la que se encajan los profundos barrancos que forman la red de drenaje superficial.

Los acuíferos principales corresponden a los terrenos detríticos terciarios y cuaternarios que conforman el relieve tabular de la zona de Migjorn, y en menor medida a las formaciones calcáreas mesozoicas que dan lugar a los relieves más destacados en los que existe una importante circulación kárstica. Dada la heterogeneidad de los terrenos, la permeabilidad es muy variable, con lo que la productividad de las captaciones que en ellos se desarrollan presenta una gran variabilidad.

La recarga de los acuíferos se produce por la infiltración directa del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables, o por la infiltración del agua de escorrentía superficial que llega a circular por los torrentes de forma estacional. Los acuíferos funcionan generalmente como libres, aunque a veces los cambios de facies, la estructura geológica y la estratigrafía de cada sector puede determinar el confinamiento o semiconfinamiento de los acuíferos.

Los límites de las diferentes Unidades Hidrogeológicas no son siempre impermeables, lo que permite la circulación de aguas subterráneas entre ellos y por tanto la recarga de algunos acuíferos a partir de aguas subterráneas procedentes de Unidades Hidrogeológicas colindantes. La descarga natural se produce al mar en las zonas costeras, de forma subterránea hacia unidades vecinas o en el caso de acuíferos colgados mediante fuentes; y de forma artificial por los bombeos para abastecimiento y agricultura. En los últimos años se ha producido un incremento notable de la depuración de aguas residuales que son empleadas posteriormente para el riego, lo que constituye una aportación adicional a la recarga natural de los acuíferos.

A continuación se describen brevemente las características de los acuíferos que se encuentran presentes en cada una de las diferentes Unidades Hidrogeológicas definidas en la isla de Menorca.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01 MIGJORN

Constituye la unidad hidrogeológica más extensa de la isla de Menorca, cubriendo toda la mitad meridional de la isla a lo largo de una línea que une las localidades de Maó y Ferrerías, desviándose a mitad de camino entre esta última localidad y Ciutadella para continuar en dirección Norte hasta la cala de Algayarens. Presenta una superficie total de 391 km², con una línea de costa que se extiende a lo largo de 139,6 km. Desde el punto de vista geológico casi la totalidad de la unidad se encuentra formada por calcarenitas y calcisiltitas miocenas, en facies de talud arrecifal, con una potencia de entre 50 y 100 m, pudiendo superarse los 200 al sur de la localidad de Ciutadella. Estos materiales pueden aparecer recubiertos por una serie de biocalcarenitias dolomitizadas y eolianitas del Plioceno, con una potencia que oscila entre los 10 y los 50 m. A esta unidad hidrogeológica se suman los afloramientos de calizas del Muschelkalk (Triásico) y de calizas y dolomías

del Jurásico y Cretácico que se observan en el sector de Algayarens. Los principales materiales acuíferos de esta unidad los forman tanto las calcarenitas y eolianitas del conjunto Mioceno-Plioceno, que forman un acuífero libre con permeabilidad por porosidad y fisuración, como los tramos calizos y dolomíticos del conjunto mesozoico en el sector de Algayarens, los cuales son permeables por fisuración y pueden encontrarse aislados por el conjunto muy poco permeable de la facies Keuper (Triásico superior). En este sector los acuíferos pueden encontrarse libres o confinados según el sector. Los límites con las unidades hidrogeológicas adyacentes son impermeables excepto en el sector próximo a Alaior donde existe una conexión con las calizas triásicas y jurásico-cretácicas de la unidad de Albaida. La recarga del sistema procede principalmente de la infiltración directa a partir de la precipitación caída sobre los afloramientos permeables, que cubren una superficie aproximada de 375 km², y en menor medida por el aporte subterráneo de la unidad de Albaida, las pérdidas de las redes de distribución, los retornos de riego con aguas limpias o residuales depuradas, y finalmente la intrusión marina, estimándose una aportación total de 69,7 hm³ anuales. Las extracciones por bombeos para abastecimiento y regadío se estiman en 21,1 hm³ anuales, y en 1,5 hm³ anuales las salidas por manantiales y torrentes. El resto corresponde a descarga del sistema al mar a lo largo de la línea de costa.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.02 ALBAIDA

Se encuentra ubicada en la mitad septentrional de la isla de Menorca, limitando a Sur con la plataforma miocena de Migjorn, y bordeada en su sector Norte, de Oeste a Este, por los macizos paleozoicos y liásicos de Mercadal, Fornells y Maó. Ocupa una superficie total de 68 km², sin que exista contacto directo de esta unidad con el mar. Los materiales aflorantes forman una serie mesozoica que comienza con calizas triásicas en facies Muschelkalk, y potencia inferior a los 100 m, seguidas por calizas y dolomías del Jurásico y Cretácico que localmente pueden superar los 200m de potencia. Ambas litologías constituyen sendos acuíferos, separados por un conjunto de margas y yesos triásicos en facies Keuper. Ambos acuíferos son permeables por fisuración, de régimen libre en el conjunto jurásico-cretácico, y prácticamente siempre confinado por el Keuper en el caso de las calizas del Muschelkalk. La recarga del sistema casi exclusivamente por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los 47 km² de afloramientos permeables, más un pequeño aporte vestigial correspondiente a los retornos de riego, estimándose un total de 3,7 hm³ anuales. Las extracciones por bombeo para abastecimiento y regadío se cifran en 0,7 hm³/año, quedando 3 hm³ anuales que son cedidos por flujo subterráneo a la vecina unidad hidrogeológica de Migjorn.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.03 FORNELLS

Constituye el resto de la superficie de la isla de Menorca, con una extensión total de 235 km² que en su extremo septentrional limitan con el mar a lo largo de 155,2 km de línea de costa. En toda su extensión se desarrollan los afloramientos rocosos del conjunto detrítico y calizo paleozoico, y del triásico inferior en facies Buntsandstein. Desde el punto de vista hidrogeológico se cuenta con muy escasa información, al tratarse de un área en general de baja permeabilidad, donde los rendimientos de las explotaciones son muy reducidos, y por consiguiente el número de estas. La mayor parte de los aprovechamientos hidráulicos se

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

concentran en los fondos aluviales cuaternarios, formados por arenas, arcillas y gravas con espesores saturados que no suelen superar los 5 o 10 m de potencia, dando lugar a acuíferos detríticos de régimen libre. Los más extensos se concentran en el sector Tirant-Binimel.la. La recarga del sistema procede casi exclusivamente de la infiltración a partir del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables, que cubren un área de tan sólo 14 km², estimándose en un volumen anual de 1,6 hm³, a los que se añaden 0,1 procedentes pérdidas en las redes de suministro. Las extracciones por bombeos para abastecimiento y regadío se cifran en 0,4 hm³/anuales, y en 0,1 las pérdidas por fuentes y manantiales. El resto corresponde a la descarga directa al mar a lo largo de la línea de costa.

REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO Y DE CALIDAD. AÑO 2.000

Actualmente, tanto el IGME como la Direcció General de Recursos Hídrics mantienen sus propias redes de control piezométrico y de calidad e intrusión en las diferentes unidades hidrogeológicas que conforman el archipiélago balear. Estas redes consisten en pozos, sondeos y piezómetros donde se realizan medidas periódicas de la profundidad de los niveles del agua subterránea y se toman muestras de agua para la realización de análisis hidroquímicos. La Dirección General de Recursos Hídrics cuenta además con varios limnigrafos que permiten un registro continuo de la evolución de los niveles piezométricos en algunos acuíferos de especial interés. Aparte de las medidas periódicas (mensuales, bimestrales, trimestrales o semestrales, según los casos) existen numerosas analíticas adicionales, resultado de la realización de ensayos de bombeo y, también, procedentes de diferentes estudios hidrogeológicos puntuales, que son tenidas en cuenta en la determinación del estado actual de los acuíferos y de su evolución temporal.

En la isla de Menorca el IGME no ha mantenido una red general de control piezométrico, por lo que la totalidad de los datos empleados para la elaboración del presente informe proceden de la red de control piezométrico de la Direcció General de Recursos Hídrics. Los datos empleados para el informe piezométrico del año 2.000 proceden de las medidas efectuadas durante el mes de mayo, al ser este el más representativo por el número y calidad de los datos obtenidos. En total se han considerado 77 registros de piezometría, distribuidos de la siguiente manera: 61 en la U.H. 19.01 Migjorn, 9 en la U.H. 19.02 Albaida, y finalmente 7 en la U.H. 19.03 Fornells. La situación de cada uno de estos puntos queda recogida en la Tabla 1 y en el mapa de Red de piezometría (mayo 2.000).

Para el control de la calidad de los acuíferos se ha considerado la red de control del IGME exclusivamente, debido a la facilidad para el tratamiento de los datos al encontrarse estos informatizados. En total se han considerado 80 registros de analítica completa, que han permitido la realización de mapas de isocontenidos de los iones mayoritarios más representativos, así como de conductividad, correspondientes al mes de mayo de 2.000, distribuidos de la siguiente manera: 73 para la U.H. 19.01 Migjorn, 6 para la U.H. 19.02, y 1 para la U.H. 19.03. La distribución de esta red queda recogida en la Tabla 1 y en el mapa de Red de Calidad (mayo 2.000).

PIEZOMETRÍA DE LA ISLA DE MENORCA (mayo 2.000)

A continuación se recoge la situación de los niveles de agua subterránea de cada una de las unidades hidrogeológicas de la isla de Menorca en el año 2.000. Para ello, y cuando la densidad de datos así lo permite, se han realizado los mapas de isopiezas (Anexo II) que indican la altura de la lámina de agua sobre el nivel del mar. En la realización de dichos mapas se han considerado los datos de las redes de piezometría de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern Balear.

Para la realización de los mapas de isopiezas se empleo el programa SURFER, mediante la generación de redes con el sistema de Krigging. Se impusieron condiciones específicas en la línea de costa, mediante la generación de puntos imaginarios con cota cero, a fin de evitar la presencia de isopiezas perpendiculares a la línea de costa en zonas de descarga.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS 19.01 MIGJORN, Y 19.02 ALBAIDA.

Estas dos unidades hidrogeológicas han sido consideradas conjuntamente para la realización de los mapas de isopiezas ya que, como se mencionó en el apartado de caracterización de las unidades hidrogeológicas, existe un flujo de agua subterránea que recarga la unidad 19.01 Migjorn a partir de la 19.02 Albaida (ver mapa de isopiezas del Anexo II). Los límites con la unidad hidrogeológica 19.03 Fornells se consideran inicialmente impermeables, por lo que las isopiezas se muestran perpendiculares a dichos límites indicando tal condición. Por el contrario, estas últimas son subparalelas a la línea de costa, lo que refleja la descarga del sistema de forma natural hacia el mar, siempre a lo largo del sector meridional y más occidental de la isla.

Los registros considerados pertenecen al mes de mayo del año 2.000, y presentan una distribución que oscila entre valores superiores a los 70 m.s.n.m. en las inmediaciones del Monte Toro, dentro de la unidad 19.02 Albaida, o los más de 60 m.s.n.m. en el sector central de la unidad 19.01 Migjorn, y los valores inferiores a 1 m.s.n.m. en toda la proximidad de la línea de costa. Este régimen natural se ve alterado por la presencia de cotas negativas que marcan el desarrollo de importantes conos de bombeo. Así, se registran valores de hasta -33 m.s.n.m. inmediatamente al Este de la localidad de Ciutadella, en Es Caragolí, que corresponde a la explotación para el abastecimiento urbano a esta localidad.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.03 FORNELLS.

Esta unidad hidrogeológica no cuenta con una red de control que permita una caracterización de la piezometría. Algunos puntos aislados, muy cercanos a la línea de costa en el sector septentrional (Arenal d'en Castell) y en la zona de S'Albufera indican valores muy próximos a la cota cero. En el resto de la unidad no existen piezómetros de control.

CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ISLA DE MENORCA (mayo 2.000)

El control de la calidad del agua en los acuíferos de la isla de Menorca se lleva a cabo mediante la analítica que se realiza en las muestras de agua tomadas por el IGME y la Direcció de Recursos Hídrics en sus respectivas redes de control. A estas muestras, que se toman como mínimo con periodicidad semestral, el IGME añade aquellas que puntualmente se recogen durante la realización de ensayos de bombeo, informes preceptivos, estudios locales, etc., y que son incluidas por su interés en la base de datos que al respecto posee la Oficina de Proyectos del IGME en Palma de Mallorca. A los parámetros fisicoquímicos principales, el IGME incorpora, en los casos en que lo considera necesario, el análisis de elementos menores que pueden ser de gran interés por motivos técnicos y científicos. De esta manera, la caracterización de la calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos de la isla cuenta con un amplio respaldo de información disponible para la realización de estudios específicos en los elementos mayoritarios e incluso minoritarios que se encuentran presentes en las mismas.

De todos los parámetros analizados, a continuación se recoge la evolución de aquellos más representativos de las aguas subterráneas propias de los acuíferos de la isla. Los cationes e iones mayoritarios (calcio, sodio, magnesio, bicarbonato, cloruro y sulfato) permiten una clasificación del tipo de agua mediante el empleo de un diagrama trilinear (Piper), que permite asignar un sello de identidad al agua procedente de un acuífero y su estado evolutivo (ver Anexo III).

Por otra parte, el análisis del contenido en ión cloruro es fundamental en los acuíferos conectados con la línea de costa para determinar el grado de intrusión de agua de mar en los mismos, sirviendo como criterio indirecto para determinar el grado de sobreexplotación de este tipo de acuíferos. Su presencia en acuíferos desconectados aislados del mar permite determinar la presencia de contaminantes naturales (presencia de sales en el subsuelo) o inducidos por el hombre (en el caso del empleo de aguas residuales, depuradas o no).

A este último aspecto contribuye también el control de la presencia de ión nitrato, muy frecuente como contaminante en zonas de regadío intensivo, y aportado al acuífero a partir de la aplicación incontrolada de fertilizantes nitrogenados. Este último es también analizado en el presente informe dada la presencia de concentraciones anómalas por encima de los niveles máximos marcados por la legislación actual en materia de aguas potables, en algunos sectores de la isla, que actualmente son objeto de estudio y control por parte de la Direcció General de Recursos Hídrics en colaboración con el IGME.

El resto de parámetros químicos analizados presenta valores normales, con excepciones puntuales, como elevadas concentraciones de sulfatos de origen natural (por presencia de yesos en el subsuelo).

En cuanto a los parámetros físicos, los más destacados por la información de carácter general que aportan, son la temperatura y la conductividad. La conductividad eléctrica es

un factor ampliamente analizado en los estudios de calidad de las aguas subterráneas siendo un indicativo del grado de mineralización del agua subterránea. En el caso de los acuíferos de las islas Baleares, frecuentemente conectados con el mar, la conductividad eléctrica está fuertemente condicionada por la presencia del ión cloruro en sus aguas, de manera que los máximos de conductividad eléctrica coinciden con las zonas del acuífero próximas a la franja litoral y con las zonas de intensa sobreexplotación en las que se ha inducido el proceso de intrusión marina por bombeos.

A continuación se describe para cada una de las unidades hidrogeológicas de la isla de Menorca y con datos actualizados al año 2.000 la caracterización hidrogeoquímica de acuerdo con la clasificación de Piper-Hill-Langelier, basada en los iones mayoritarios presentes en el agua subterránea; así como los mapas de isoconductividad y contenido en ión cloruro, indicativos del proceso de intrusión marina en la unidad hidrogeológica, y en aquellas unidades donde se ha detectado una concentración anómala, los mapas de isocontenido en ión nitrato y sulfato para el período considerado (ver mapas del Anexo III).

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01 MIGJORN

La unidad hidrogeológica 19.01 Migjorn, cuenta con un total de 71 puntos seleccionados para la campaña de mayo de 2.000 y que cubren toda la extensión de la unidad, con especial concentración en los alrededores de las localidades de Maó y Ciutadella. La representación sobre un diagrama de Piper (Anexo III) muestra un conjunto de aguas mixtas, evolucionando desde las netamente bicarbonatadas sódico-cálcicas hasta las marcadamente cloruradas sódicas, predominando las facies cloruradas cálcicas.

La presencia destacada del ión cloruro en una unidad hidrogeológica en contacto con el mar refleja el proceso de intrusión de agua marina en los acuíferos, de forma natural o inducida por los bombeos que en ella se realizan. El análisis de los mapas de isoconductividad y contenido en ión cloruro (Anexo III) permiten identificar las zonas afectadas por dicha intrusión. Así se observa claramente, en el mapa de isocloruros, la presencia de concentraciones de ión cloruro muy próximas a los 1.000 mg/L en la zona costera más oriental de la isla, al Sur de Maó, entre las localidades de Villacarlos y S'Algar, y al Sur de San Luis en las inmediaciones de Punta Prima. Igualmente se registran concentraciones similares en toda la línea costera de los alrededores de Ciutadella, en la costa occidental de la isla, con una fuerte entrada hacia el interior en las inmediaciones de la Cala Santandria. Sin embargo, estas concentraciones quedan muy reducidas en magnitud cuando se comparan con el marcado cono de intrusión marina que se registra al Este de la localidad de Ciutadella, donde el ión cloruro llega a alcanzar concentraciones que superan ampliamente los 4.000 mg/L debido a las extracciones que se realizan en Es Caragolí para el abastecimiento urbano a la localidad de Ciutadella. El resto de la unidad presenta concentraciones de ión cloruro que oscila entre los 100 y los 450 mg/L.

El mapa de isoconductividad eléctrica constituye un fiel reflejo del mapa de isocloruros, con conductividades medias que oscilan entre los 1.000 y los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en toda la unidad, y valores entre 3.000 y 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las zonas costeras del entorno de Maó y Ciutadella. Las extracciones de Es Caragolí quedan marcadas por un fuerte incremento de la conductividad, superándose los 13.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En cuanto a la concentración de ión nitrato se han marcado con curvas de isocontenidos únicamente cuando ésta supera los 50 mg/L que contempla la actual normativa como máximo tolerable en aguas de consumo humano. Existen dos áreas principales en las cuales se supera esta concentración: por un lado el sector oriental de la isla, concretamente en una franja que une las localidades de Villacarlos y San Clemente, lugar este último donde se llegan a alcanzar valores de 140 mg/L de ión nitrato, y cuyo origen podría estar relacionado con una contaminación de tipo industrial/urbano dado el poco desarrollo agrícola del sector; y por otro lado el extremo occidental de la isla donde se encuentran tres focos principales. Los dos primeros al Noreste y Sureste de la localidad de Ciutadella, presentan concentraciones que no alcanzan los 100 mg/L de ión nitrato y que pueden obedecer a la actividad ganadera. Un tercer punto que destaca con concentraciones similares en la línea de costa junto a la urbanización “Los Delfines” y cuya concentración puede obedecer a la actividad urbana.

El análisis de la concentración de sulfatos indica concentraciones medias en la unidad de 45 mg/L, superándose tan sólo el valor de referencia de 250 mg/L en un punto al Oeste de Maó (516 mg/L) y otro en la zona de extracción de Es Caragolí, al Este de Ciutadella (584 mg/L). Generalmente, la presencia de elevadas concentraciones de sulfato es indicativa de la presencia de yesos en las litologías constitutivas del acuífero, aunque en este caso en particular se desconoce la presencia de facies yesíferas en las litologías que conforman el acuífero mioceno.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.02 ALBAIDA

La unidad de Albaida cuenta con 4 puntos de control de calidad muestreados durante el mes de mayo de 2.000, los cuales presentan una notable variabilidad en el diagrama trilinear de Piper (Anexo III). Así, dos de las muestras presentan aguas de tipo bicarbonatado cálcico, una tercera es de tipo mixto clorurada-bicarbonatada calcico-sódica, y finalmente destaca una cuarta de tipo netamente sulfatada-cálcica. Las dos primeras corresponden a los puntos más septentrionales, y presentan una facies propia del acuífero mesozoico carbonatado que interesan. Las dos restantes parecen verse afectadas, en especial la que presenta una facies sulfatada y que corresponde al sector central de la unidad, por la presencia de yesos pertenecientes a la facies Keuper del Triásico superior atravesados en la perforación.

El mapa de isoconductividades (Anexo III) presenta valores medios inferiores a los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la unidad, que se ven alterados por la presencia del punto afectado por sulfatos, donde se superan los 4.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este valor elevado en la conductividad no queda reflejado en el mapa de isocloruros, rompiendo la relación que existe entre ambos mapas en las unidades costeras con problemas de intrusión. En esta unidad la concentración de ión cloruro apenas rebasa los 250 mg/L, lo que indica que no existen problemas de contaminación por intrusión marina.

La concentración en ión nitrato es muy baja en toda la unidad, tal y como muestra el mapa de isonitratos (Anexo III), oscilando ente 5 y 24 mg/L, siempre muy por debajo del máximo tolerable para aguas de consumo humano.

El mapa de contenido en ión sulfato (Anexo III) muestra por el contrario una destacada anomalía en el punto antes mencionado, con valores registrados en el mes de mayo de 1.670 mg/L en ión sulfato.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.03 FORNELLS

En esta unidad no existe una red para el control de la calidad que permita una clara definición de los acuíferos que la forman y sus diferentes características hidrogeoquímicas, por lo que la representatividad de los mapas en esta unidad es muy reducida. Únicamente se cuenta con un dato puntual situado en el extremo occidental de la unidad y muy próximo a la vecina unidad hidrogeológica 19.01 Migjorn (Anexo III).

La facies deducida del diagrama de Piper indica que se trata de un agua de tipo mixto clorurada-sulfatada sódico-magnésica. El mapa de isoconductividades refleja valores por encima de la media, situándose en torno a los 3.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e igualmente se registran valores algo elevados en cuanto al contenido en ión cloruro (566 mg/L) y bastante destacado en ión sulfato (840 mg/L). La concentración de ión nitrato es muy baja en este punto, no alcanzándose los 10 mg/L (ver mapas del Anexo III).

ESTADO ACTUAL DE LOS ACUÍFEROS Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA. TENDENCIAS Y POSIBLES ACTUACIONES.

A continuación se describe brevemente el estado que presentan actualmente cada una de las unidades hidrogeológicas en que se divide la isla de Menorca, destacando aquellas características que presentan anomalías de importancia y las posibles actuaciones tendentes a su corrección o recuperación. En el Anexo IV se recogen las evoluciones temporales de la concentración en ión cloruro y de la variación de la facies hidroquímica (clasificación de Piper-Hill-Langelier) para una serie de puntos representativos de cada unidad hidrogeológica o sector de la misma, y de los que se dispone de registro histórico al menor en los últimos 5 años.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01 MIGJORN.

La unidad hidrogeológica de Migjorn presenta en la actualidad aguas de calidad media, con aguas mixtas de tipo mixto en la mayor parte del sector central de la unidad (ver gráficos de Piper de los puntos 38, 37 y 34, Anexo IV), empeorando notablemente en los extremos oriental y occidental junto a las localidades de Maó (diagramas de Piper de los puntos 59, 66, 47, 46, 45, y 57, Anexo IV) y Ciutadella (puntos 25, 24, 16, 13, 8 y 9), donde la facies clorurada sódica es representativa de amplios sectores de la franja costera y áreas del interior (sector Este de Ciutadella). En ambos extremos existen concentraciones elevadas de ión cloruro debido a la intrusión marina generada por los bombeos, para el abastecimiento principalmente, alcanzándose concentraciones superiores a los 4 g/L al Este de la localidad de Ciutadella. La distribución de ión nitrato sigue pautas similares, con focos que superan los 50 mg/L en los alrededores de Maó y San Clemente (140 mg/L) y Ciutadella, debido a la actividad industrial y ganadera. El sector central de la unidad no

presenta problemas de intrusión marina, dada la elevada piezometría que se registra en los alrededores de Mercadal, con valores que superan los 60 m.s.n.m., frente a los registros inferiores a 5 m.s.n.m. que se extienden ampliamente en el extremo oriental y especialmente en el extremo occidental de la unidad. La presencia de concentraciones ligeramente elevadas en ión sulfato son de carácter puntual y asociadas a la litología propia del acuífero, por lo que no son significativas del estado general de la unidad, si bien en las extracciones para el abastecimiento de Ciutadella las aguas analizadas llegan a marcar una facies de tipo clorurado-sulfatado. No existen otros indicios de alteración de la calidad en la unidad.

La tendencia actual parece indicar un progresivo aumento en la extensión del proceso de intrusión marina en los alrededores de las localidades de Maó y especialmente de Ciutadella. Los gráficos de evolución de la concentración de ión cloruro en el sector oriental de la unidad (Anexo IV) indican una tendencia al alza en los puntos 59 y 46, correspondientes al sector costero más oriental, donde la concentración inicial de ión cloruro ha variado desde principios de los años 80 pasando de valores iniciales próximos a los 200 mg/L a superar los 1.000 mg/L. Este ascenso en la concentración ha dado lugar a una evolución en la facies hidroquímica en algunas partes del acuífero, donde se ha pasado de composiciones iniciales de tipo mixto a netamente cloruradas sódicas en la actualidad (ver gráfico de Piper punto 46, Anexo IV). En el sector meridional, punto 66, la concentración de ión cloruro registrada desde 1.995 se mantiene estable en torno a los 1.000 mg/L.

En el sector central la concentración de ión cloruro se muestra en general estable, incluso en puntos cercanos a la línea de costa, con valores entre 100 y 200 mg/L, y facies hidroquímicas de carácter mixto. Destaca por su carácter anómalo el punto 34, donde se registran concentraciones de ión cloruro que llegan a alcanzar los 600 mg/L, con una gran variabilidad temporal. El diagrama de Piper indica para este punto un agua de tipo clorurado sódico, que dada su posición espacial alejada de la línea de costa constituye una anomalía que no parece tener relación con fenómenos de intrusión marina.

En el sector occidental de la unidad se registran concentraciones elevadas de ión cloruro que dan lugar a facies cloruradas sódicas en amplios sectores al Sur (puntos 24 y 25), al Este (puntos 16 y 13) y al N (punto 9) y NO (punto 8) de la localidad de Ciutadella. En algunos casos, como los que registran los gráficos de evolución de la concentración de ión cloruro de los puntos 13 y 16, situados en las inmediaciones de la zona de bombeo para abastecimiento urbano de Es Caragolí, el incremento en ión cloruro es destacable en los últimos años, pasando de valores inferiores a los 200 mg/L a principios de los años 80 hasta alcanzar los 700 mg/L en el entorno del punto de extracción, lugar en el que se superan los 4.000 mg/L. Este aumento de concentración ha dado lugar a la evolución de la facies hidroquímica en algunos sectores donde inicialmente era de tipo mixto hacia facies cada vez más cloruradas (ver diagrama de Piper del punto 13, Anexo IV). Una evolución similar se registra en el punto 8, ubicado en la zona cercana a la línea de costa al Oeste de la localidad de Ciutadella. Únicamente el punto nº 9, situado en la zona más septentrional de la unidad, presenta una tendencia descendente en la concentración de ión cloruro durante los últimos años, pasando de concentraciones iniciales superiores a los 800 mg/L a valores

inferiores a 500 mg/L, si bien su facies hidroquímica continúa siendo notablemente clorurada sódica.

La redistribución de los actuales puntos de abastecimiento a la localidad de Ciutadella, dispersándose en diferentes captaciones con menor volumen de extracción en cada una de ellas, y su correcta ubicación en sectores alejados de la línea de costa son las medidas más inmediatas y eficaces para reducir el problema de intrusión marina en todo el sector y para la recuperación del área del acuífero afectada por el cono de intrusión marina generado en la zona de extracción de Es Caragolí.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.02 ALBAIDA

Se trata de una unidad con aguas de calidad muy variable, debido no a problemas de contaminación de origen antrópico sino originadas por la presencia de materiales yesíferos del Triásico superior en algunas de las perforaciones. Así, las aguas que proceden de sondeos no afectados por la presencia de estos materiales son en general de buena calidad, con facies hidroquímicas de tipo bicarbonatado cálcico y mixto (ver gráficos punto 75, Anexo IV). En el sector central de la unidad sin embargo la presencia de facies yesíferas introduce una carga contaminante muy destacable de tipo sulfatado y clorurado, dando lugar a aguas de tipo sulfatado cálcico y mixto (punto 74, Anexo IV). Aparte de la elevada concentración de ión sulfato, que puede superar los 1.600 mg/L en el sector central, el resto de la unidad no presenta ningún indicio de contaminación.

Los niveles piezométricos se muestran muy elevados en el sector septentrional de la unidad, superándose la cota +70 m, lo que unido a la desconexión con la vecina unidad de Fornells impide que se produzcan procesos de intrusión marina en todo este sector. La piezometría desciende progresivamente hacia la unidad vecina de Migjorn, con la cual existe conexión hidráulica. En la línea de unión se registra el mínimo piezométrico que alcanza casi los 15 m.s.n.m., lo que unido a las escasas extracciones en este sector dificultan la presencia de intrusión marina en esta unidad.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 18.03 FORNELLS

No existe una red definida para el control piezométrico y de calidad en esta unidad, debido principalmente a la complejidad geológica y la reducida utilización de los acuíferos en esta área. Es necesario establecer una red de control cuya distribución espacial permita realizar un seguimiento del estado general de la unidad.

GLOSARIO DE TÉRMINOS HIDROGEOLÓGICOS

ACUÍFERO: Rocas o sedimentos cuyos poros, grietas y fisuras pueden ser ocupados por el agua y en los que ésta puede circular libremente, en cantidades apreciables, bajo la acción de la gravedad.

Existen otras definiciones que dan idea de un aprovechamiento económico del agua encerrada en un acuífero: aquel estrato o formación geológica que permitiendo la circulación del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para subvenir a sus necesidades.

ACUÍFERO CONFINADO: Acuífero limitado en su parte superior por una capa de permeabilidad muy baja, a través de la cual el flujo es prácticamente inapreciable. El agua contenida en los mismos está sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica, y ocupa la totalidad de los poros y huecos de la formación geológica que los contiene.

ACUÍFERO COSTERO: Tipología de acuífero en función de su ubicación geográfica, en este caso situado en contacto hidráulico con el mar, y, por tanto, tiene una zona invadida por agua salada.

ACUÍFERO SALINO (o salinizado): Acuífero caracterizado por que sus aguas subterráneas presentan un alto contenido en sales disueltas que impiden su utilización para cualquier uso consuntivo.

ACUÍFERO SOBREEXPLOTADO: Se considera un acuífero sobreexplotado cuando se está poniendo en peligro inmediato la subsistencia de los aprovechamientos existentes en el mismo, como consecuencia de venirse realizando extracciones anuales superiores al volumen medio de los recursos anuales renovables, o que se produzca un deterioro grave de la calidad del agua. La existencia de riesgo de sobreexplotación se apreciará también cuando la cuantía de las extracciones referida a los recursos renovables del acuífero genere una evolución de éste que ponga en peligro la subsistencia a largo plazo de sus aprovechamientos. El concepto de sobreexplotación caracteriza una situación en la que se manifiestan efectos indeseables. Estas situaciones no tienen una definición sencilla, el problema radica en que la determinación del óptimo de una explotación no es fácil, ya que son múltiples y diversos (económicos, de calidad, ecológicos) los criterios de aplicación.

ACUÍFEROS LIBRES: Acuífero en el que el material permeable se extiende hasta la superficie. En ellos, la superficie libre del agua está en contacto directo con el aire y por lo tanto a presión atmosférica.

CABALGAMIENTO: Movimiento tectónico que lleva a un conjunto de materiales a cubrir a otro mediante un contacto anormal poco inclinado (superficie de cabalgamiento). También, recubrimiento resultante de este movimiento (lámina o escama de cabalgamiento).

DETRÍTICOS (materiales): Rocas constituidas por la acumulación de fragmentos de diversa naturaleza y tamaño. Las partículas constituyentes reciben distintos nombres según su tamaño, que de menor a mayor diámetro son, **arcilla**, limo, arena y grava, denominaciones válidas también para los sedimentos correspondientes. El comportamiento frente a la circulación hídrica puede variar en las rocas constituidas por los mayores tamaños de grano, que son los que por su permeabilidad presentan interés hidrogeológico, según que los granos estén o no trabados con la presencia de una matriz (constituida por granos de menor tamaño) o cemento (de precipitación química). Las arcillas tienen una permeabilidad muy baja.

FACIES: Categoría en la que se puede encuadrar un elemento en función de sus características. Por ejemplo, una roca en función de sus características litológicas, o una muestra de agua en función de sus características físico-químicas.

INFRALÍAS: División estratigráfica que comprende al Rhetiense (actualmente situado en el Triás, pero antes en el Jurásico) y el Hettangiense (era secundaria).

INTRUSIÓN MARINA: Penetración tierra adentro de la interfase agua dulce-agua salada en los acuíferos costeros por el efecto inducido artificialmente (bombeos) de reducción significativa en el flujo subterráneo de agua dulce que originalmente descargaba al mar

KEUPER: Parte del Triásico superior (era secundaria) donde se encuentran generalmente arcillas rojas y verdes con yesos.

LÍAS: Parte inferior del Jurásico (era secundaria). Adj. **liásico**.

MARGAS: Roca sedimentaria formada por una mezcla de caliza y arcilla. La permeabilidad es muy baja

PIEZÓMETRO: Pozo o sondeo utilizado para medir la altura piezométrica en un punto dado del acuífero

POZO: Perforación de gran diámetro realizada en el suelo (superior a 1 metro) mediante excavación manual y destinada a la extracción de agua subterránea

RECARGA ARTIFICIAL: Es la introducción forzada (no natural) del agua en un acuífero para aumentar la disponibilidad y/o mejorar la calidad del agua subterránea.

RECURSOS: Es una cifra equivalente al total de la recarga o alimentación de un acuífero. Sus unidades son las de un caudal y se suelen referir a un tiempo determinado.

ROCAS CALIZAS: Rocas sedimentarias constituidas esencialmente por carbonato de calcio. El comportamiento frente a la circulación hídrica está favorecido por la presencia de huecos por disolución de la caliza y por fisuras debidas a la fracturación de la roca.

ROCAS DOLOMÍTICAS: Rocas sedimentarias constituidas esencialmente por carbonato de calcio y magnesio. El comportamiento frente a la circulación hídrica está favorecido

por la presencia de huecos por disolución de la caliza y por fisuras debidas a la fracturación de la roca.

SONDEO: Perforación realizada en el suelo por medios mecánicos destinado a la explotación de un acuífero con diámetros inferiores a 1 m

SUPERFICIE FREÁTICA (o nivel freático): constituye el límite superior de la zona saturada de un acuífero libre. Es lo mismo que el nivel piezométrico pero para acuíferos libres.

SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA (o nivel piezométrico): Superficie definida por todos los puntos en los que la presión del agua de un acuífero libre o confinado es igual a la presión atmosférica. Su geometría puede establecerse a partir de las observaciones del nivel piezométrico en un número suficiente de pozos que penetren en la zona saturada del acuífero.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS: Uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua.

USO CONSUNTIVO: Captación de un recurso hídrico de su ubicación natural para utilizarlo con fines domésticos, agrícolas e industriales

YESOS: Roca formada por sulfato de calcio hidratado. El comportamiento frente a la circulación hídrica esta condicionado por la baja permeabilidad del yeso excepto cuando existan presencia de huecos por disolución del yeso y por fisuras debidas a la fracturación de la roca

ZONA SATURADA: Zona de un acuífero en la que los poros están ocupados en su totalidad por agua.

ANEXO I

- **Tablas de puntos de redes de piezometría y calidad**
- **Mapa de situación de la red piezométrica**
- **Mapa de situación de la red de calidad**



GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics

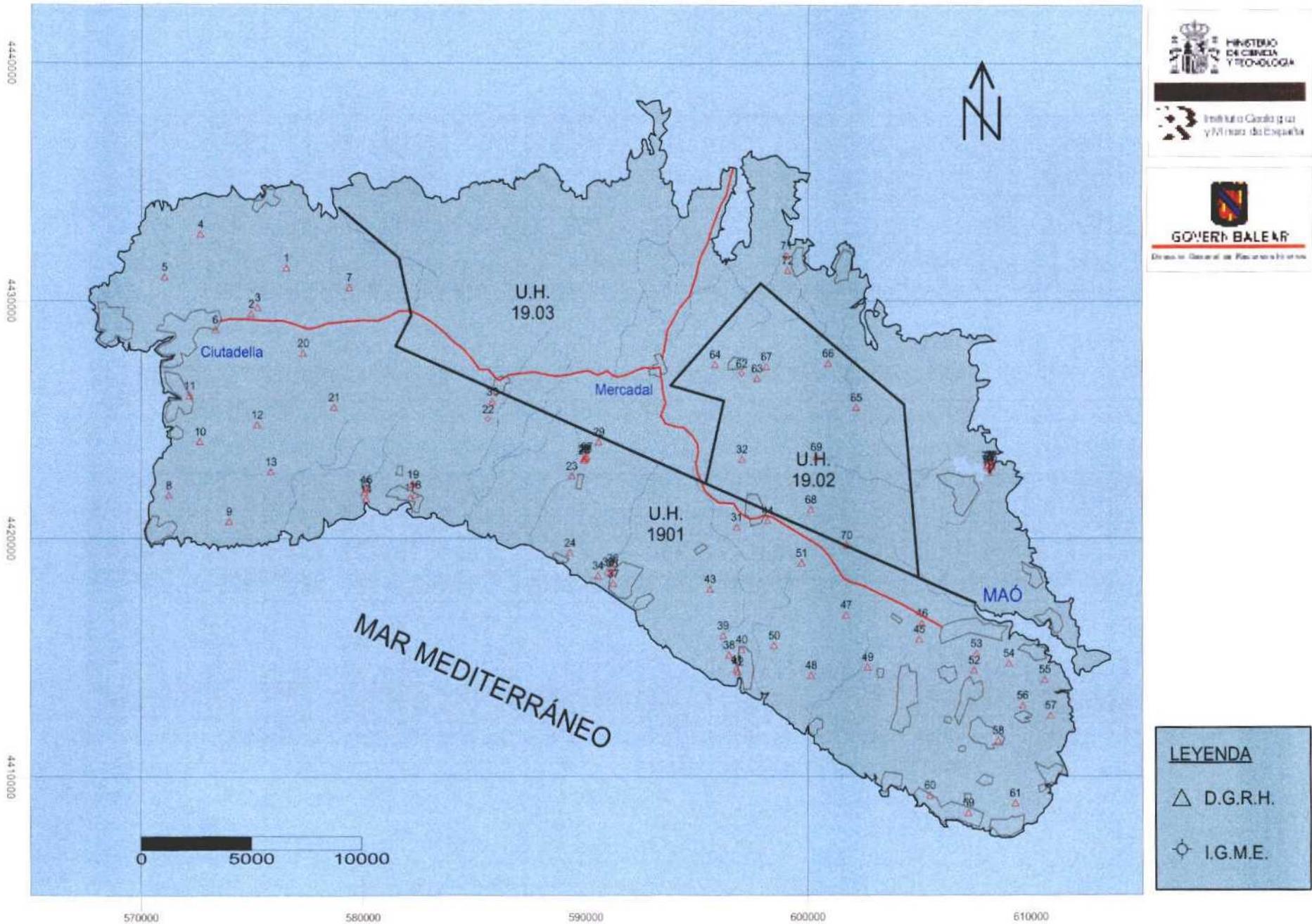


Instituto Geológico
y Minero de España

TABLA 1. RED DE CONTROL PIEDMONTINO				
N° O. NOMBRE ISMEDS RH	UH	X	Y	UTM
1 Bujarril	19,01	57,6204	443,1987	
2 3 Er Carrapil	19,01	57,4935	442,9452	
3 13 Er Carrapil	19,01	57,5224	442,9721	
4 15 Son Bellardi	19,01	57,5951	442,9925	
5 14 Son Salmo	19,01	57,1047	443,1003	
6 7 Mestak D	19,01	57,3327	442,9783	
7 27 Son Plasas	19,01	57,9350	442,9665	
8 11 Son Ollaret	19,01	57,1247	442,1815	
9 16 Son Val	19,01	57,3971	442,9710	
10 9 Pda de Val	19,01	57,3548	442,4083	
11 17 Er Planet	19,01	57,2179	442,9195	
12 18 San Juan de Mica	19,01	57,5211	442,9195	
13 Son Alba	19,01	57,5831	442,9708	
14 24 Mazarola	19,01	58,0123	442,1665	
15 25 Mazarola	19,01	58,0052	442,1943	
16 26 Mazarola	19,01	58,0142	442,2065	
17 22 Ca B Galiana	19,01	58,2111	442,1727	
18 23 Ca B Galiana	19,01	58,2336	442,1842	
19 19 Ca B Galiana	19,01	58,2234	442,2018	
20 B Galiana	19,01	57,1794	442,9798	
21 28 Bella Veñtina	19,01	57,9865	442,9900	
22	19,01	58,9366	442,9311	
23 2 Altiñenat	19,01	58,9285	441,9396	
24 7 Sant Tomas	19,01	58,9918	442,9365	
25 1 Pda de Mol	19,01	58,9918	442,9365	
26 9 Son Xida	19,01	59,0032	442,9446	
27 10 Son Xida	19,01	59,0575	442,1065	
28 11 Son Xida	19,01	59,0008	442,9390	
29 5 Fort Podes	19,01	59,0575	442,1065	
30 2 Son Tr in	19,01	59,0784	442,9476	
31 18 De pñaloria	19,01	59,0719	442,9340	
32 29 Sant Tomas	19,01	59,1005	441,9900	
33 24 Sant Carles	19,01	59,0555	441,8435	
34 25 Son Belet	19,01	59,1182	441,8637	
35 6 Torre Coll	19,01	59,1225	441,8752	
36 23 Sant Carles	19,01	59,1248	441,8101	
37 9 Torre Coll	19,01	59,0451	441,8997	
38 21 Ho de Passab	19,01	59,6778	441,8332	
39 22 Ho de Timor	19,01	59,6711	441,8332	
40 6 Cañal Roter	19,01	59,6785	441,8208	
41 19 Cañal Poble	19,01	59,6785	441,8208	
42 20 Cañal Poble	19,01	59,6842	441,8403	
43 27 Torre de Canines	19,01	59,6990	441,8784	
44 4 La Tinha	19,01	59,6778	442,9735	
45 6 Tiro Anagat	19,01	60,1994	441,8751	
46 3 Milaris	19,01	60,1725	441,8763	
47 18 Mole	19,01	60,0148	441,8251	
48 19 Bñ Calar	19,01	60,2383	441,8404	
49 20 De pñ. Sant Chn et	19,01	59,8485	441,8501	
50 7 Son Domingo	19,01	59,9722	441,8962	
51 26 Torra de la Cabot	19,01	60,7499	441,8468	
52 1 Madiyer	19,01	60,7360	441,8468	
53 16 Madiyer	19,01	60,9029	441,8763	
54 1 Trepico	19,01	61,0635	441,8071	
55 2 Torre Nova	19,01	61,0635	441,8071	
56 3 Torra non	19,01	61,0635	441,8071	
57 4 Bñs a la de sa cret	19,01	61,0635	441,8071	
58 5 Dep Llorera	19,01	60,8536	441,1521	
59 9 Bñ Bequer	19,01	60,7153	440,8484	
60 7 Bñ Bequer	19,01	60,8476	440,8212	
61 11 Sant Domingo	19,01	60,8315	440,8990	
62	19,02	59,7000	442,9628	
63 9 Sa Roca	19,02	59,9462	442,9739	
64 1 L'Estel	19,02	59,9811	442,9735	
65 30 Bñ Mascar	19,02	60,2164	442,9529	
66 28 Bñ Mestak	19,02	60,0900	442,7381	
67 8 Sa Roca	19,02	59,8115	442,9741	
68 31 Bella Veñtina	19,02	60,0131	442,1217	
69 32 Santa Bàrbara	19,02	60,0374	442,9452	
70 33 Santa Poca de Lina	19,02	60,1744	441,9718	
71 6 Son Parc	19,03	59,9005	443,1918	
72 7 Son Parc	19,03	59,9402	443,1901	
73 12 Aduerades Grai	19,03	60,8112	442,9797	
74 13 Aduerades Grai	19,03	60,8073	442,9908	
75 14 Aduerades Grai	19,03	60,8046	442,9078	
76 9 Pda de Grai	19,03	60,8235	442,9023	
77 11 Pda de Grai	19,03	60,8236	442,9098	

TABLA 1. RED DE CONTROL DE CALIDAD				
N° ID. NOMBRE ISMEDS RH	UH	X	Y	UTM
1	19,01	58,6236	442,9967	
2	19,01	58,9474	442,9480	
3	19,01	58,9426	442,9884	
4	19,01	59,9406	442,9679	
5	19,01	59,9390	442,9371	
6	19,01	58,9470	442,9640	
7	19,01	57,4662	442,9821	
8	19,01	56,9536	442,9741	
9	19,01	57,5613	443,3470	
10	19,01	57,4040	442,9918	
11	19,01	57,4040	442,9918	
12	19,01	57,4040	442,9918	
13	19,01	57,4040	442,9918	
14	19,01	57,4040	442,9918	
15	19,01	57,4040	442,9918	
16	19,01	57,4040	442,9918	
17	19,01	57,4040	442,9918	
18	19,01	57,4040	442,9918	
19	19,01	57,4040	442,9918	
20	19,01	57,4040	442,9918	
21	19,01	57,4040	442,9918	
22	19,01	57,4040	442,9918	
23	19,01	57,4040	442,9918	
24	19,01	57,4040	442,9918	
25	19,01	57,4040	442,9918	
26	19,01	57,4040	442,9918	
27	19,01	57,4040	442,9918	
28	19,01	57,4040	442,9918	
29	19,01	57,4040	442,9918	
30	19,01	57,4040	442,9918	
31	19,01	57,4040	442,9918	
32	19,01	57,4040	442,9918	
33	19,01	57,4040	442,9918	
34	19,01	57,4040	442,9918	
35	19,01	57,4040	442,9918	
36	19,01	57,4040	442,9918	
37	19,01	57,4040	442,9918	
38	19,01	57,4040	442,9918	
39	19,01	57,4040	442,9918	
40	19,01	57,4040	442,9918	
41	19,01	57,4040	442,9918	
42	19,01	57,4040	442,9918	
43	19,01	57,4040	442,9918	
44	19,01	57,4040	442,9918	
45	19,01	57,4040	442,9918	
46	19,01	57,4040	442,9918	
47	19,01	57,4040	442,9918	
48	19,01	57,4040	442,9918	
49	19,01	57,4040	442,9918	
50	19,01	57,4040	442,9918	
51	19,01	57,4040	442,9918	
52	19,01	57,4040	442,9918	
53	19,01	57,4040	442,9918	
54	19,01	57,4040	442,9918	
55	19,01	57,4040	442,9918	
56	19,01	57,4040	442,9918	
57	19,01	57,4040	442,9918	
58	19,01	57,4040	442,9918	
59	19,01	57,4040	442,9918	
60	19,01	57,4040	442,9918	
61	19,01	57,4040	442,9918	
62	19,01	57,4040	442,9918	
63	19,01	57,4040	442,9918	
64	19,01	57,4040	442,9918	
65	19,01	57,4040	442,9918	
66	19,01	57,4040	442,9918	
67	19,01	57,4040	442,9918	
68	19,01	57,4040	442,9918	
69	19,01	57,4040	442,9918	
70	19,01	57,4040	442,9918	
71	19,01	57,4040	442,9918	
72	19,02	59,7768	442,9622	
73	19,02	59,8302	442,9602	
74	19,02	59,9004	442,9694	
75	19,02	60,0567	442,9796	
76	19,03	59,4300	442,7440	

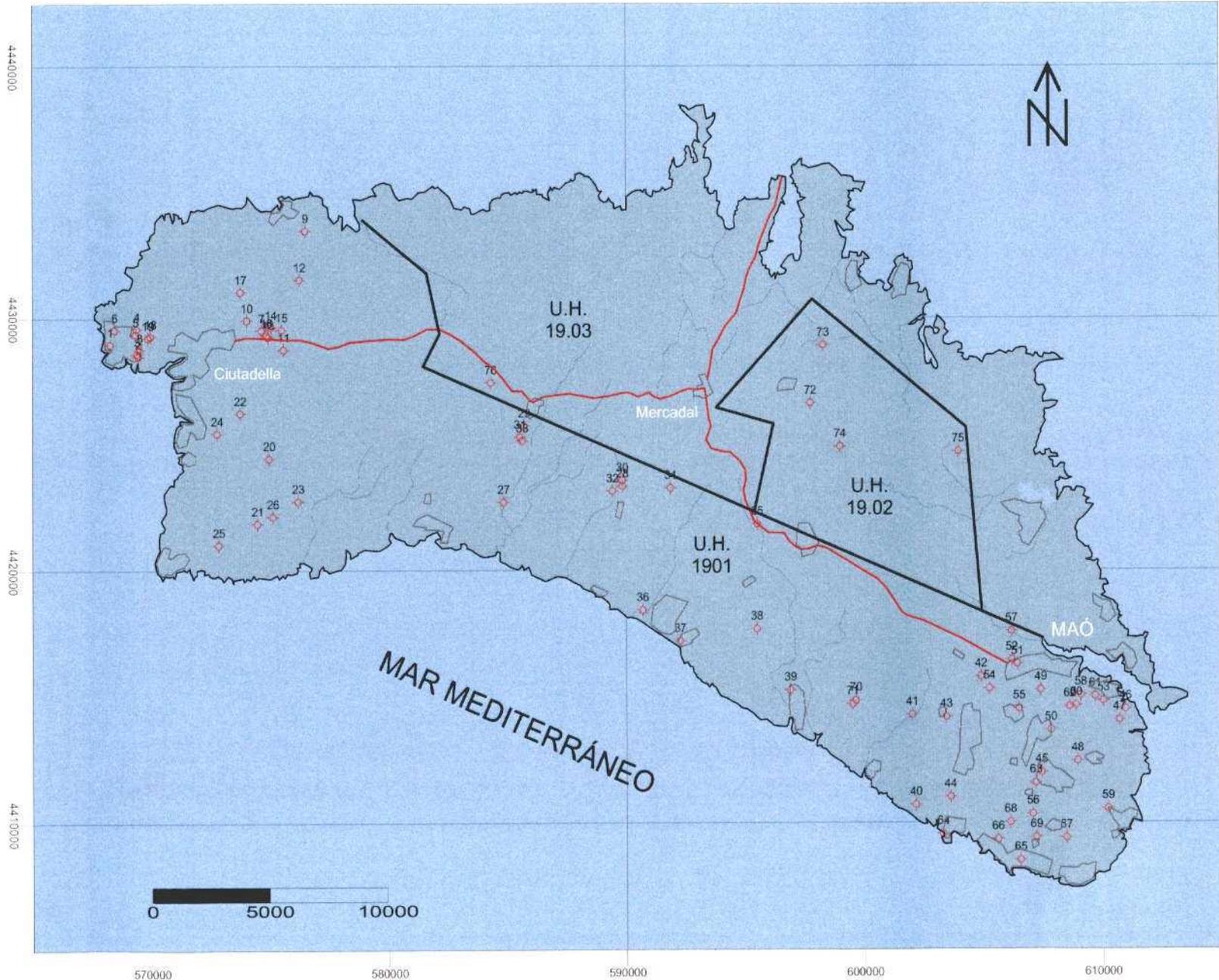
SITUACIÓN DE LA RED DE PIEZOMETRÍA (mayo 2.000)



LEYENDA

- △ D.G.R.H.
- ◻ I.G.M.E.

SITUACIÓN DE LA RED DE CALIDAD (Mayo 2.000)



LEYENDA

- △ D.G.R.H.
- ⊙ I.G.M.E.

570000 580000 590000 600000 610000

4440000
4430000
4420000
4410000

ANEXO II

- Mapa de piezometría

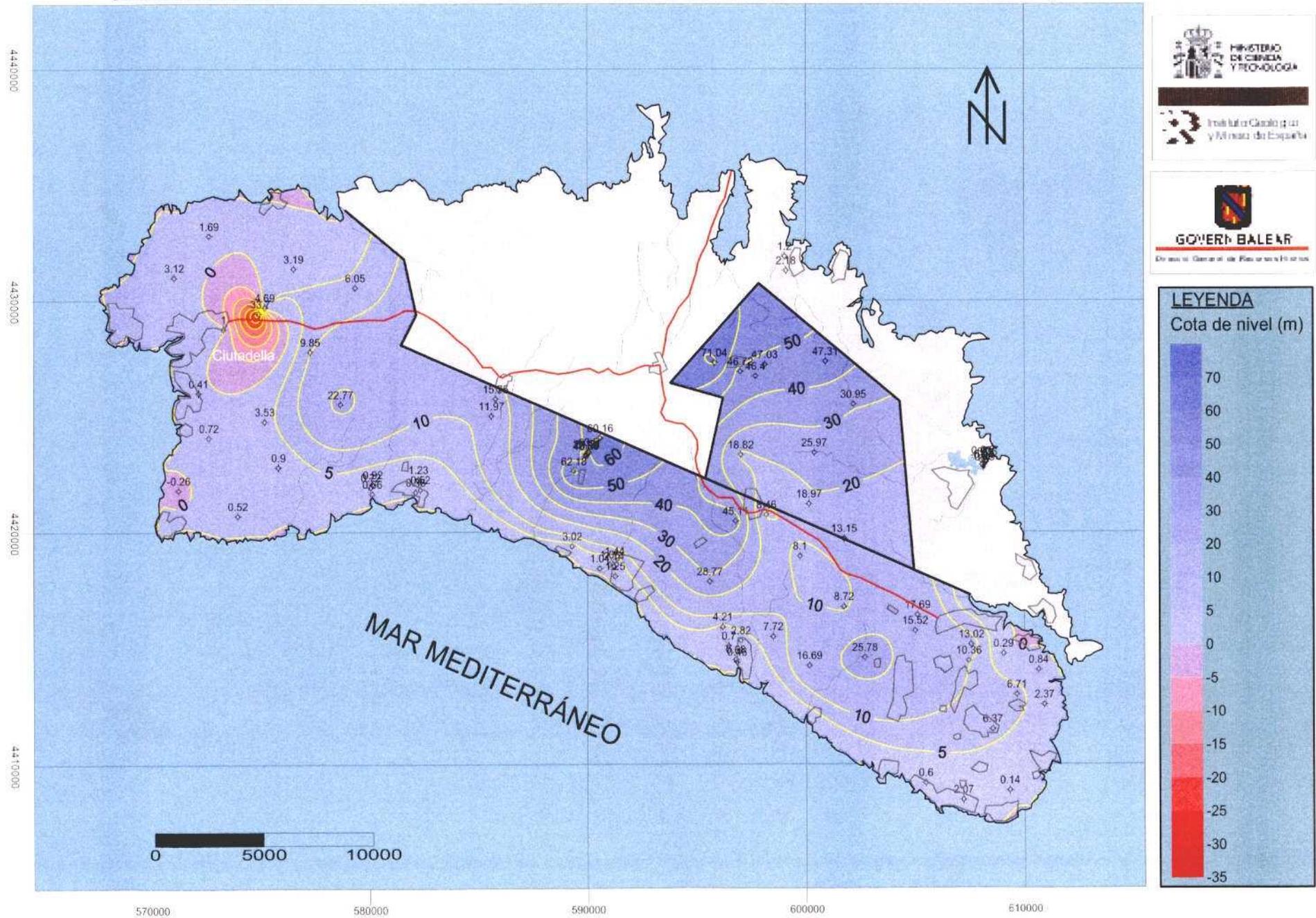


GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España

MAPA DE PIEZOMETRÍA (mayo 2.000)



ANEXO III

- **Diagramas de Piper (facies hidroquímica)**
- **Mapa de isoconductividad**
- **Mapa de isocloruros**
- **Mapa de isonitratos**
- **Mapa de isosulfatos**

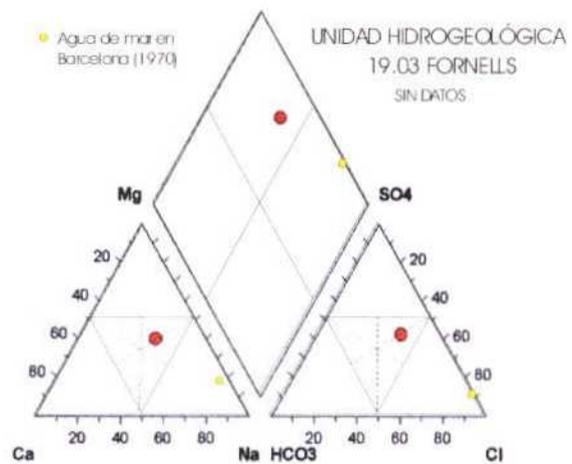
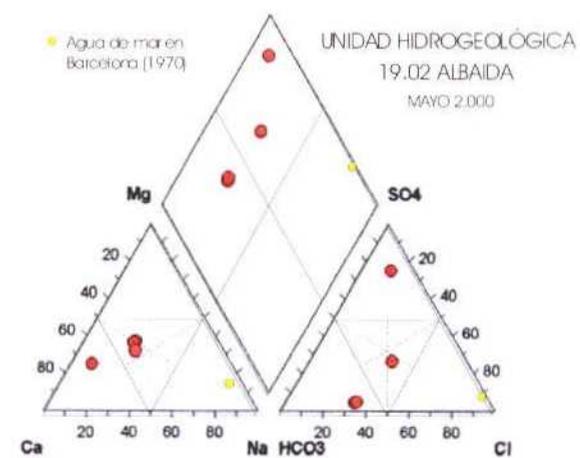
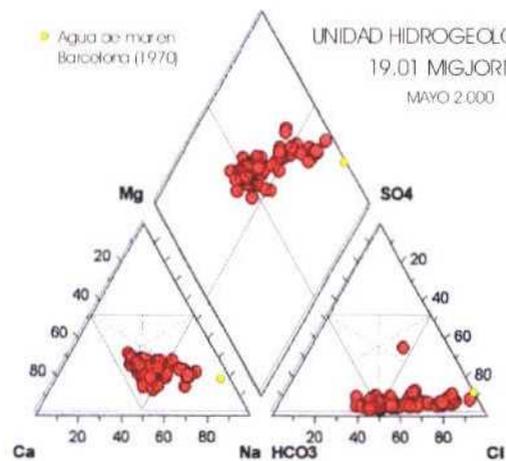


GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics

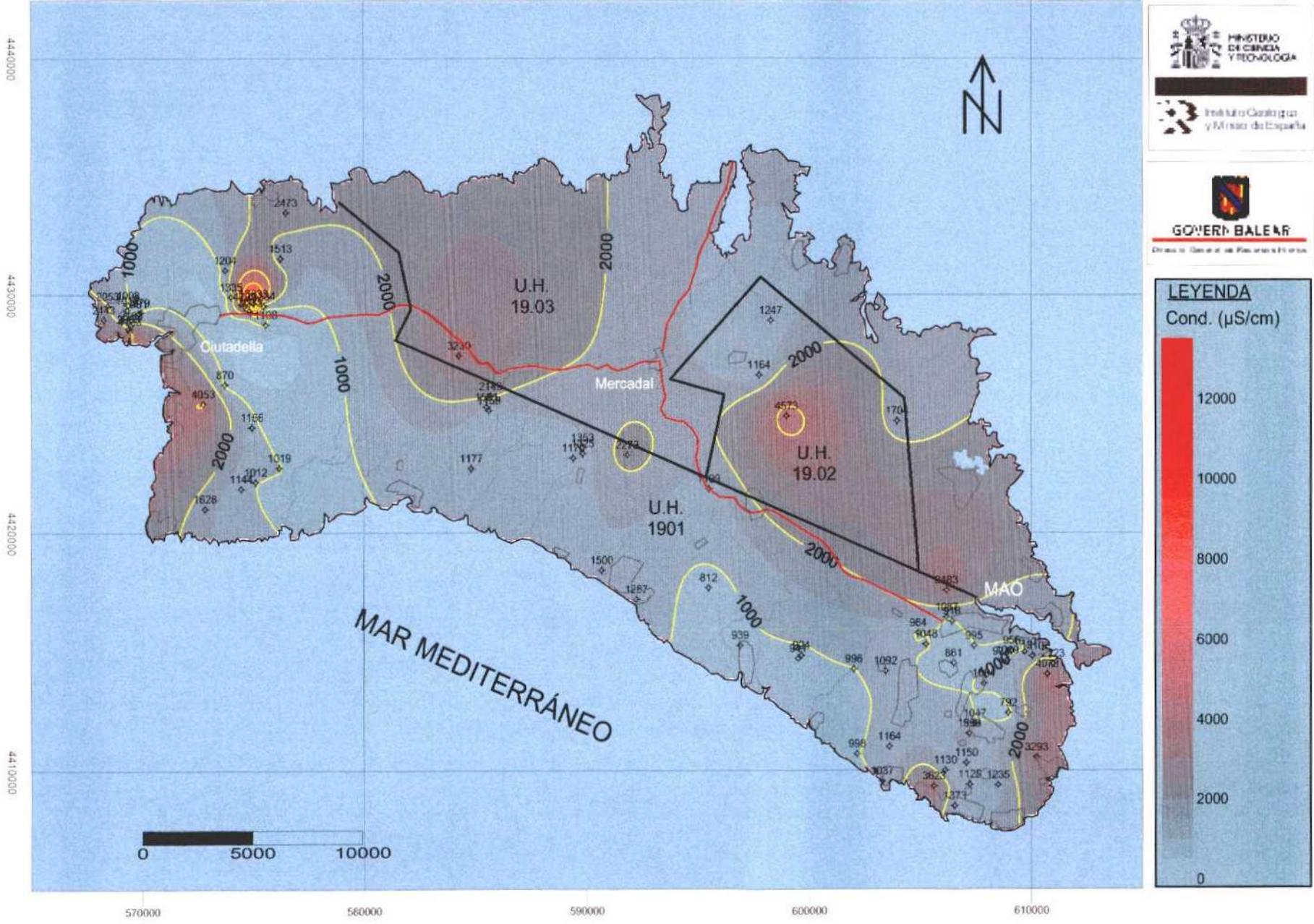


Instituto Geológico
y Minero de España

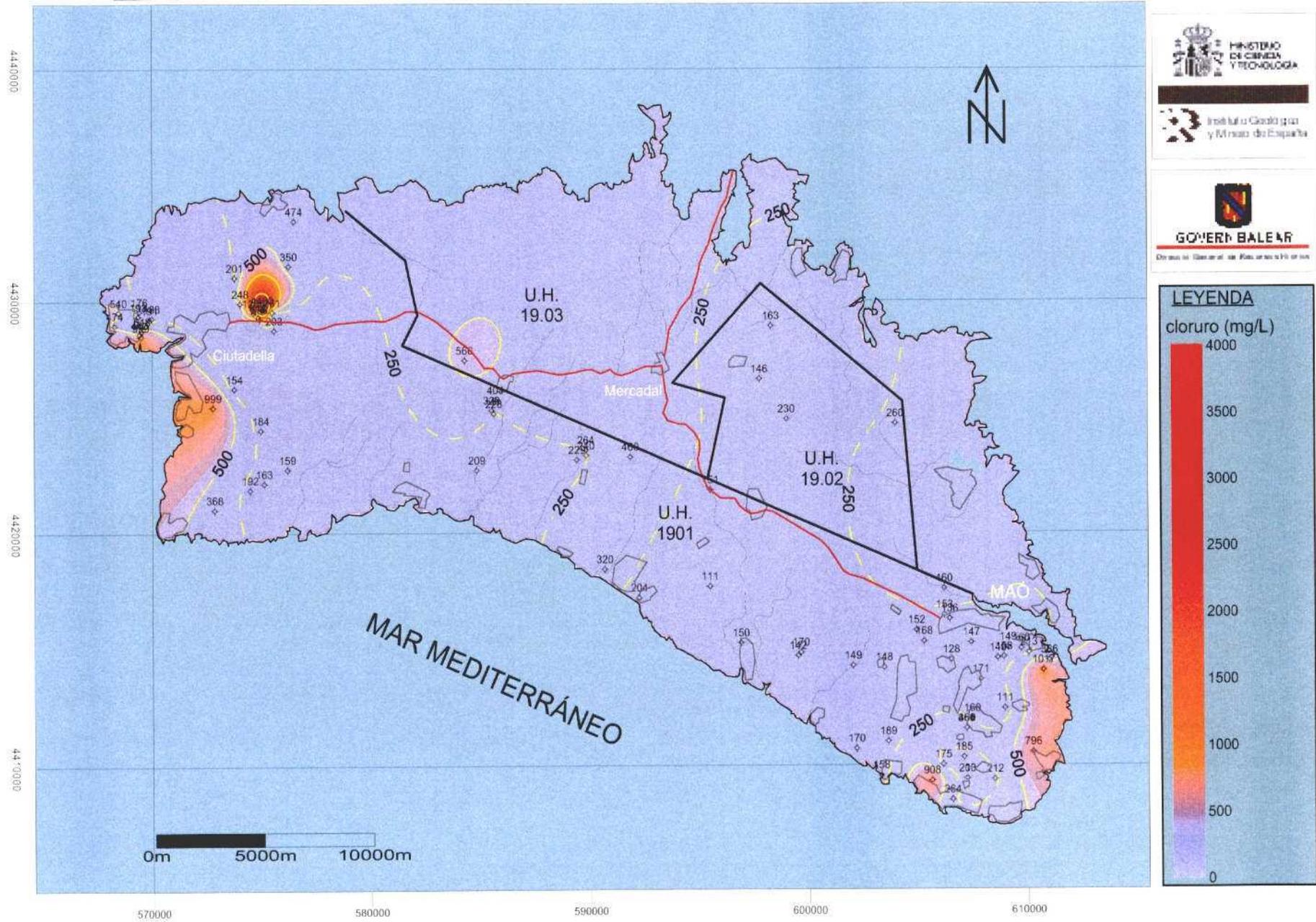


TIPOLOGÍA DE AGUAS DE MENORCA - AÑO 2.000. CLASIFICACIÓN DE PIPER

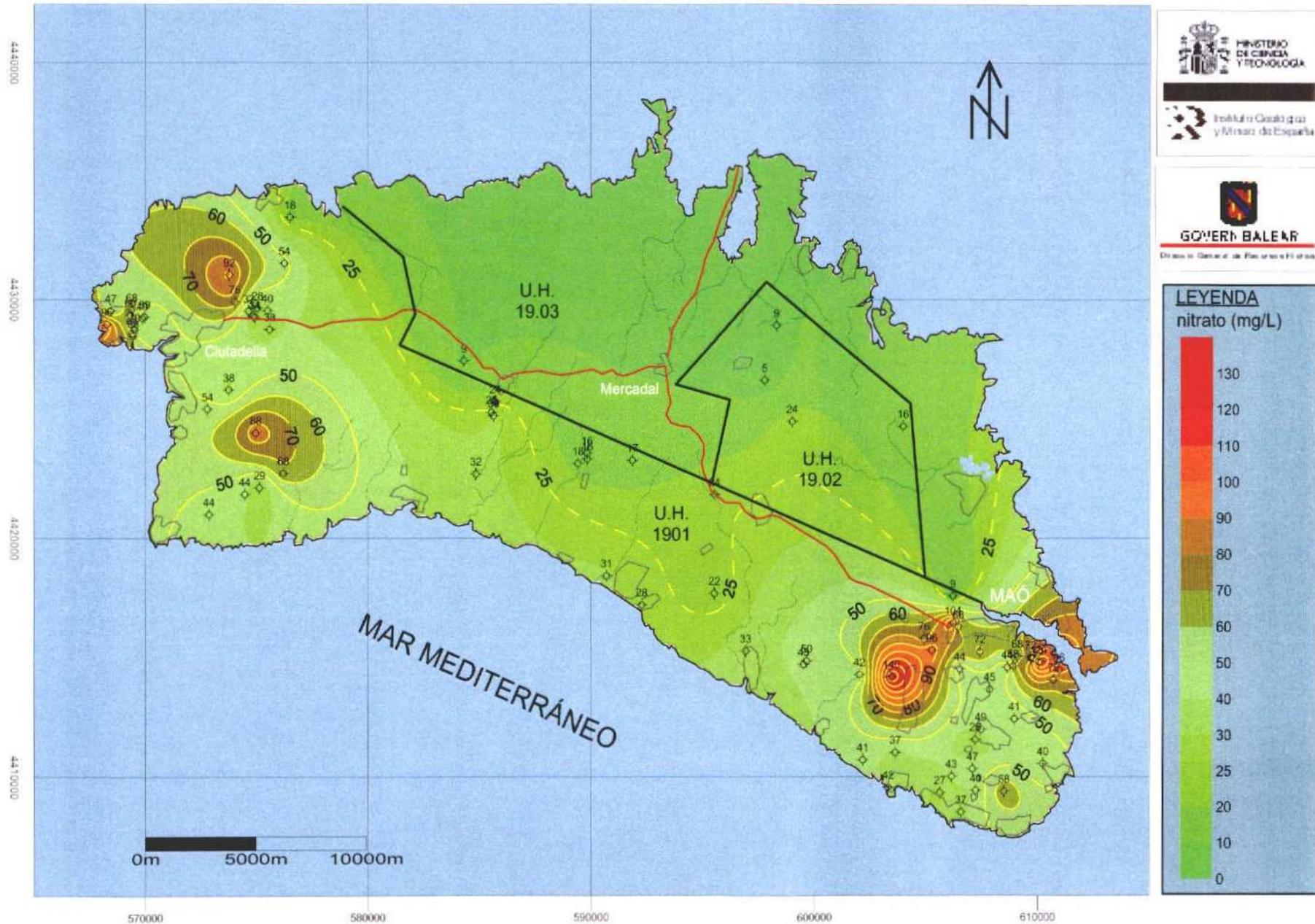
MAPA DE ISOCONDUCTIVIDAD (mayo 2.000)



MAPA DE ISOCLORUROS (mayo 2.000)



MAPA DE ISONITRATOS (mayo 2.000)



ANEXO IV

- **Diagramas de evolución hidrogeoquímica**



GOVERN BALEAR

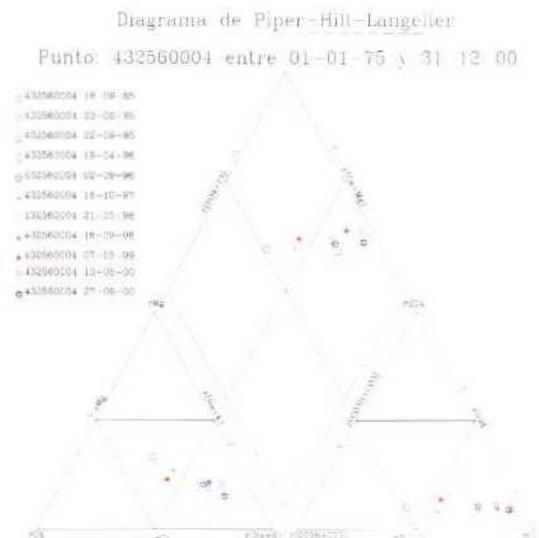
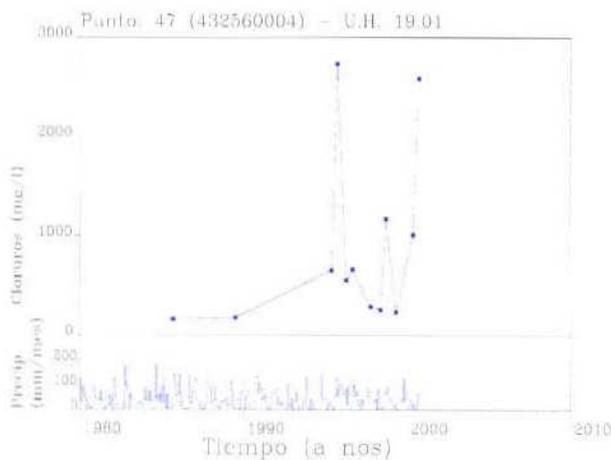
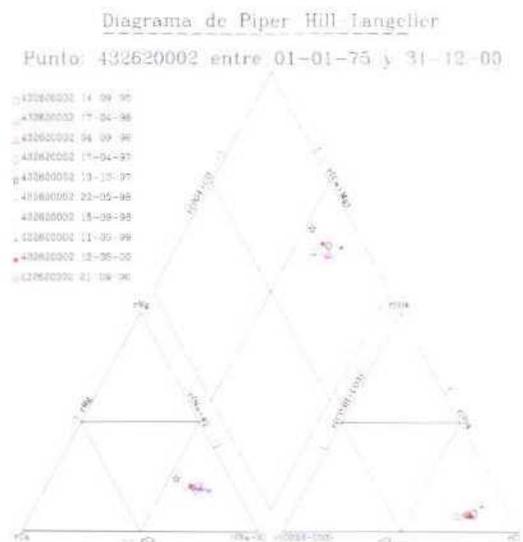
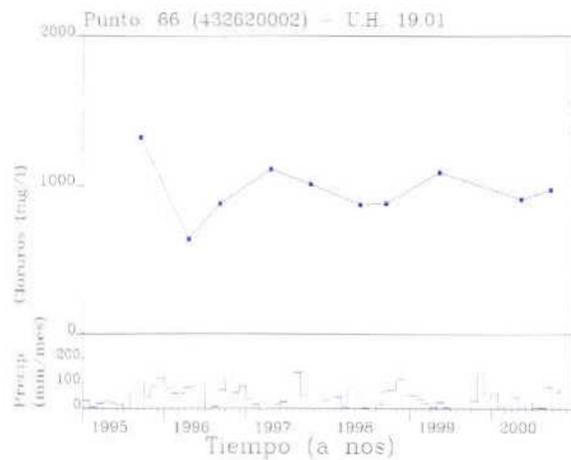
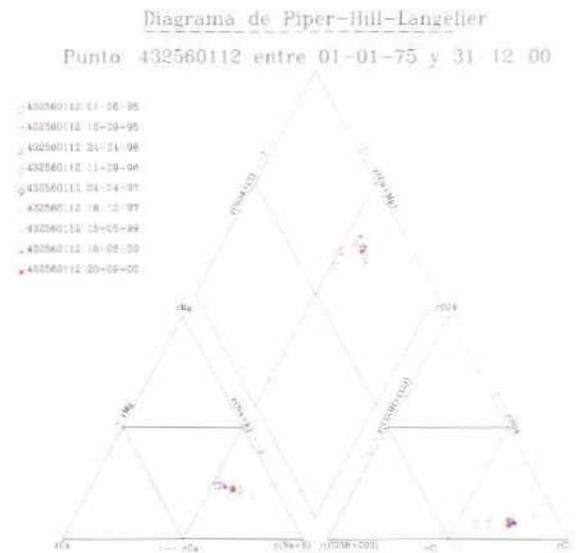
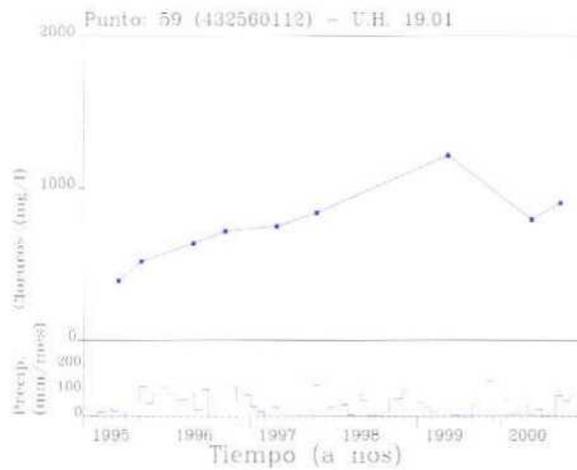
Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España

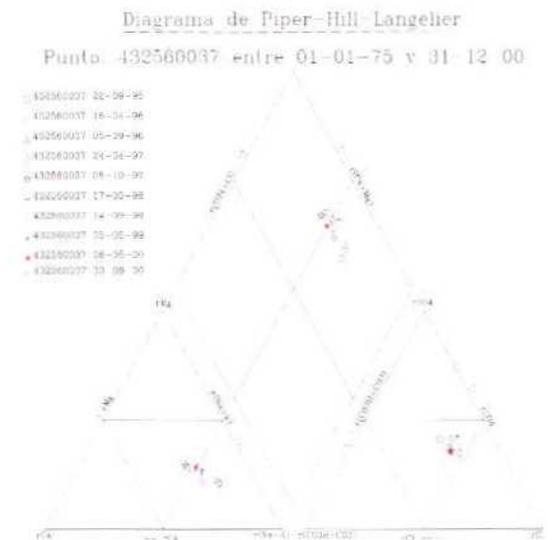
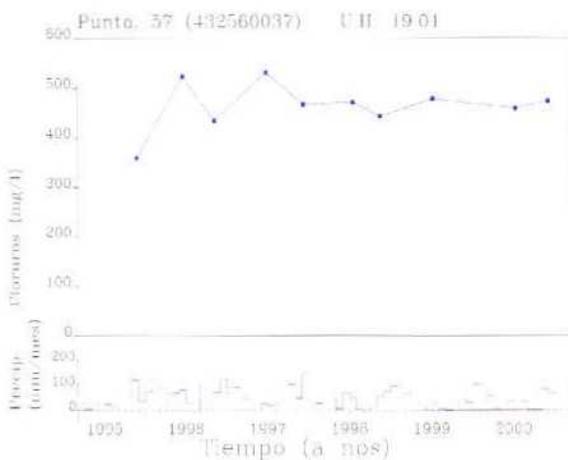
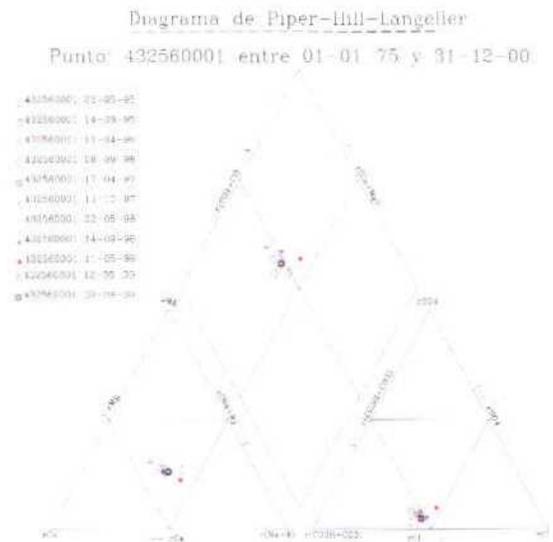
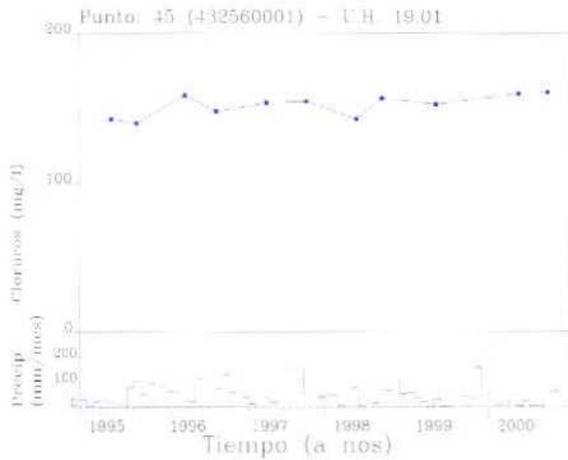
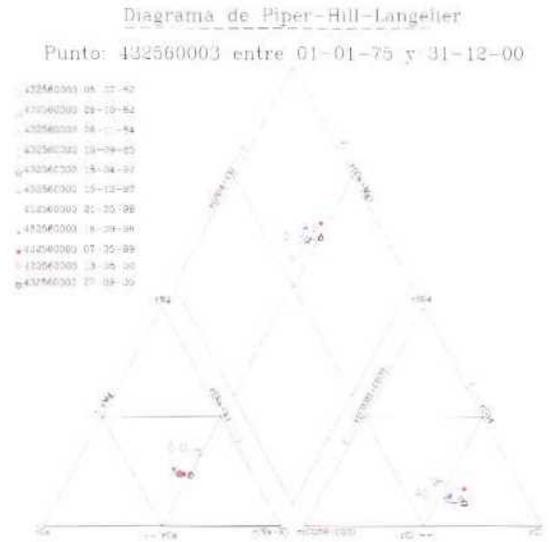
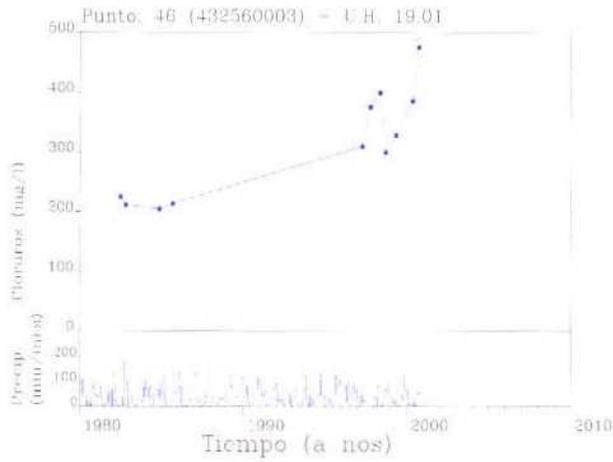
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

SECTOR ORIENTAL (MAÓ)



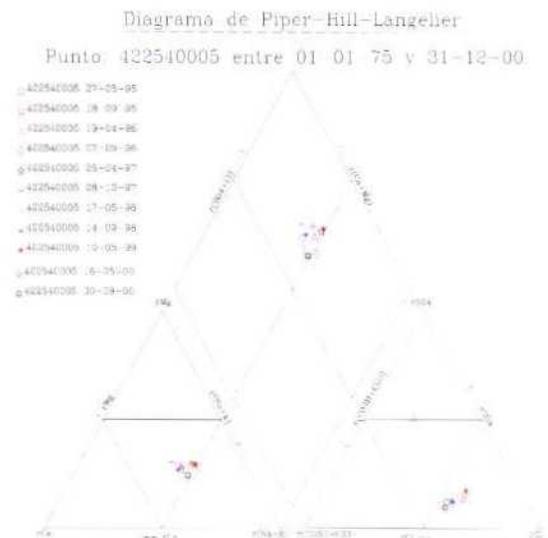
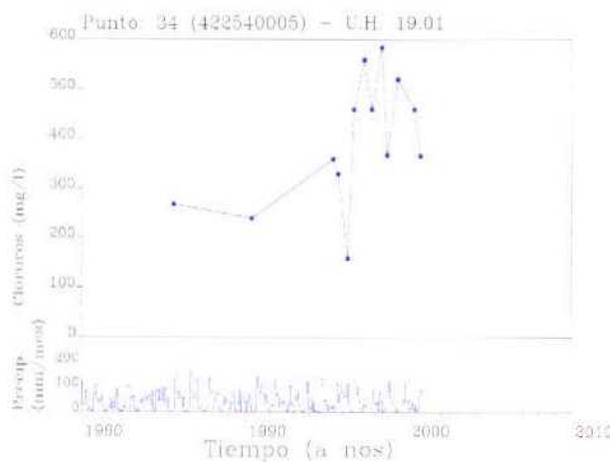
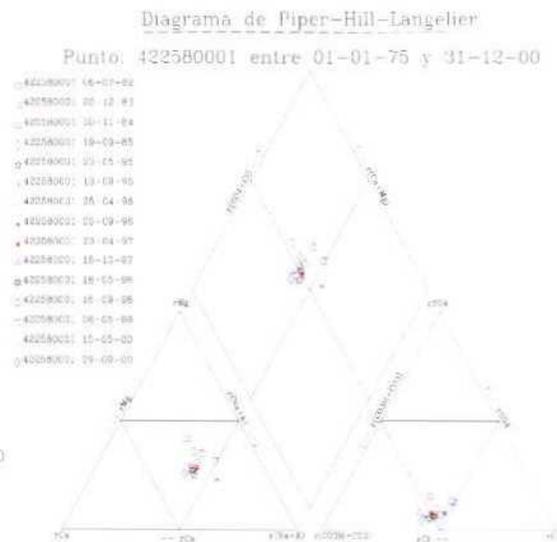
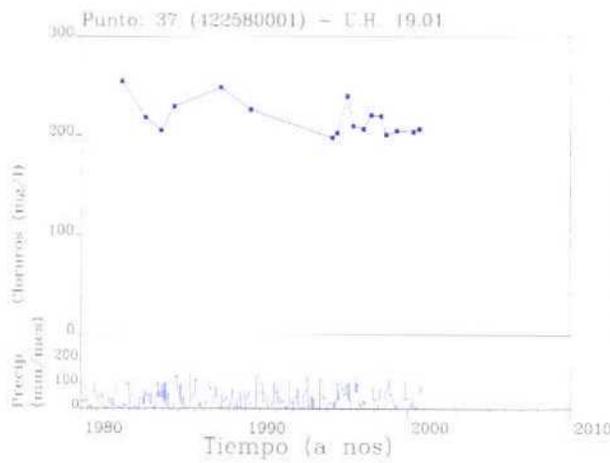
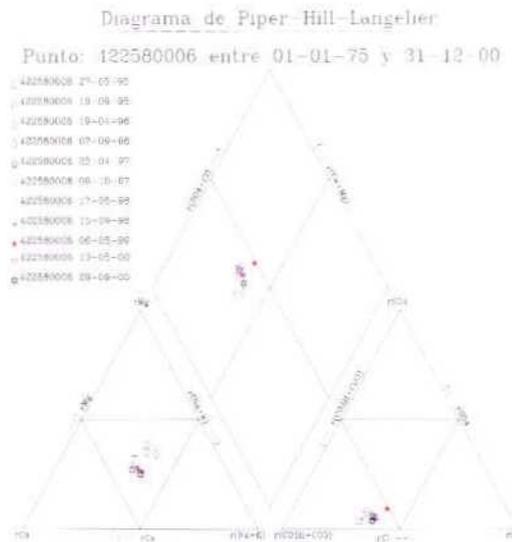
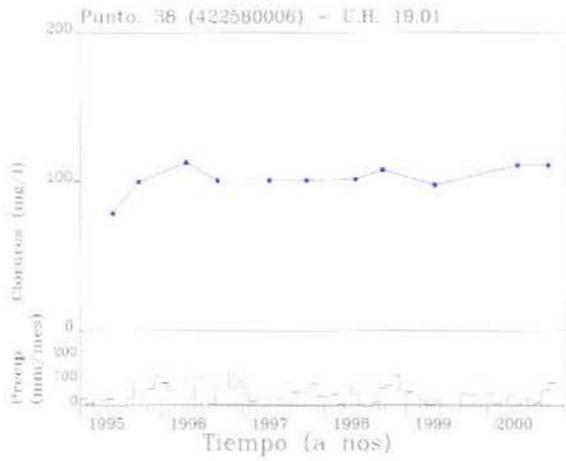
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

SECTOR ORIENTAL (MAÓ) (continuación)



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

SECTOR CENTRAL (Es Migjorn Gran)



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

SECTOR OCCIDENTAL (Ciudadella)

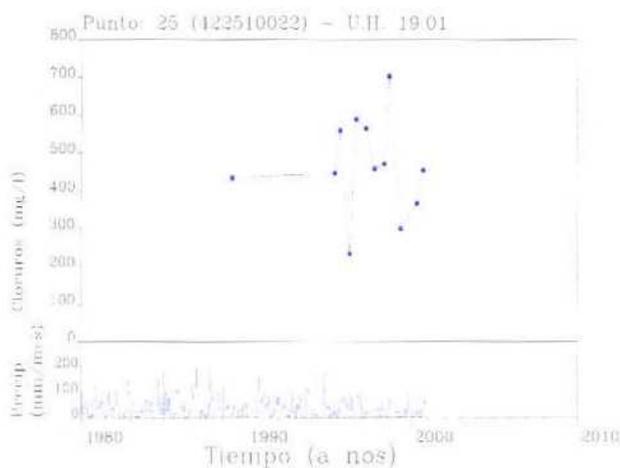


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

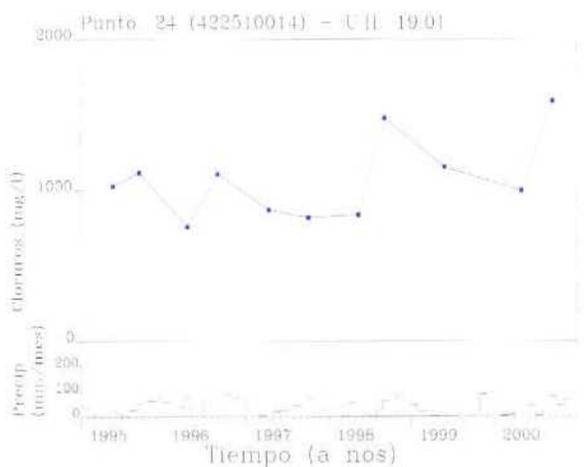
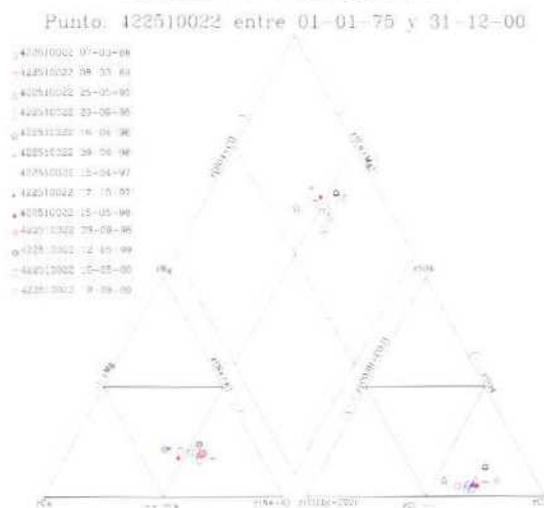


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

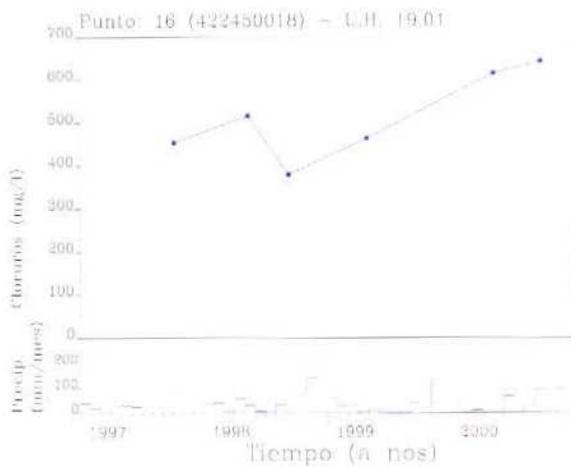
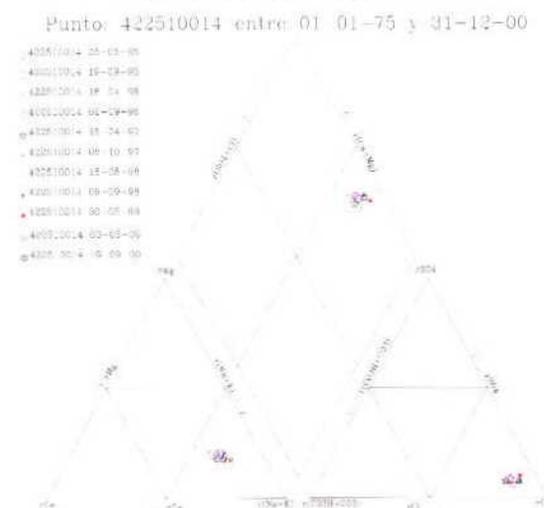


Diagrama de Piper-Hill-Langelier



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

SECTOR OCCIDENTAL (Ciudadella)

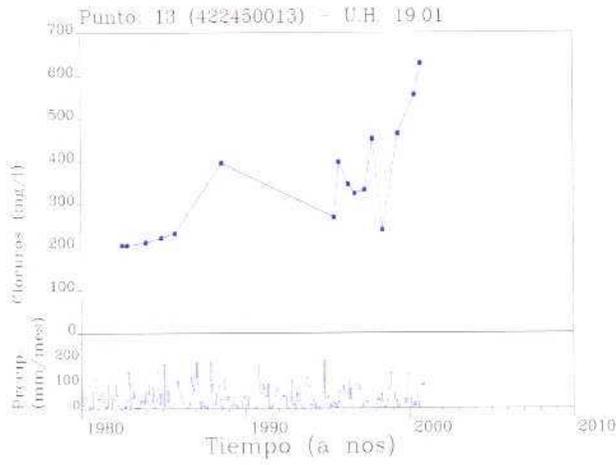


Diagrama de Piper Hill Langelier
Punto: 422450013 entre 01-01-75 y 31-12-00

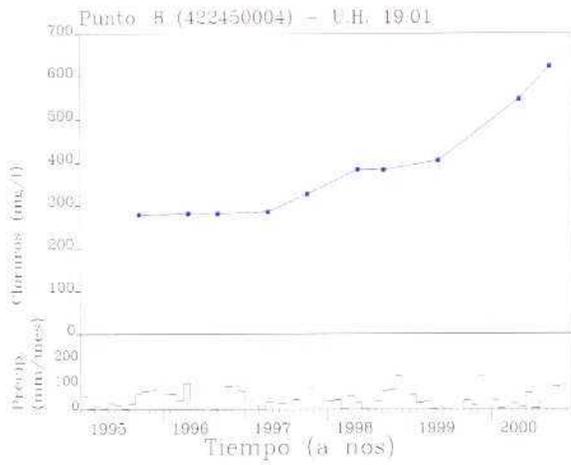
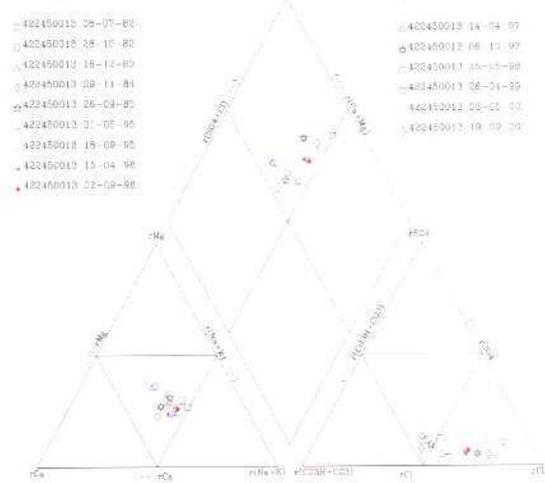


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: 422450004 entre 01-01-75 y 31-12-00

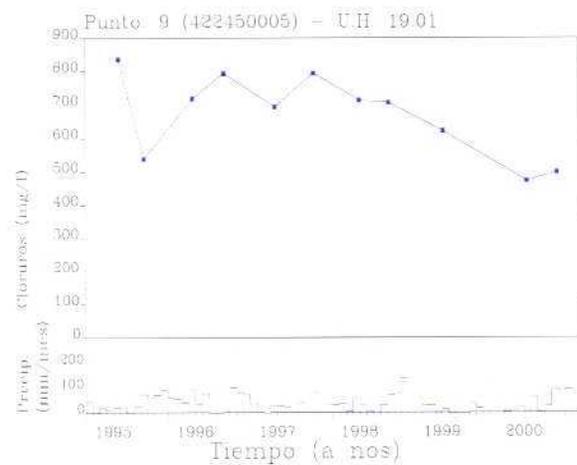
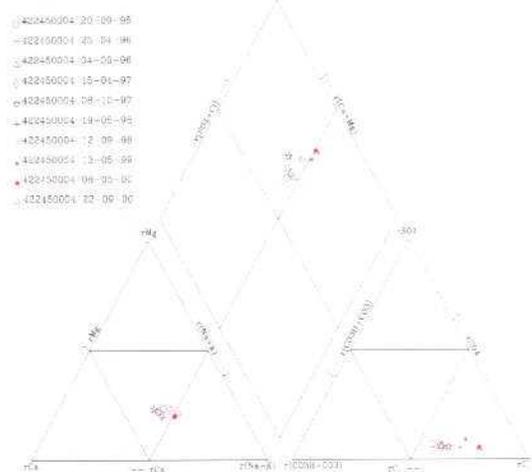
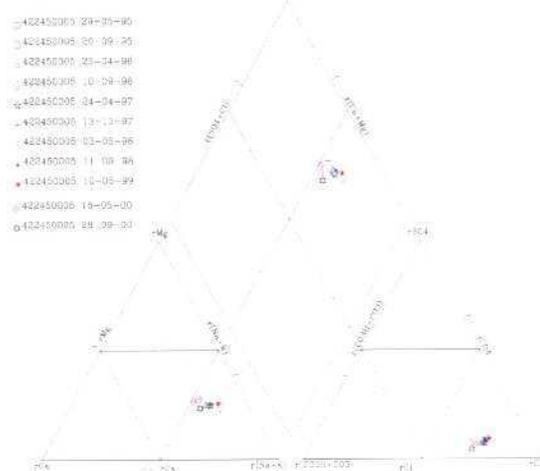


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: 422450005 entre 01-01-75 y 31-12-00



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.02

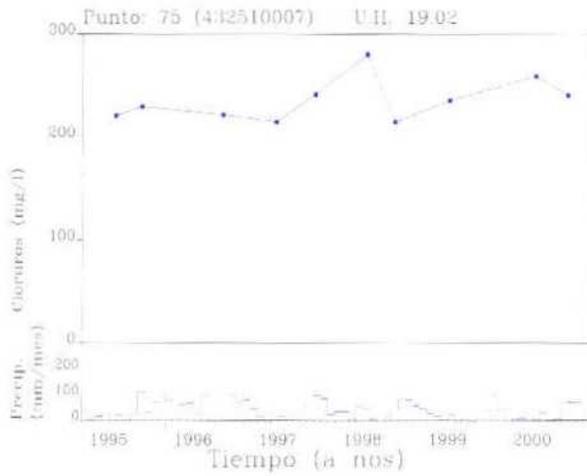


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: 432510007 entre 01-01-75 y 31-12-00

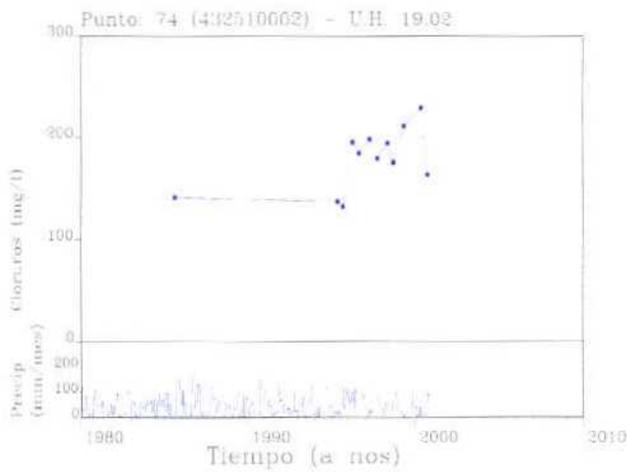
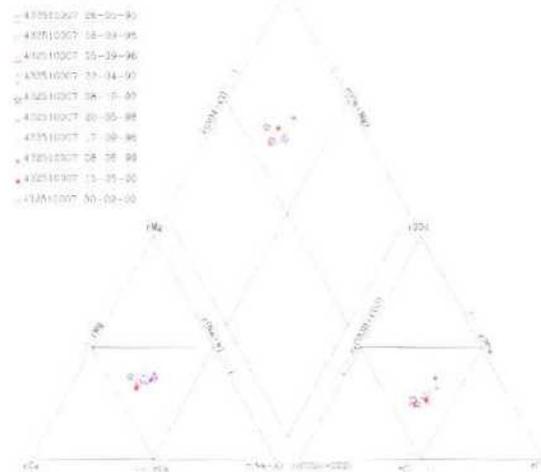
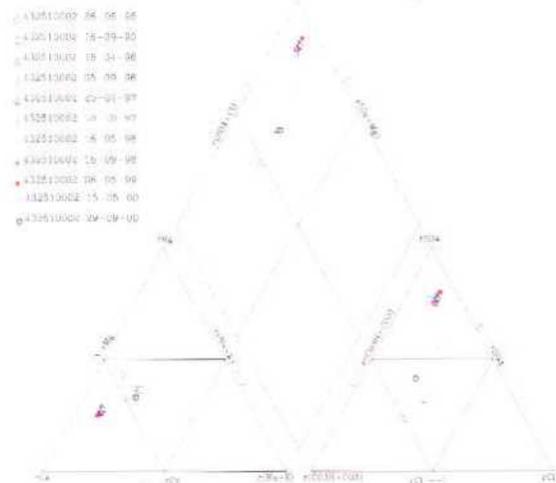


Diagrama de Piper Hill-Langelier
Punto: 432510002 entre 01-01-75 y 31-12-00





GOVERN BALEAR

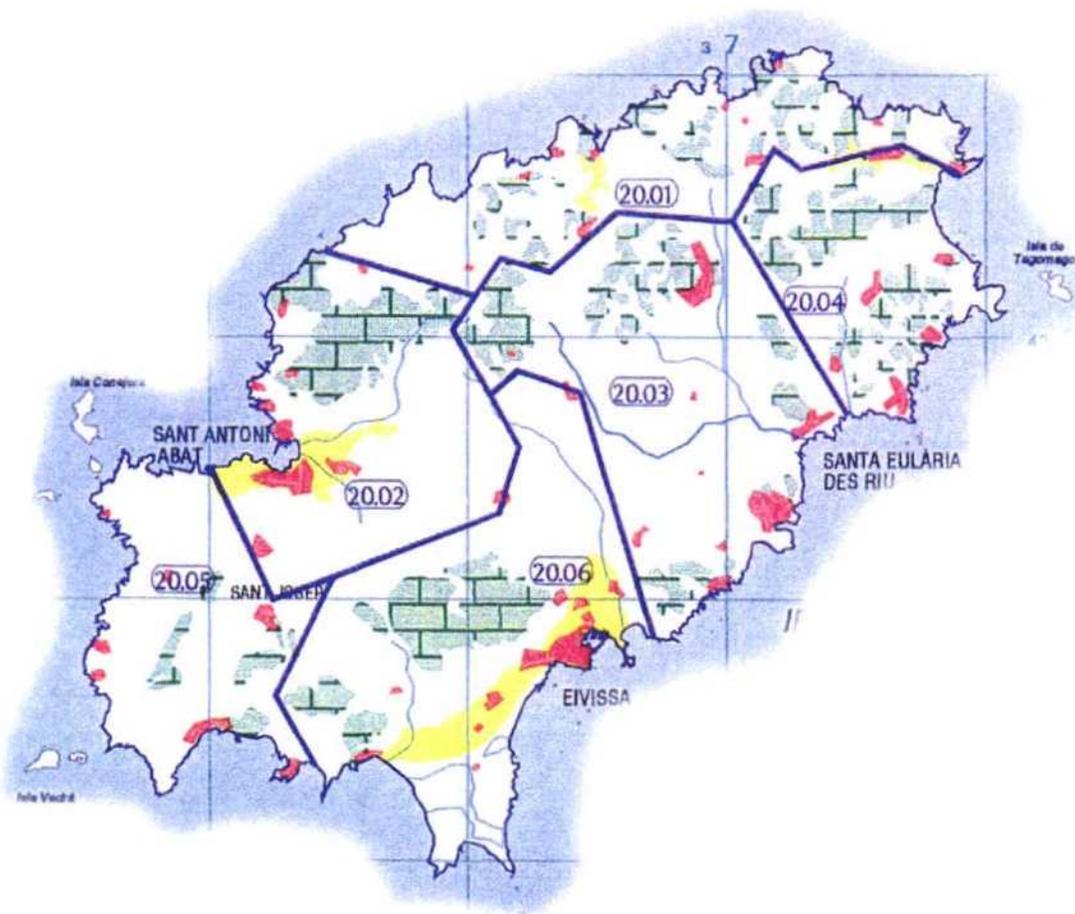
Direcció General de Recursos Hídrics



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

EL ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR

Isla de Ibiza – Año 2.000



Instituto Geológico
y Minero de España

Han participado en la elaboración del presente informe los siguientes técnicos:

Por parte del Instituto Geológico y Minero de España:

D. José M^a López García
Dña. Rosa M^a Mateos Ruíz

Por parte de la Dirección General de Recursos Hídricos:

Dña. Concepción González Casanovas

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
ANTECEDENTES	7
CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS (U.H.) DE LA ISLA DE IBIZA	7
CARACTERIZACIÓN U.H. 20.01 SANT MIQUEL	8
CARACTERIZACIÓN U.H. 20.02 SANT ANTONI	8
CARACTERIZACIÓN U.H. 20.03 SANTA EULÀRIA	9
CARACTERIZACIÓN U.H. 20.04 SANT CARLES	9
CARACTERIZACIÓN U.H. 20.05 SANT JOSEP	9
CARACTERIZACIÓN U.H. 20.06 EIVISSA	9
REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO Y DE CALIDAD. AÑO 2.000	10
PIEZOMETRÍA ACTUAL DE LA ISLA DE IBIZA (octubre 2.000) Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA (1.970 - 2.000)	10
PIEZOMETRÍA U.H. 20.01 SANT MIQUEL	11
PIEZOMETRÍA U.H. 20.02 SANT ANTONI	11
PIEZOMETRÍA U.H. 20.03 SANTA EULÀRIA	12
PIEZOMETRÍA U.H. 20.04 SANT CARLES	12
PIEZOMETRÍA U.H. 20.05 SANT JOSEP	13
PIEZOMETRÍA U.H. 20.06 EIVISSA	13
CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ISLA DE IBIZA (octubre 2.000) Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA (1984-2000)	14
CALIDAD U.H. 20.01 SANT MIQUEL	15
CALIDAD U.H. 20.02 SANT ANTONI	16
CALIDAD U.H. 20.03 SANTA EULÀRIA	16
CALIDAD U.H. 20.04 SANT CARLES	17
CALIDAD U.H. 20.05 SANT JOSEP	18
CALIDAD U.H. 20.06 EIVISSA	18
PROBLEMÁTICA DE LAS DISTINTAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS. TENDENCIAS HISTÓRICAS Y POSIBLES ACTUACIONES	19
EVOLUCIÓN U.H. 20.01 SANT MIQUEL	19
EVOLUCIÓN U.H. 20.02 SANT ANTONI	20

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

EVOLUCIÓN U.H. 20.03 SANTA EULÁRIA	20
EVOLUCIÓN U.H. 20.04 SANT CARLES	21
EVOLUCIÓN U.H. 20.05 SANT JOSEP	21
EVOLUCIÓN U.H. 20.06 EIVISSA.....	22
GLOSARIO DE TÉRMINOS HIDROGEOLÓGICOS	23

ANEXOS

ANEXO I

(Situación)

Mapa de Unidades Hidrogeológicas
Tabla de puntos de la red de piezometría
Mapa de situación de la red piezométrica
Tabla de puntos de la red de calidad
Mapa de situación de la red de calidad

ANEXO II

(Piezometría)

Mapa de piezometría (por unidades hidrogeológicas)
Mapa de piezometría (sin diferenciar por unidades hidrogeológicas)

ANEXO III

(Calidad)

Diagramas de Piper (año 2.000)
Mapa de isoconductividad
Mapa de isocloruros
Mapa de isonitratos
Mapa de isosulfatos

ANEXO IV

(Evolución piezometría y calidad)

Diagramas de evolución piezométrica
Diagramas de evolución hidrogeoquímica

INTRODUCCIÓN

En el Archipiélago Balear las aguas subterráneas son el principal recurso hídrico, constituyendo un bien público de máximo interés que es necesario conservar. La realización de estudios periódicos que permitan conocer las características hidrogeológicas e hidroquímicas de las aguas subterráneas, así como su evolución en el tiempo, son indispensables para la correcta gestión de este recurso natural.

Dentro de este marco, por parte de la Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH) del Govern Balear y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología, se han diseñado y puesto en explotación distintas redes de control de niveles piezométricos y calidad química de los acuíferos situados en las Islas Baleares que, en ocasiones, proceden de antiguas redes establecidas por organismos e instituciones ya extintas, y que cuentan con registros periódicos que se remontan a la primera mitad de la década de los 70.

El estudio de estas redes se ha ido potenciando con el tiempo, especialmente a raíz de la definición de las diferentes Unidades Hidrogeológicas realizado por el DGOH-ITGE en el año 1.989 y actualizado en 1.998 dentro de la Propuesta del Plan Hidrológico de las Islas Baleares. De este modo, se viene controlando periódicamente la piezometría, calidad química e intrusión marina en los sistemas acuíferos situados en el Archipiélago Balear.

A partir de la puesta en marcha del ACUERDO ESPECÍFICO ENTRE LA CONSELLERÍA DE MEDI AMBIENT, ORDENACIÓ DEL TERRITORI I LITORAL DEL GOVERN BALEAR Y EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1.999, 2.000, 2.001) publicado en el BOE nº 78, Resolución de 20 de marzo de 2.000 con carácter de Convenio Específico de colaboración entre el Instituto Geológico y Minero de España y la Comunidad Autónoma de las Illes Balears, se contempló dentro de la definición de los trabajos, entre otros, la *“Realización de un Informe anual sobre el Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear. Se recopilará la información disponible de las redes de control de acuíferos de ambos Organismos, y al final de cada año se emitirá un informe que recoja de forma sencilla la evolución piezométrica y la calidad química de los diferentes acuíferos que constituyen el Archipiélago”*.

En este contexto se encuadra el presente informe referente al *“ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR. ISLA DE IBIZA”*, donde se refleja la situación de los niveles piezométricos y calidad de las aguas subterráneas de los sistemas acuíferos de esta isla para el año 2.000, así como un análisis de su evolución histórica en los últimos 20 años, y un planteamiento crítico de los problemas existentes y las propuestas de medidas adecuadas para su corrección.

ANTECEDENTES

La isla de Ibiza presenta un problema histórico de déficit de recursos hídricos subterráneos, principal fuente de abastecimiento de agua en la isla hasta la implantación de plantas desaladoras. A pesar de que durante las últimas décadas se ha producido un abandono importante de las actividades agrarias, principal origen de la demanda de agua subterránea en las otras grandes islas del archipiélago, el gran aumento de población, especialmente durante las fechas estivales ha disparado la demanda de agua subterránea. Además, la mayor demanda para abastecimiento se ha ido concentrando en el entorno de las poblaciones más densamente habitadas de la isla de Ibiza (Ibiza, San Antonio, y Santa Eulalia), lo que ha provocado que los acuíferos situados en estas áreas hayan sido fuertemente sobreexplotados.

La sobreexplotación de las aguas subterráneas en las últimas décadas ha generado el descenso progresivo de los niveles piezométricos de los acuíferos y graves problemas de intrusión marina. Además, aunque con un carácter más puntual, la naturaleza salina (formaciones evaporíticas de yesos) de algunos terrenos en contacto con los sistemas acuíferos provoca un alto contenido en sulfatos de las aguas subterráneas que las hacen inadecuadas para cualquier uso consuntivo (abastecimiento y agricultura principalmente).

La disminución de esta problemática se debe tanto al abandono de la actividad agrícola en el primer caso, como a la sustitución de antiguas fosas sépticas por equipos más modernos de depuración en domésticos o bien por la puesta en funcionamiento de depuradoras urbanas que han ido integrando en su red de saneamiento a la mayor parte de los núcleos de población existentes en la Isla de Ibiza.

CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS (U.H.) DE LA ISLA DE IBIZA

La isla de Ibiza se divide en seis Unidades Hidrogeológicas, distribuidas a lo largo de la isla según se refleja en el mapa del Anexo I. En su mayor parte corresponde a dos tipos de sistemas acuíferos, unos de naturaleza carbonatada representados por rocas calizas y dolomíticas, donde el agua de lluvia se acumula y circula, una vez infiltrada en el subsuelo, en cavidades y múltiples fisuras originadas por disolución o fracturación de la roca; y otros asociados a terrenos detríticos más recientes, formados por gravas y arenas principalmente, donde el agua se acumula en los poros existentes entre los granos. Ambos sistemas aparecen en la mayor parte de los casos asociados espacialmente por superposición de los terrenos detríticos sobre los calizos, formando en conjunto una única unidad acuífera. La separación entre las distintas unidades se debe a la presencia en la base y en los laterales de estas formaciones acuíferas, de terrenos de naturaleza impermeable, como son margas, arcillas y yesos.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

La alimentación de los acuíferos se produce principalmente por infiltración directa de agua de lluvia sobre el terreno y, en menor proporción, por infiltración en los lechos de los cauces de los torrentes existentes en la isla, cuando esporádicamente se produce circulación de aguas sobre su superficie. El agua acumulada o en circulación dentro de los sistemas acuíferos es extraída, en gran parte, por bombes para abastecimiento y agricultura, y otra parte se pierde directamente al mar en las zonas costeras donde los acuíferos entran en contacto con el litoral marítimo.

La superficie de estos acuíferos, bien por las zonas aflorantes de las calizas o de los terrenos detríticos (en muchos casos interconectados), está en contacto directo con la atmósfera constituyendo acuíferos libres, que se caracterizan por que la presión a la que se ve sometida el agua subterránea es igual a la de la atmósfera, y sólo en algunas áreas en general de pequeña extensión, sobre estas unidades hidrogeológicas aparecen recubrimientos de terrenos impermeables que los confinan (acuíferos confinados), estando sometida el agua subterránea a una presión adicional debida a la carga del terreno que los recubren.

Una breve síntesis de las características hidrogeológicas de estas unidades se desarrolla a continuación:

CARACTERIZACIÓN U.H. 20.01 SANT MIQUEL

Está ubicada al norte de la isla de Ibiza ocupando una franja paralela a la costa de 25 km de largo y 4 km de ancho, con una superficie total de 90 km². Está constituida por dos acuíferos, uno formado por materiales calcáreos fisurados con un espesor de 200 m, de naturaleza libre y con algunos confinamientos locales, y otro formado por materiales detríticos más jóvenes, permeable por porosidad, suprayacente respecto al anterior, con poco desarrollo, que llega a alcanzar los 15 m de espesor. La recarga se produce por infiltración de agua de lluvia, estimada en una 2,6 Hm³/anuales. Las extracciones por bombeo drenaje de fuentes están cifradas en 0,8 Hm³/anuales.

CARACTERIZACIÓN U.H. 20.02 SANT ANTONI

Situado en la costa centro-occidental de la isla con el centro prácticamente situado en la localidad de San Antonio, ocupa una superficie de 100 km². Está constituida también por dos acuíferos, uno formado por materiales calcáreos fisurados con un espesor máximo de 200 m, de naturaleza libre y con algunos confinamientos locales, formado por materiales detríticos más jóvenes, permeable por porosidad, recubriendo en la zona central al acuífero calcáreo, llegando a alcanzar hasta 20 m de espesor. La recarga se produce por infiltración en el terreno de agua de lluvia, alcanzando valores anuales de 5 Hm³. Las extracciones anuales por bombes son del orden de 4,6 Hm³.

CARACTERIZACIÓN U.H. 20.03 SANTA EULÀRIA

Ubicada en la parte centro-oriental de la isla, presenta una superficie total de 132 km². Esta constituida nuevamente por dos acuíferos, uno formado por materiales calcáreos fisurados con un espesor de 200 m, del cual aproximadamente la mitad es de naturaleza libre y la otra mitad aparece confinado por materiales impermeables. El otro acuífero, formado por materiales detríticos más recientes, llega a alcanzar hasta 20 m de espesor. La recarga se produce por infiltración en el terreno de agua de lluvia, alcanzando valores anuales de 4,4 Hm³, y procedentes de flujo subterráneo de otras unidades hasta 0,4 Hm³. Las extracciones anuales por bombeos, concentradas fundamentalmente en el acuífero calcáreo, son del orden de 4,7 Hm³.

CARACTERIZACIÓN U.H. 20.04 SANT CARLES

Situada en el extremo nordeste de la isla, presenta una superficie total de 67 km². Esta constituida por dos acuíferos, uno formado por materiales calcáreos fisurados con un espesor de 200 m, de naturaleza libre y con algunos confinamientos locales por materiales impermeables. El otro acuífero, formado por materiales detríticos, llega a alcanzar hasta 15 m de espesor. La recarga se produce por infiltración en el terreno de agua de lluvia, alcanzando valores anuales cifrados en 3 Hm³, estando las extracciones por bombeos cifradas en 0,3 Hm³/año, y el flujo subterráneo hacia otras unidades en 0,4 Hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 20.05 SANT JOSEP

Ocupa el extremo suroccidental de la isla de Ibiza, con una superficie de 67 km². Constituida por dos acuíferos, uno formado por materiales calcáreos fisurados con un espesor de 200 m, de naturaleza libre y con algunos confinamientos locales por materiales detríticos, tiene un espesor que alcanza hasta 15 m de espesor. La recarga se produce por infiltración en el terreno de agua de lluvia, alcanzando valores anuales de 1,5 Hm³. Las extracciones por bombeos están entre 0,4 Hm³/año.

CARACTERIZACIÓN U.H. 20.06 EIVISSA

Situada en la zona sureste de la isla ocupa una superficie de 125 km². También formada por dos acuíferos, uno constituido por materiales calcáreos fisurados con un espesor superior a 200 m, de naturaleza libre y con algunos confinamientos locales por materiales margosos. El otro acuífero, formado por materiales detríticos, tiene un espesor que varía entre 105 y 20 m de espesor. La recarga se produce por infiltración en el terreno de agua de lluvia, alcanzando valores anuales de 6,9 Hm³/año. Las extracciones por bombeos se sitúan en 8 Hm³/año.

REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO Y DE CALIDAD. AÑO 2.000

Actualmente, tanto el IGME como la Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH) mantienen sus propias redes de control piezométrico y de calidad e intrusión en las diferentes unidades hidrogeológicas que conforman el archipiélago balear. Estas redes consisten en pozos, sondeos y piezómetros donde se realizan medidas periódicas de la profundidad de los niveles del agua subterránea y se toman muestras de agua para la realización de análisis hidroquímicos. La DGRH cuenta además con varios limnógrafos que permiten un registro continuo de la evolución de los niveles piezométricos en algunos acuíferos de especial interés. Aparte de las medidas periódicas (mensuales, bimestrales, trimestrales o semestrales, según los casos) existen numerosas analíticas adicionales, resultado de la realización de ensayos de bombeo y, también, procedentes de diferentes estudios hidrogeológicos puntuales, que son tenidas en cuenta en la determinación del estado actual de los acuíferos y de su evolución temporal.

En la isla de Ibiza el IGME mantiene una red piezométrica con registros históricos en 126 puntos de control controlados semestralmente y distribuidos en las 6 unidades hidrogeológicas que forman la isla de Ibiza. Para la elaboración del presente informe se han tenido en cuenta las medidas de la red habitual de control piezométrico del IGME correspondientes al segundo semestre (octubre) del año 2000. En total se han seleccionado para el presente informe los registros correspondientes a 95 piezómetros, cuya situación y distribución por unidades hidrogeológicas se recoge en la Tabla I del Anexo I, y en el “Mapa de Situación de la Red Piezométrica” del mismo anexo.

En cuanto a la red de calidad el IGME cuenta con registros históricos en 87 puntos de control muestreados semestralmente. Para la elaboración del informe correspondiente al año 2000 se han empleado los análisis químicos de 57 puntos de control que constituyen la red de control habitual, procedentes de la campaña de octubre. Las características de situación de cada uno de estos puntos se recogen en la Tabla II del Anexo I, y su distribución espacial se puede observar en el “Mapa de Situación de la Red Calidad” que se integra en el mismo anexo.

PIEZOMETRÍA ACTUAL DE LA ISLA DE IBIZA (octubre 2.000) Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA (1.984 - 2.000)

A continuación se recoge la situación de los niveles de agua subterránea de cada una de las unidades hidrogeológicas de la isla de Ibiza en el año 2.000. Para ello, y cuando la densidad de datos así lo permite, se han realizado los mapas de isopiezas (Anexo II) que indican la altura de la lámina de agua sobre el nivel del mar. En la realización de dichos mapas se han considerado los registros seleccionados de la red de piezometría del IGME, y que se recogen en el listado de la Tabla I (Anexo I).

También se analizan en el presente apartado los gráficos de evolución histórica de los niveles del agua subterránea en los piezómetros más característicos de las redes de control del IGME (Anexo IV), desde el inicio de su actividad hasta la actualidad, contando en la mayoría de los casos con series históricas que reflejan la evolución de los últimos 25 años, así como la evolución media de la piezometría por unidades hidrogeológicas cuando los datos son suficientes para su estimación (Anexo IV).

PIEZOMETRÍA U.H. 20.01 SANT MIQUEL

En esta unidad el análisis de la piezometría para el año 2.000 se ha realizado a partir de 8 puntos de la red piezométrica del IGME.

Las cotas piezométricas de esta unidad varían entre los 100 y 150 m.s.n.m. en toda la franja interior de la unidad (Anexo II), tal y como puede verse en el Mapa de y los valores cercanos a la cota cero en la línea de costa. Excepcionalmente se registran valores negativos del orden de los 27 metros bajo el nivel del mar debido a las extracciones que se realizan en las proximidades de Cala Portinatx. El gráfico de evolución media de los niveles para el conjunto de la unidad muestra una tendencia general al descenso durante los últimos 10 años, con una variación de nivel desde el año 1984 en que se empezó a medir la red de esta unidad de -19 m, y más de 5 metros de descenso en el conjunto de la unidad con respecto al año 1.999. Los piezómetros cuya evolución se recoge en el Anexo IV se consideran representativos del conjunto de la unidad. Exceptuando el correspondiente al punto 1, que pertenece al sector más occidental de la unidad y que muestra una tendencia media estable, el resto presentan acusados descensos de los niveles durante los últimos años.

PIEZOMETRÍA U.H. 20.02 SANT ANTONI

El análisis de la piezometría de esta unidad se ha realizado para el año 2.000 con los datos obtenidos de un total de 26 puntos de control. Los valores de cota piezométrica, que oscilan entre los más de 60 msnm en la zona más próxima al contacto con la vecina unidad de Santa Eulària y los -11 m que se registran en algunos pozos de bombeo ubicados inmediatamente al noreste de la localidad de Sant Antoni, presentan una altura media de entre 10 y 20 msnm en la mayor parte de la unidad, siendo estos valores muy inferiores a los que se registraban en la vecina unidad de Sant Miquel, tal y como puede verse en el Mapa de Piezometría del Anexo II.

El análisis de la evolución de niveles a lo largo de los últimos años para el conjunto de la Unidad indica una tendencia general de estable a ligeramente descendente, con valores medios de descenso del orden de los 4 m desde el año 1.984, y ligeramente superior a los 3 m con respecto al año anterior. Estos datos, junto con los gráficos de evolución de los puntos más característicos de esta unidad se recogen en el Anexo IV. Los puntos más cercanos a la línea de costa (14 y 10) presentan niveles entre cota 10 msnm y -2,5 msnm, con una tendencia estable interanual estable. Destacan de forma significativa los puntos ubicados en el interior de la unidad, en el límite con la vecina unidad de Eivissa, donde los

niveles se encontraban inicialmente a cotas superiores a los 50 msnm y en la actualidad han descendido a valores cercanos a la cota 30 msnm de forma continuada durante los últimos 20 años (puntos 22 y 24). El resto de la unidad presenta una tendencia interanual estable, con valores ligeramente superiores a los 20 msnm (punto 21).

PIEZOMETRÍA U.H. 20.03 SANTA EULÀRIA

El análisis de la piezometría en la unidad hidrogeológica de Santa Eulària se ha realizado con para el presente año con los datos obtenidos de un total de 23 piezómetros de control, distribuidos de forma homogénea tal y como se recoge en el Mapa de situación de la red piezométrica (Anexo I).

Los valores de cota piezométrica quedan recogidos de forma gráfica en el Mapa de Piezometría (Anexo II), donde se observa una variación notable entre valores máximos próximos a los 110 metros en el sector central de la unidad y mínimos muy acusados de hasta -30 m bajo el nivel del mar en la franja costera. El análisis evolutivo de los piezómetros más representativos de esta unidad, recogidos en el Anexo IV, muestra como varios puntos de la franja costera presentan o han presentado en el pasado cotas negativas muy acusadas, situándose en ocasiones a distancias superiores a los 5 km hacia el interior de la unidad. Algunos de estos puntos han registrado una tendencia a la recuperación en los últimos años (puntos 54 y 51, situados en el sector central y oriental de la franja costera), mientras que en el sector más próximo a la vecina unidad de Eivissa se registran descensos continuados durante los últimos año (punto 45). El sector más próximo a la unidad de Sant Miquel, al norte de la unidad, presenta los niveles más altos con fuertes oscilaciones anuales que varían entre la cota 60 y 110 msnm. En el sector oriental las variaciones estacionales son igualmente acusadas, si bien los niveles son más bajos, oscilando entre 10 y 45 msnm.

La evolución media de los niveles en la unidad indica una tendencia general con marcadas variaciones interanuales, registrándose un descenso global ligeramente superior a los 5 m con respecto al mismo período del año 1.984 y de algo más de 8 m con respecto a 1.999.

PIEZOMETRÍA U.H. 20.04 SANT CARLES

El análisis de la piezometría en la unidad hidrogeológica de Sant Carles se ha realizado con datos procedentes de 12 piezómetros localizados principalmente en el sector meridional de la unidad. El Mapa de piezometría (Anexo II) refleja una unidad con valores de cota piezométrica relativamente bajos, con máximos que no alcanzan los 40 msnm y mínimos que descienden hasta -10 m bajo el nivel del mar.

La evolución histórica de los piezómetros más representativos de la unidad se recoge en los gráficos del Anexo IV. La zona de cota inferior al nivel del mar se sitúa a lo largo de una franja que se dirige hacia el interior de la unidad al norte de la localidad de San Carlos, y queda representada por el piezómetro 63 que refleja una evolución temporal muy estable con apenas variaciones entre -10 y -15 m bajo el nivel del mar. El resto de la unidad

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

presenta cotas entre 0 y 30 msnm (puntos 59 y 58) con variaciones interanuales muy acusadas.

El gráfico que representa la evolución histórica media para el conjunto de la unidad refleja variaciones interanuales muy acusadas en los últimos 5 años, con una tendencia media al descenso del orden de 5 m con respecto al año 1.984 y cercana a los 7 m con respecto al mismo período del año 1.999.

PIEZOMETRÍA U.H. 20.05 SANT JOSEP

La red de piezómetros que el IGME mantiene en esta unidad es muy reducida, formada en la actualidad exclusivamente por tres piezómetros, por lo que el grado de representatividad para el conjunto de la unidad mantiene un notable margen de incertidumbre.

El Mapa de Piezometría de la unidad, que puede verse en el Anexo II, refleja una zona próxima al contacto con las unidades vecinas de Sant Antoni y Eivissa con cotas del nivel piezométrico cercanas a los 40 msnm, mientras que las tres cuartas partes restantes de la unidad presentan cotas inferiores a los 5 msnm y llegan a ser negativas con valores de -25 m bajo el nivel del mar en zonas situadas muy al interior. Los gráficos de evolución histórica de niveles, que se recogen en el Anexo IV, indican una tendencia muy estable desde el año 1.997 para el punto 71, situado en el sector septentrional de la unidad, con una cota fija de -5m. El punto situado más al interior (70) registra en la actualidad los niveles más bajos, con cota próxima a los 40 msnm, mientras que en años anteriores llegó a registrar cotas de 60 msnm. El punto más central de la unidad (72) presenta una variación de nivel que oscila entre los -10 y -50 m bajo el nivel del mar, con una tendencia media al descenso

PIEZOMETRÍA U.H. 20.06 EIVISSA

Para el segundo semestre del año 2.000 el IGME cuenta con el registro procedente de 23 piezómetros de control en la unidad hidrogeológica de Eivissa, que se distribuyen tal y como puede verse en el Mapa de Situación de la Red Piezométrica del Anexo I. Los niveles oscilan entre los 55 msnm que se registran en el límite septentrional de la unidad, los valores negativos de hasta -22 m bajo el nivel del mar que se recogen en algunos pozos de bombeo situados al oeste de la localidad de Eivissa.

Los gráficos evolutivos que se recogen en el Anexo IV presentan variaciones notables entre diferentes sectores de la unidad. Así, el sector más septentrional y cercano a la unidad vecina de Sant Antoni es el que presenta cotas más elevadas si bien los descensos son continuados y muy acusados durante los últimos 10 años, pasando de cotas iniciales próximas a los 70 msnm a valores de entre 30 y 0 m que se registran en la actualidad. El sector más medio de la unidad presenta valores negativos de cota en numerosos puntos, si bien su evolución durante los últimos años ha sido muy positiva hasta el año 1.998 en que se vuelven a registrar un descenso hasta la actualidad (puntos 73 y 78). Entre estos sectores

con fuertes valores negativos se mantienen algunos puntos con cota positiva, cercana a la cota +15 m, que presentan una tendencia evolutiva estable (punto 87).

El gráfico de evolución media para el conjunto de la unidad (Anexo IV) presenta una tendencia estable, registrándose ligeros descensos con respecto al año 1.984 (-3,5 m) y 1.999 (-2,5 m).

CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ISLA DE IBIZA (octubre 2.000) Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA (1984-2000)

El control de la calidad del agua en los acuíferos de la isla de Ibiza se lleva a cabo mediante la analítica que se realiza en las muestras de agua tomadas por el IGME en su red de control. A estas muestras, que se toman con una periodicidad semestral, el IGME añade aquellas que puntualmente se recogen durante la realización de ensayos de bombeo, informes preceptivos, estudios locales, etc., y que son incluidas, por su interés, en la base de datos que al respecto posee la Oficina de Proyectos del IGME en Palma de Mallorca. A los parámetros fisicoquímicos principales, el IGME incorpora, en los casos en que lo considera necesario, el análisis de elementos menores que pueden ser de gran interés por motivos técnicos y científicos. De esta manera, la caracterización de la calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos de la isla cuenta con un amplio respaldo de información disponible para la realización de estudios específicos en los elementos mayoritarios e incluso minoritarios que se encuentran presentes en las mismas, cuyo resultado en el presente informe se materializa en los mapas de isocontenidos en ión cloruro, nitrato y sulfato, así como en el mapa de isoconductividad eléctrica, todos ellos en el Anexo III.

De todos los parámetros analizados, a continuación se recoge la evolución de aquellos más representativos de las aguas subterráneas propias de los acuíferos de la isla. Los cationes e iones mayoritarios (calcio, sodio, magnesio, bicarbonato, cloruro y sulfato) permiten una clasificación del tipo de agua mediante el empleo de un diagrama trilinear (Piper, Anexo III), que permite asignar un sello de identidad al agua procedente de un acuífero y su estado evolutivo (ver Anexo IV).

Por otra parte, el análisis del contenido en ión cloruro (Anexo IV) es fundamental en los acuíferos conectados con la línea de costa para determinar el grado de intrusión de agua de mar en los mismos, sirviendo como criterio indirecto para determinar el grado de sobreexplotación de este tipo de acuíferos. Su presencia en acuíferos desconectados aislados del mar permite determinar la presencia de contaminantes naturales (presencia de sales en el subsuelo) o inducidos por el hombre (en el caso del empleo de aguas residuales, depuradas o no).

A este último aspecto contribuye también el control de la presencia de ión nitrato, muy frecuente como contaminante en zonas de regadío intensivo, y aportado al acuífero a partir de la aplicación incontrolada de fertilizantes nitrogenados.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

El resto de parámetros químicos analizados presenta valores normales, con excepciones puntuales, como elevadas concentraciones de sulfatos de origen natural (por presencia de yesos en el subsuelo).

En cuanto a los parámetros físicos, los más destacados por la información de carácter general que aportan, son la temperatura y la conductividad. La conductividad eléctrica es un factor ampliamente analizado en los estudios de calidad de las aguas subterráneas siendo un indicativo del grado de mineralización del agua subterránea. En el caso de los acuíferos de las islas Baleares, frecuentemente conectados con el mar, la conductividad eléctrica está fuertemente condicionada por la presencia del ión cloruro en sus aguas, de manera que los máximos de conductividad eléctrica coinciden con las zonas del acuífero próximas a la franja litoral y con las zonas de intensa sobreexplotación en las que se ha inducido un proceso de intrusión marina por bombeos.

A continuación se describe para cada una de las unidades hidrogeológicas de la isla de Ibiza, y con datos actualizados al año 2.000, la caracterización hidrogeoquímica de acuerdo con la clasificación de Piper-Hill-Langelier (Anexo III), basada en los iones mayoritarios presentes en el agua subterránea; así como los mapas de isoconductividad y contenido en ión cloruro, indicativos del proceso de intrusión marina en la unidad hidrogeológica, y en aquellas unidades donde se ha detectado una concentración anómala, los mapas de isocontenido en ión nitrato y sulfato para el período considerado (ver mapas del Anexo III).

CALIDAD U.H. 20.01 SANT MIQUEL

La tipología de las aguas subterráneas de esta unidad se ha obtenido del diagrama de Piper que se incluye en el Anexo III, en el cual se ha representado 6 muestras de agua, correspondiente a otros tantos puntos de control del IGME. El diagrama incluye, en color amarillo, la representación del agua marina (Barcelona, Custodio 1.970) como punto de referencia. De acuerdo con la clasificación de Piper, las aguas analizadas corresponden a facies mixtas de tipo sulfatado-clorurado cálcico.

Los mapas de isocontenido en ión cloruro y de conductividad que se recogen en el Anexo III, realizados para octubre de 2.000, reflejan la presencia de valores bajos de ión cloruro y conductividad, no superando los primeros los 500 mg/L, que se traducen en conductividades que oscilan entre los 1.000 y 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los valores más altos de ión cloruro y de conductividad se registran en las proximidades del Port de Sant Miquel.

El mapa de isonitratos muestra valores muy bajos en toda la unidad, registrándose un máximo de 28 mg/L en las proximidades de la vecina unidad de Sant Antoni, siempre por debajo del límite máximo permitido por la legislación actual para aguas potables, establecido en 50 mg/L. Por el contrario, el Mapa de Isosulfatos (Anexo III) presenta algunas anomalías puntuales de concentración, con valores entre 600 y 700 mg/L en los sectores centro oriental y centro occidental de la unidad. Estas concentraciones elevadas, que se registran en más zonas de la isla de Ibiza, a diferencia de Menorca y Mallorca donde son muy escasas estas manifestaciones, obedecen a la presencia de yesos en el substrato sobre el que se localizan los acuíferos.

CALIDAD U.H. 20.02 SANT ANTONI

Para el análisis de la calidad química de las aguas subterráneas de esta unidad se han empleado los registros obtenidos de un total de 12 puntos de control distribuidos a lo largo de la unidad tal y como se recoge en el Mapa de Situación de la Red de Calidad (Anexo I). La representación de los iones mayoritarios en un diagrama de Piper permite clasificar las aguas existentes en esta unidad en dos grandes grupos (ver diagrama de Piper, Anexo III). Por un lado se encuentran un conjunto de muestras que corresponden a aguas de tipo bicarbonatado cálcico, que corresponden a la calidad natural de los acuíferos de la unidad y que se centran en los puntos de muestreo más alejados de la línea de costa. Por otro lado hay un conjunto de muestras que presentan ya una facies netamente clorurada sódica o sódico cálcica indicando la existencia de un proceso de intrusión marina en el acuífero, y que se centra en las inmediaciones de la localidad de Sant Antoni y en las cercanías de la línea de costa. En menor medida se registran algunas aguas con predominio del anión sulfato frente al resto, dando lugar a facies de tipo sulfatado cálcico.

Los mapas de isoconductividades y de isocontenido en ión cloruro (ver Anexo III) permiten reconocer las zonas donde se distribuyen estos tipos de aguas. Así, en casi el tercio más occidental de la unidad se registran valores de concentración de ión cloruro que superan el nivel de alarma de 500 mg/L, con valores que puntualmente se aproximan a los 2.400 mg/L, al suroeste de la localidad de Sant Antoni. Los valores de conductividad constituyen un fiel reflejo de la situación registrada por el mapa de isocontenidos en ión cloruro, registrándose valores que superan los 2.000 mg/L en toda el área que supera los 500 mg/L de ión cloruro, con máximos que superan los 7.600 μ S/cm. El resto de la unidad, con valores de concentración de ión cloruro inferior a los 500 mg/L presenta una conductividad inferior a los 2.000 μ S/cm.

El mapa de isocontenido en ión nitrato (Anexo III) muestra valores muy por debajo del límite tolerado para aguas potables (50 mg/L) situándose los valores extremos entre 1 y 30 mg/L.

El contenido en ión sulfato sí que presenta, por el contrario, anomalías destacables en la unidad, con concentraciones que superan el valor recomendable para aguas potables de 250 mg/L en un amplio sector comprendido entre las localidades de Sant Antoni y la vecina unidad de Eivissa en dirección a esta última localidad. En este pasillo se registran valores que pueden superar ampliamente los 800 mg/L.

CALIDAD U.H. 20.03 SANTA EULÀRIA

Para el período considerado en el presente informe se han obtenido las analíticas de un total de 12 puntos de control de calidad de las aguas subterráneas que el IGME mantiene en esta unidad. Su distribución queda recogida en el mapa de situación de la red de calidad del Anexo I.

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

El diagrama de Piper para el segundo semestre del año 2.000 indica que la totalidad de las muestras analizadas presentan facies hidrogeoquímicas de tipo mixto clorurado-sulfatadas y en menor medida bicarbonatadas calco-sódico-magnésicas, con un ligero predominio de las facies sulfatadas. A diferencia de otras unidades costeras no existe un conjunto de muestras con clara tendencia a la facies clorurada.

El análisis del mapa de isocontenido en ión cloruro muestra como la concentración de este ión es muy baja en el conjunto de la unidad, incluyendo la franja costera que presenta valores de nivel piezométrico con frecuencia negativos. Esto indica que existe una desconexión hidrogeológica entre esta unidad y el mar que impide que se produzca un fenómeno de intrusión marina generalizado en muchos otros sectores costeros de las unidades hidrogeológicas del conjunto balear. El mapa de isoconductividades refleja valores inferiores a los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la mayor parte de la unidad, superándose los 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ únicamente en las proximidades de la línea de costa. En este caso, debido a la desconexión hidráulica con el mar, la relativamente alta conductividad de la franja costera no obedece a un incremento de la concentración de ión cloruro. La observación del mapa de isocontenido en ión sulfato muestra unos valores de concentración muy elevados en toda la franja costera, con contenidos superiores a los 1.350 mg/L. Esta alta concentración, relacionada con la presencia de yesos en los materiales del substrato, parece ser la causa de la alta conductividad registrada en este sector costero de la unidad hidrogeológica de Santa Eulària.

El mapa de isocontenido en ión nitrato no registra anomalías en la unidad durante el segundo semestre del año 2.000, registrándose valores máximos ligeramente inferiores a los 40 mg/L en un sector al norte de la localidad de Santa Eulària, relacionado con actividades agrícolas, y en las proximidades de Santa Gertrudis.

CALIDAD U.H. 20.04 SANT CARLES

Para la caracterización hidrogeoquímica de la unidad de Sant Carles, el IGME cuenta con una red de puntos de control de calidad formada para el período considerado por un total de 9 puntos, distribuidos de forma irregular tal y como se recoge en el mapa de situación de la red de calidad (Anexo I).

El diagrama de Piper de las muestras correspondientes a los citados puntos durante el segundo semestre del año 2.000 se recoge en el Anexo III, y refleja dos tipos de aguas principales, de carácter mixto bicarbonatado-clorurado cálcico las primeras, y netamente sulfatadas cálcicas las segundas.

El Mapa de isocontenidos en ión cloruro no presenta ninguna concentración anómala de este anión, situándose todos los valores, incluso los más cercanos a la línea de costa, valores inferiores a los 200 mg/L, registrándose sólo puntualmente valores de 600 mg/L y 300 mg/L. Teniendo en cuenta los valores de piezometría negativos que se registran y que no se corresponden con valores altos de ión cloruro parecen indicar que no existe un proceso de intrusión marina en la unidad, motivado por la desconexión hidráulica del acuífero con el mar. Este hecho también se confirma en el mapa de isoconductividades (Anexo III) que muestra valores de isoconductividad inferiores en casi toda la unidad a los

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La zona suroeste de la unidad es la única que registra valores que puntualmente superan los 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y se corresponde con los valores más altos de concentración de ión cloruro, y también con valores anormalmente elevados de ión sulfato (ver mapa de isosulfatos, Anexo III), los cuales llegan a superar los 1.450 mg/L en este sector. El resto de la unidad presenta valores inferiores a los 500 mg/L.

La concentración de nitratos es generalmente inferior a los 35 mg/L, si bien un dato puntual en el sector central de la unidad (punto 33) registra para el período considerado una concentración anormalmente elevada de 88 mg/L, superando ampliamente los valores límite establecidos en la legislación para aguas potables, el cual se establece en 50 mg/L.

CALIDAD U.H. 20.05 SANT JOSEP

El IGME mantiene una red de control de calidad muy reducida en esta unidad, de la que cuenta solamente con registro en dos puntos de control para el segundo semestre del año 2.000, cuya situación puede verse en el mapa de situación del Anexo I.

El diagrama de Piper de las muestras seleccionadas, que se recoge en el gráfico del Anexo III indica que se trata de aguas mixtas de tipo bicarbonatado-clorurado cálcico a netamente cloruradas cálcico-sódicas.

Los mapas de isocontenidos de esta unidad tienen una representatividad reducida por la escasez de datos en la misma. Pese a todo, el mapa de isocontenidos en ión cloruro muestra unos contenidos generales inferiores a los 500 mg/L en la mayor parte de la unidad, dato significativo dado que el mapa de isopiezas refleja cotas fuertemente negativas en amplios sectores de la misma. El mapa de isoconductividad refleja igualmente conductividades inferiores a los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en casi toda la unidad, siendo superado este valor únicamente en la franja costera y en una parte del sector norte de la unidad, especialmente en las proximidades de la vecina unidad de Sant Antoni.

La concentración de ión nitrato es muy baja en toda la unidad, con valores generales inferiores a los 20 mg/L. Tampoco se registran anomalías en la concentración de ión sulfato, que en toda la unidad se muestra inferior a los 200 mg/L.

CALIDAD U.H. 20.06 EIVISSA

Para la unidad de Eivissa el IGME ha realizado un seguimiento de 14 puntos de control de la calidad química de las aguas subterráneas, cuya distribución uniforme a lo largo de la unidad se recoge en el mapa de situación de la red de calidad del Anexo I.

El diagrama de Piper de las muestras de agua correspondientes al segundo semestre del año 2.000, que se recoge en el Anexo III, muestra como en su mayor parte se trata de aguas de tipo clorurado sódico, y en menor medida de facies de tipo mixto.

El mapa de isocontenido en ión cloruro (Anexo III) muestra claramente un fuerte proceso de intrusión que se extiende por la mayor parte de la unidad. La concentración de ión cloruro es superior a los 500 mg/L en prácticamente toda la unidad excepto en el sector más septentrional en contacto con las unidades vecinas de Santa Eulària y Sant Antoni, y el extremo occidental en contacto con la unidad de Sant Joseph. Los valores de concentración de ión cloruro pueden llegar a superar los 4.000 mg/L en algunos puntos al noroeste de la localidad de Eivissa. El mapa de isoconductividad constituye un fiel reflejo de la distribución de la concentración de ión cloruro, registrándose valores superiores a los 2.000 µS/cm en casi toda la unidad, con valores extremos entre 900 y 18.000 µS/cm.

No existen, sin embargo, anomalías en la concentración de ión nitrato, presentándose valores muy bajos, generalmente inferiores a los 20 mg/L en toda la unidad.

La concentración de ión sulfato si presenta anomalías en esta unidad, con valores que superan ampliamente los 250 mg/L en las tres cuartas partes centrales de la unidad, con una distribución similar a la que refleja el proceso de intrusión marina. Son muy frecuentes los valores entre 500 y 600 mg/L en un pasillo central de esta unidad a lo largo de un eje que une las localidades de Eivissa y Sant Antoni, donde ocasionalmente se registran valores que superan ampliamente los 900 mg/L.

PROBLEMÁTICA DE LAS DISTINTAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS. TENDENCIAS HISTÓRICAS Y POSIBLES ACTUACIONES.

A continuación se describe brevemente el estado que presentan actualmente cada una de las unidades hidrogeológicas en que se divide la isla de Ibiza, destacando aquellas características que presentan anomalías de importancia, su evolución con respecto a años anteriores, y las posibles actuaciones tendentes a su corrección o recuperación. En el Anexo IV se recogen las evoluciones temporales de la concentración en ión cloruro y de la variación de la facies hidroquímica (clasificación de Piper-Hill-Langelier) para una serie de puntos representativos de cada unidad hidrogeológica o sector de la misma, y de los que se dispone de registro histórico al menos en los últimos 5 años.

EVOLUCIÓN U.H. 20.01 SANT MIQUEL

La unidad hidrogeológica de Sant Miquel presenta en la actualidad aguas de calidad general regular, con facies mixtas en amplios sectores de la unidad, y puntualmente elevados contenidos en cloruros, en el área de Cala Portinatx, y en el entorno del Port de Sant Miquel. El nivel freático en esta zona ha sufrido un descenso generalizado desde el año 1.991, con una reducción media que se aproxima a los 20 m.

La continuada reducción de niveles puede favorecer que se produzca un aumento de la zona de intrusión marina actualmente muy reducida a los sectores de Cala Portinatx y Port de Sant Miquel. Igualmente se puede producir una pérdida progresiva de la calidad natural de

las aguas subterráneas que evolucionarían de aguas de tipo mixto a facies cada vez más cloruradas y sulfatadas.

No existen problemas de contaminación de nitratos, y dada la escasa extensión de la actividad agrícola no se prevén problemas relacionados en un futuro a medio plazo. Puntualmente se registran problemas por excesivo contenido en ión sulfato, de origen natural debido a la presencia de yesos en el subsuelo. De mantenerse los regímenes de explotación actuales y la estabilización del nivel piezométrico no deberían producirse modificaciones en la concentración natural de este ión.

EVOLUCIÓN U.H. 20.02 SANT ANTONI

El análisis de la evolución piezométrica en esta unidad (ver gráficos del Anexo IV) indica que en conjunto no se han producido descensos importantes en la unidad, si bien hay que destacar que el sector situado más al interior, en contacto con la vecina unidad de Eivissa presenta una evolución de niveles con un marcado descenso desde el año 1.990, con descensos que pueden llegar a superar los 70 m (punto 22, y punto 24). El sector más cercano a la línea de costa es el que presenta niveles más estables, debido a la conexión hidráulica con el mar. Existen conos de bombeo que destacan por la inducción de niveles con cota negativa inmediatamente al Este de la localidad de Sant Antoni.

En cuanto a la calidad se registra un fuerte proceso de intrusión marina en todo el sector costero de la unidad, con concentraciones de ión cloruro que superan los 1.000 mg/L algunos kilómetros al interior de la línea costera. Los gráficos de evolución de la concentración de ión cloruro indican un aumento fuerte y progresivo de la misma en los puntos 17, 12 y 9, todos ellos en el sector más próximo a la línea de costa y afectado por el proceso de intrusión marina. En ellos la calidad de las aguas es mala, con facies netamente cloruradas sódicas. Solamente el sector más próximo a la vecina unidad de Sant Miquel presenta aguas de buena calidad, de tipo bicarbonatado cálcico, ya que el sector interior, en contacto con la vecina unidad de Eivissa, registra aguas de calidad regular, de facies mixta.

Es necesario controlar los descensos que se producen en el interior de la unidad y que pueden afectar seriamente a la calidad y la cantidad de los recursos de esta unidad, ya que estos descensos afectan también al sector próximo de la vecina unidad de Eivissa, afectada por un acusado proceso de intrusión marina. También se debe controlar y efectuar un seguimiento del proceso de intrusión marina en el entorno de la localidad de Sant Antoni y en toda la franja costera.

Existen problemas de concentraciones elevadas de ión sulfato de difícil solución, ya que el origen más probable está relacionado con la naturaleza del sustrato rocoso.

EVOLUCIÓN U.H. 20.03 SANTA EULÀRIA

La principal problemática de la unidad de Santa Eulària se encuentra relacionada con la presencia de una importante área cercana a la línea de costa con niveles de la lámina de agua subterránea situados por debajo del nivel del mar, con valores negativos que pueden alcanzar varias decenas de metros, especialmente en el sector comprendido entre la

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

localidad de Santa Eulària y Jesús. La desconexión hidráulica de esta unidad con el mar ha impedido que se produzca un proceso de intrusión marina de entidad similar a la que se registra en la vecina unidad de Eivissa. Esta desconexión es en cierto modo causante de los elevados descensos, al producirse extracciones poco controladas y continuadas debido a que las explotaciones no se ven afectadas significativamente en cuanto a su calidad.

Por otro lado, la presencia de yesos asociados con los niveles impermeables del Keuper que aíslan esta unidad, y la intensa explotación están dando lugar a un progresivo aumento de la concentración de ión sulfato en la zona, y el consiguiente incremento en la conductividad del agua. En general, la calidad de las aguas es regular debido a la presencia de facies sulfatadas o mixtas.

Debido a la concentración de actividades agrícolas al norte de la localidad de Santa Eulària, así como a la puesta en marcha de un plan de reutilización de aguas residuales depuradas en este sector, se recomienda un seguimiento cercano de la evolución de la calidad de las aguas subterráneas en este sector, especialmente en lo referente a la concentración de ión nitrato e ión cloruro.

EVOLUCIÓN U.H. 20.04 SANT CARLES

El principal problema existente en la unidad Sant Carles radica en el descenso prolongado del nivel piezométrico durante los últimos años, y en la existencia de conos de bombeo con valores de cota negativos en el sector costero de la mitad sur de la unidad, entre la línea de costa y la localidad de Sant Carles, donde algunos puntos presentan cotas negativas de hasta -10 m de forma estable desde hace más de 5 años (ver gráficos de evolución piezométrica, punto 63, Anexo IV).

En cuanto a la calidad, la evolución de la concentración de ión cloruro ha experimentado una mejoría notable, existiendo algunos puntos que hace cuatro años presentaban casi 1.000 mg/L de ión cloruro, y en la actualidad su concentración ha descendido por debajo de los 200 mg/L (punto 40, Anexo IV). La ausencia de problemas de intrusión marina generalizados en la unidad se debe a la desconexión de la misma del mar. Mención especial merece la presencia de un foco puntual de concentración elevada de ión nitrato, por primera vez detectado en el sector central de esta unidad. También pueden existir problemas de calidad del agua relacionados con la presencia de altas concentraciones de ión sulfato, en este caso de origen natural debido a la presencia de yesos en el sustrato. El control de su concentración pasa por establecer el régimen de explotación de los pozos y sondeos afectados.

EVOLUCIÓN U.H. 20.05 SANT JOSEP

El control de la piezometría de esta unidad es reducido, ya que la red de control consta actualmente de tan solo 3 piezómetros de los que se cuenta con registro desde el año 1.996. Los niveles en los 3 piezómetros son muy variables, pero en general se registra un descenso global en toda la unidad. Dos de los piezómetros registran además cotas negativas (ver gráficos de evolución de niveles, Anexo IV).

En cuanto a la calidad, se trata de aguas de tipo mixto de calidad regular, con tendencia progresiva al incremento en la concentración de ión cloruro, si bien aún se encuentra fuera de los límites de alarma. No existen problemas relacionados con la presencia de nitratos o sulfatos, si bien la información es escasa en el conjunto de la unidad.

EVOLUCIÓN U.H. 20.06 EIVISSA

Desde el punto de vista de la piezometría, la unidad de Eivissa presenta problemas importantes en varias zonas donde la existencia de bombeos intensos han generado conos de descenso por debajo de la cota cero. En general estas zonas que se adentran varios kilómetros hacia el interior de la línea de costa, registraron durante los últimos 10 años una tendencia general a la recuperación, si bien durante los dos últimos años se ha vuelto a producir una tendencia al descenso (ver gráficos de evolución de los puntos 73 y 78, Anexo IV). En el interior de la unidad, cerca de su límite con la vecina unidad de Sant Antoni se registran descensos continuados y muy notables de los niveles (ver puntos 79 y 81) a semejanza de lo que se observa en puntos análogos de la unidad de Sant Antoni. En esta ocasión se registran descensos de nivel de hasta 75 m, alcanzándose la cota cero.

Los conos de bombeo que se registran en los niveles piezométricos se corresponden en esta unidad con zonas de elevada concentración de ión cloruro debido a un extenso proceso de intrusión marina en la unidad. A diferencia de las vecinas unidades de Santa Eulària y Sant Carles, la unidad de Eivissa se encuentra conectada hidráulicamente con el mar, igual que la unidad de Sant Antoni, por lo que las extracciones abusivas han dado lugar a una intrusión marina generalizada. Es necesario controlar estrictamente el volumen de las extracciones que se realizan en esta unidad, así como la distribución de las captaciones para evitar que la intrusión continúe avanzando hacia la vecina unidad de Sant Antoni. Todos los gráficos de evolución de contenido en ión cloruro indican una tendencia general al aumento, tras un período de varios años en el que se había registrado una tendencia a la recuperación (ver gráficos de evolución del Anexo IV). Las aguas han ido evolucionando de facies mixtas a netamente cloruradas sódicas, por lo que se trata de aguas de mala calidad para consumo humano. Junto a los problemas derivados de la intrusión marina, se registran además contenidos muy altos de ión sulfato, que pueden estar relacionados tanto con la presencia de facies yesíferas en el sustrato como con el propio proceso de intrusión de agua de mar.

Tanto en esta unidad como en la de Sant Antoni, donde los procesos de intrusión marina son muy destacados, se hace necesaria la realización de estudios que permitan caracterizar el proceso de intrusión y salinización progresiva de los acuíferos, para poder establecer medidas concretas de recuperación mediante el empleo de nuevas tecnologías.

GLOSARIO DE TÉRMINOS HIDROGEOLÓGICOS

ACUÍFERO: Rocas o sedimentos cuyos poros, grietas y fisuras pueden ser ocupados por el agua y en los que ésta puede circular libremente, en cantidades apreciables, bajo la acción de la gravedad.

Existen otras definiciones que dan idea de un aprovechamiento económico del agua encerrada en un acuífero: aquel estrato o formación geológica que permitiendo la circulación del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para subvenir a sus necesidades.

ACUÍFERO CONFINADO: Acuífero limitado en su parte superior por una capa de permeabilidad muy baja, a través de la cual el flujo es prácticamente inapreciable. El agua contenida en los mismos está sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica, y ocupa la totalidad de los poros y huecos de la formación geológica que los contiene.

ACUÍFERO COSTERO: Tipología de acuífero en función de su ubicación geográfica, en este caso situado en contacto hidráulico con el mar, y, por tanto, tiene una zona invadida por agua salada.

ACUÍFERO SALINO (o salinizado): Acuífero caracterizado por que sus aguas subterráneas presentan un alto contenido en sales disueltas que impiden su utilización para cualquier uso consuntivo.

ACUÍFERO SOBREEXPLOTADO: Se considera un acuífero sobreexplotado cuando se está poniendo en peligro inmediato la subsistencia de los aprovechamientos existentes en el mismo, como consecuencia de venirse realizando extracciones anuales superiores al volumen medio de los recursos anuales renovables, o que se produzca un deterioro grave de la calidad del agua. La existencia de riesgo de sobreexplotación se apreciará también cuando la cuantía de las extracciones referida a los recursos renovables del acuífero genere una evolución de éste que ponga en peligro la subsistencia a largo plazo de sus aprovechamientos. El concepto de sobreexplotación caracteriza una situación en la que se manifiestan efectos indeseables. Estas situaciones no tienen una definición sencilla, el problema radica en que la determinación del óptimo de una explotación no es fácil, ya que son múltiples y diversos (económicos, de calidad, ecológicos) los criterios de aplicación.

ACUÍFEROS LIBRES: Acuífero en el que el material permeable se extiende hasta la superficie. En ellos, la superficie libre del agua está en contacto directo con el aire y por lo tanto a presión atmosférica.

CABALGAMIENTO: Movimiento tectónico que lleva a un conjunto de materiales a cubrir a otro mediante un contacto anormal poco inclinado (superficie de cabalgamiento). También, recubrimiento resultante de este movimiento (lámina o escama de cabalgamiento).

DETRÍTICOS (materiales): Rocas constituidas por la acumulación de fragmentos de diversa naturaleza y tamaño. Las partículas constituyentes reciben distintos nombres según su tamaño, que de menor a mayor diámetro son, **arcilla**, limo, arena y grava, denominaciones válidas también para los sedimentos correspondientes. El comportamiento frente a la circulación hídrica puede variar en las rocas constituidas por los mayores tamaños de grano, que son los que por su permeabilidad presentan interés hidrogeológico, según que los granos estén o no traba con la presencia de una matriz (constituida por granos de menor tamaño) o cemento (de precipitación química). Las arcillas tienen una permeabilidad muy baja.

FACIES: Categoría en la que se puede encuadrar un elemento en función de sus características. Por ejemplo, una roca en función de sus características litológicas, o una muestra de agua en función de sus características físico-químicas.

INFRALÍAS: División estratigráfica que comprende al Rhetiense (actualmente situado en el Triás, pero antes en el Jurásico) y el Hettangiense (era secundaria).

INTRUSIÓN MARINA: Penetración tierra adentro de la interfase agua dulce-agua salada en los acuíferos costeros por el efecto inducido artificialmente (bombeos) de reducción significativa en el flujo subterráneo de agua dulce que originalmente descargaba al mar

KEUPER: Parte del Triásico superior (era secundaria) donde se encuentran generalmente arcillas rojas y verdes con yesos.

LÍAS: Parte inferior del Jurásico (era secundaria). Adj. **liásico**.

MARGAS: Roca sedimentaria formada por una mezcla de caliza y arcilla. La permeabilidad es muy baja

PIEZÓMETRO: Pozo o sondeo utilizado para medir la altura piezométrica en un punto dado del acuífero

POZO: Perforación de gran diámetro realizada en el suelo (superior a 1 metro) mediante excavación manual y destinada a la extracción de agua subterránea

RECARGA ARTIFICIAL: Es la introducción forzada (no natural) del agua en un acuífero para aumentar la disponibilidad y/o mejorar la calidad del agua subterránea.

RECURSOS: Es una cifra equivalente al total de la recarga o alimentación de un acuífero. Sus unidades son las de un caudal y se suelen referir a un tiempo determinado.

ROCAS CALIZAS: Rocas sedimentarias constituidas esencialmente por carbonato de calcio. El comportamiento frente a la circulación hídrica esta favorecido por la presencia de huecos por disolución de la caliza y por fisuras debidas a la fracturación de la roca.

ROCAS DOLOMÍTICAS: Rocas sedimentarias constituidas esencialmente por carbonato de calcio y magnesio. . El comportamiento frente a la circulación hídrica esta favorecido

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

por la presencia de huecos por disolución de la caliza y por fisuras debidas a la fracturación de la roca.

SONDEO: Perforación realizada en el suelo por medios mecánicos destinado a la explotación de un acuífero con diámetros inferiores a 1 m

SUPERFICIE FREÁTICA (o nivel freático): constituye el límite superior de la zona saturada de un acuífero libre. Es lo mismo que el nivel piezométrico pero para acuíferos libres.

SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA (o nivel piezométrico): Superficie definida por todos los puntos en los que la presión del agua de un acuífero libre o confinado es igual a la presión atmosférica. Su geometría puede establecerse a partir de las observaciones del nivel piezométrico en un número suficiente de pozos que penetren en la zona saturada del acuífero.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS: Uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua.

USO CONSUNTIVO: Captación de un recurso hídrico de su ubicación natural para utilizarlo con fines domésticos, agrícolas e industriales

YESOS: Roca formada por sulfato de calcio hidratado. El comportamiento frente a la circulación hídrica esta condicionado por la baja permeabilidad del yeso excepto cuando exista presencia de huecos por disolución del yeso y por fisuras debidas a la fracturación de la roca

ZONA SATURADA: Zona de un acuífero en la que los poros están ocupados en su totalidad por agua.

ANEXO I

(Situación)

- **Mapa de Unidades Hidrogeológicas**
- **Tabla de puntos de la red de piezometría**
- **Mapa de situación de la red piezométrica**
- **Tabla de puntos de la red de calidad**
- **Mapa de situación de la red de calidad**



GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España

DELIMITACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS



- 20.01 SANT MIQUEL
- 20.02 SANT ANTONI
- 20.03 SANTA EULÀRIA
- 20.04 SANT CARLES
- 20.05 SANT JOSEP
- 20.06 EIVISSA

TABLA I. RED DE CONTROL PIEZOMÉTRICO									
IBIZA (2º SEMESTRE 2.000)									
Nº ID	IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM	Nº ID	IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM
1	343070015	1	357957	4322801	49	353050186	3	370509	4320875
2	343080018	1	362243	4324912	50	353110026	3	371551	4316817
3	343080072	1	362167	4324556	51	353110027	3	371288	4316926
4	343080077	1	364570	4326350	52	353110028	3	371609	4317064
5	343080078	1	367180	4325760	53	353110029	3	371691	4317218
6	353010002	1	371337	4328967	54	353110034	3	370258	4312947
7	353010010	1	371110	4327819	55	353110035	3	371099	4314271
8	353050050	1	370314	4326301	56	353110076	3	369206	4315783
					57	353110077	3	373873	4317281
9	343070011	2	357285	4318644					
10	343120011	2	352903	4317416	58	353050046	4	375048	4320507
11	343120041	2	353155	4317769	59	353050109	4	374446	4322778
12	343120051	2	353711	4317418	60	353050148	4	375179	4320254
13	343120056	2	353408	4313626	61	353050185	4	375284	4319644
14	343120057	2	351481	4314167	62	353060009	4	376870	4321779
15	343120058	2	351575	4313538	63	353060025	4	376637	4320411
16	343120059	2	351437	4313447	64	353060029	4	375937	4319378
17	343130002	2	355028	4317322	65	353060039	4	375909	4318738
18	343130003	2	354486	4317181	66	353060040	4	375986	4319093
19	343130025	2	355227	4317830	67	353060041	4	375944	4318936
20	343130029	2	355076	4317419	68	353060042	4	376027	4321656
21	343130031	2	355711	4316791	69	353060056	4	375819	4320487
22	343130033	2	360351	4314960					
23	343130036	2	355905	4317108	70	343120060	5	352786	4309214
24	343130039	2	355389	4313011	71	343120061	5	348293	4313433
25	343130046	2	356654	4312889	72	343160004	5	349196	4308421
26	343130047	2	355021	4317494					
27	343130092	2	357277	4316126	73	343130028	6	359897	4309142
28	343130093	2	357662	4316710	74	343130103	6	360407	4309256
29	343130096	2	358467	4314996	75	343130111	6	360863	4317383
30	343130105	2	360769	4314910	76	343140003	6	361745	4311132
31	343130110	2	355806	4311618	77	343140006	6	362940	4311020
32	343130112	2	359225	4314665	78	343140007	6	362912	4310771
33	343130114	2	360200	4314580	79	343140041	6	361527	4312920
34	343130115	2	360000	4314580	80	343140044	6	361794	4309909
					81	343140066	6	363132	4314670
35	343070019	3	361087	4319293	82	343140103	6	362137	4313297
36	343080014	3	363720	4319445	83	343140108	6	365249	4311745
37	343080020	3	363546	4321535	84	343140109	6	361154	4313347
38	343080068	3	364542	4323580	85	343140111	6	361579	4313666
39	343080069	3	366865	4319898	86	343140114	6	362563	4317156
40	343080071	3	365124	4323177	87	343170003	6	355694	4306074
41	343140026	3	366599	4311376	88	343170015	6	358906	4307438
42	343140033	3	366319	4312872	89	343170016	6	358853	4307532
43	343140035	3	366309	4310725	90	343170022	6	360692	4308764
44	343140043	3	366217	4316202	91	343170024	6	360997	4308561
45	343140107	3	366525	4311087	92	343170040	6	358439	4307221
46	343140115	3	364518	4317270	93	343170041	6	357940	4307257
47	353050047	3	371334	4321018	94	343170042	6	360066	4308849
48	353050049	3	369627	4321413	95	343170043	6	355971	4306827

SITUACIÓN DE LA RED PIEZOMÉTRICA (2º semestre 2.000)



LEYENDA

◇ I.G.M.E.

Isla de Ibiza - Año 2.000

Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear

TABLA II. RED DE CONTROL DE CALIDAD

MALLORCA (1º SEMESTRE 2.000)

Nº ID	IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM
1	343070015	1	357957	4322801
2	343080018	1	362243	4324912
3	343080077	1	364570	4326350
4	353010002	1	371337	4328967
5	353010010	1	371110	4327819
6	353050050	1	370314	4326301
7	343070013	2	356655	4318540
8	343120056	2	353408	4313626
9	343120057	2	351481	4314167
10	343120058	2	351575	4313538
11	343120059	2	351437	4313447
12	343130025	2	355227	4317830
13	343130031	2	355711	4316791
14	343130036	2	355905	4317108
15	343130038	2	355602	4311831
16	343130046	2	356654	4312889
17	343130047	2	355021	4317494
18	343130114	2	360200	4314580
19	343130115	2	360000	4314580
20	343080020	3	363546	4321535
21	343080021	3	365174	4318887
22	343140033	3	366319	4312872
23	343140035	3	366309	4310725
24	343140107	3	366525	4311087
25	353050049	3	369627	4321413
26	353110010	3	370068	4315108
27	353110024	3	371136	4315292
28	353110026	3	371551	4316817
29	353110028	3	371609	4317064
30	353110040	3	370813	4316208
31	353110076	3	369206	4315783
32	353110077	3	373873	4317281
33	353050109	4	374446	4322778
34	353050185	4	375284	4319644
35	353060009	4	376870	4321779
36	353060025	4	376637	4320411
37	353060039	4	375909	4318738
38	353060040	4	375986	4319093
39	353060041	4	375944	4318936
40	353060042	4	376027	4321656
41	353060056	4	375819	4320487
42	343120063	5	353331	4309394
43	343160004	5	349196	4308421
44	343130028	6	359897	4309142
45	343130103	6	360407	4309256
46	343140003	6	361745	4311132
47	343140044	6	361794	4309909
48	343140066	6	363132	4314670
49	343140109	6	361154	4313347
50	343140111	6	361579	4313666
51	343170015	6	358906	4307438
52	343170016	6	358853	4307532
53	343170022	6	360692	4308764
54	343170040	6	358439	4307221
55	343170041	6	357940	4307257
56	343170042	6	360066	4308849
57	343170043	6	355971	4306827

ANEXO II

(Piezometría 2.000)

- **Mapa de piezometría (por U.H.)**
- **Mapa de piezometría (sin delimitar U.H.)**



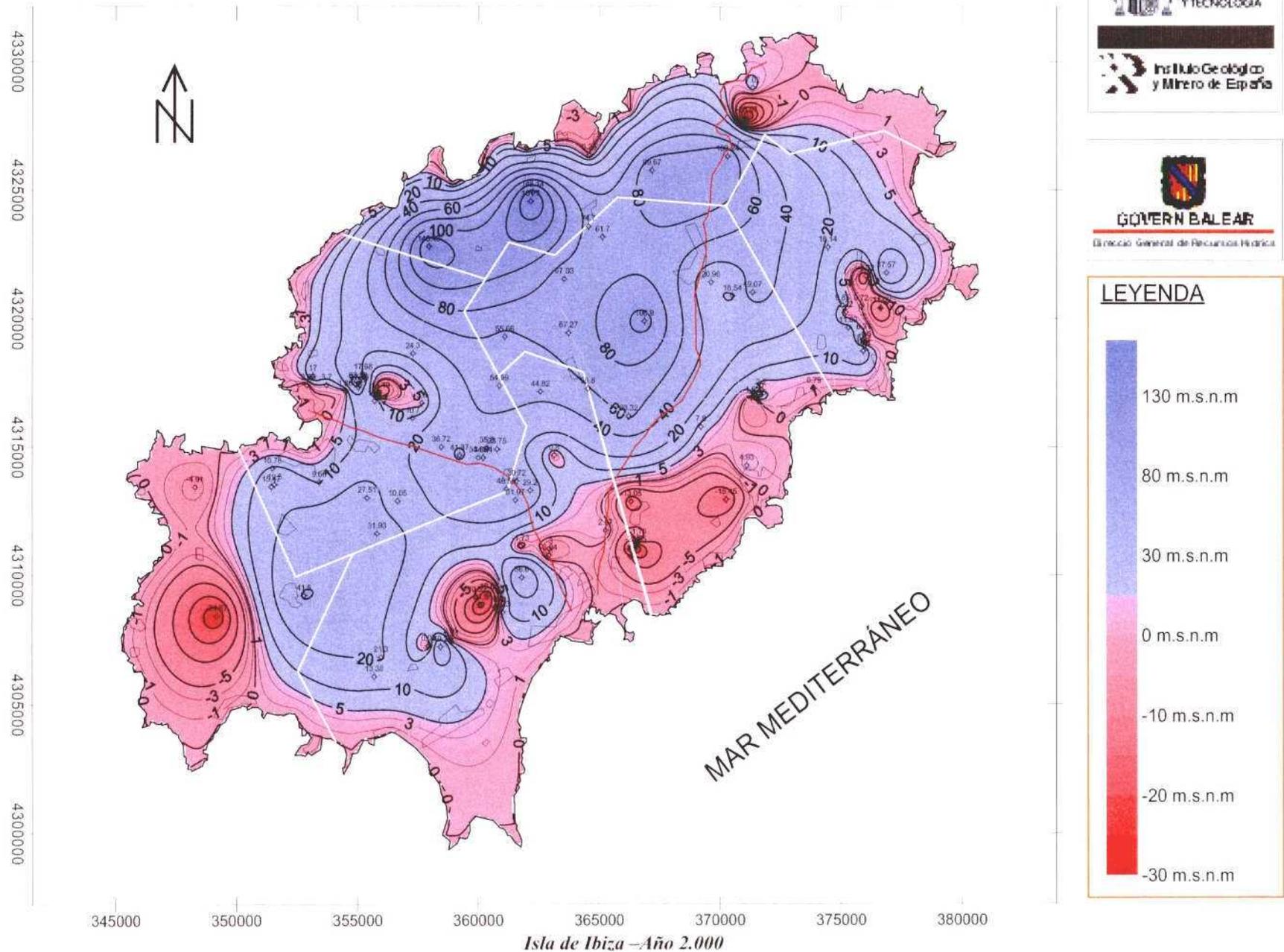
GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España

MAPA DE PIEZOMETRÍA (2º semestre 2000 - sin diferenciar UH)



ANEXO III

(Calidad 2.000)

- **Diagramas de Piper (facies hidroquímica) año 2.000**
- **Mapa de isoconductividad**
- **Mapa de isocloruros**
- **Mapa de isonitratos**
- **Mapa de isosulfatos**

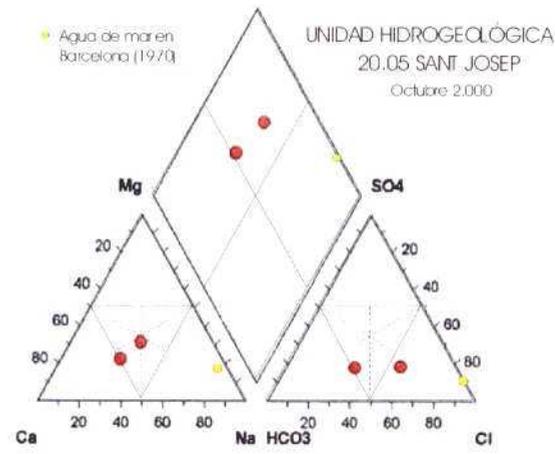
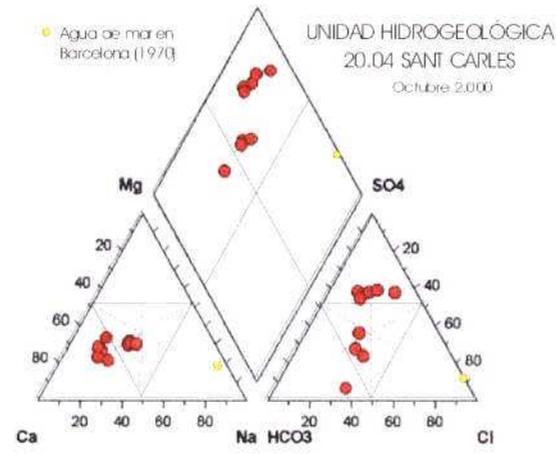
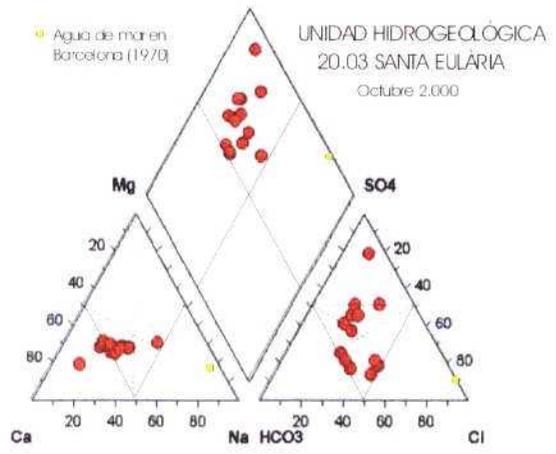
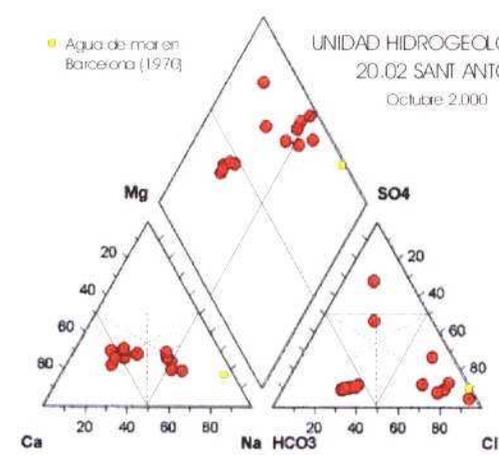
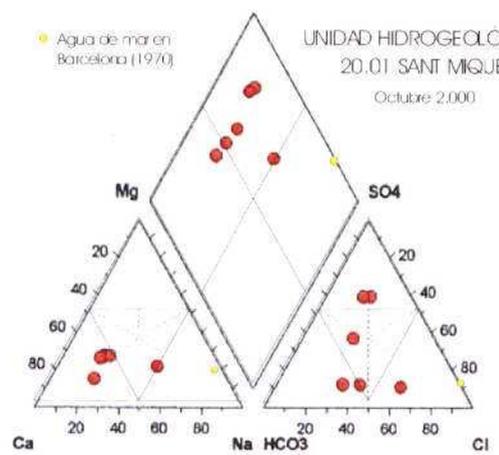
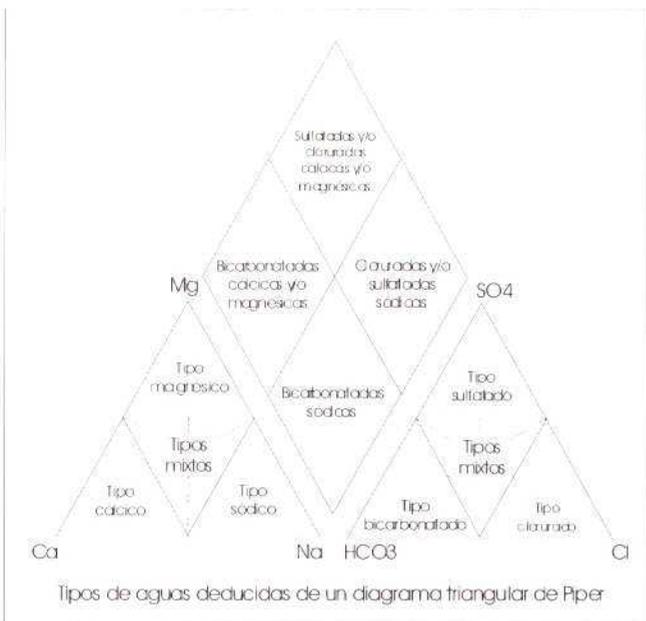


GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics

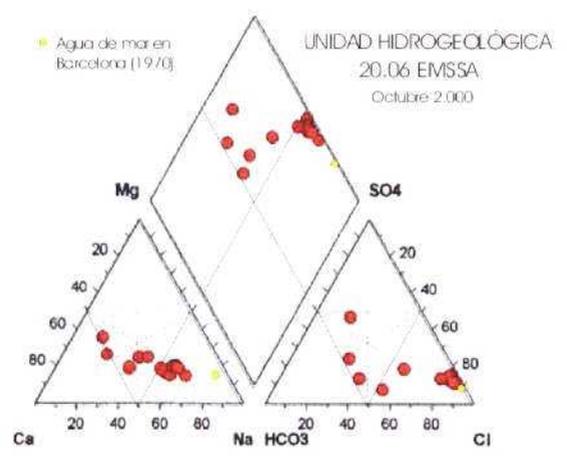
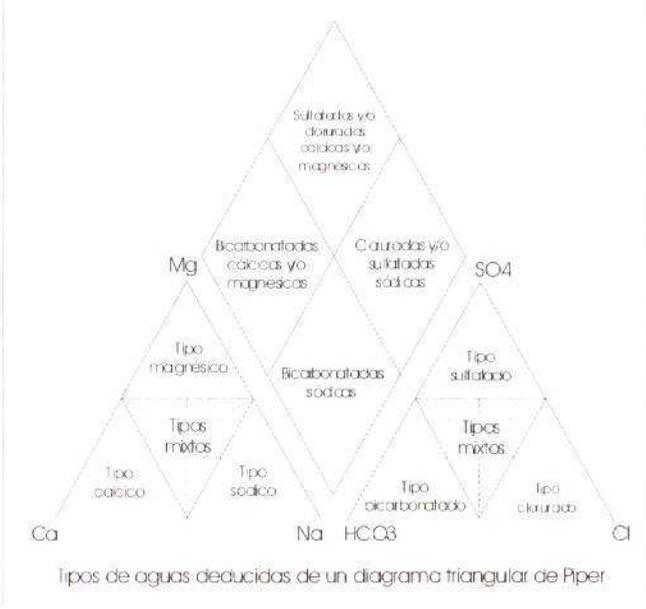


Instituto Geológico
y Minero de España

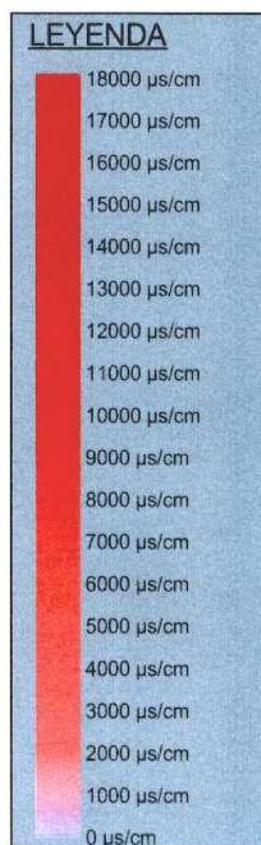
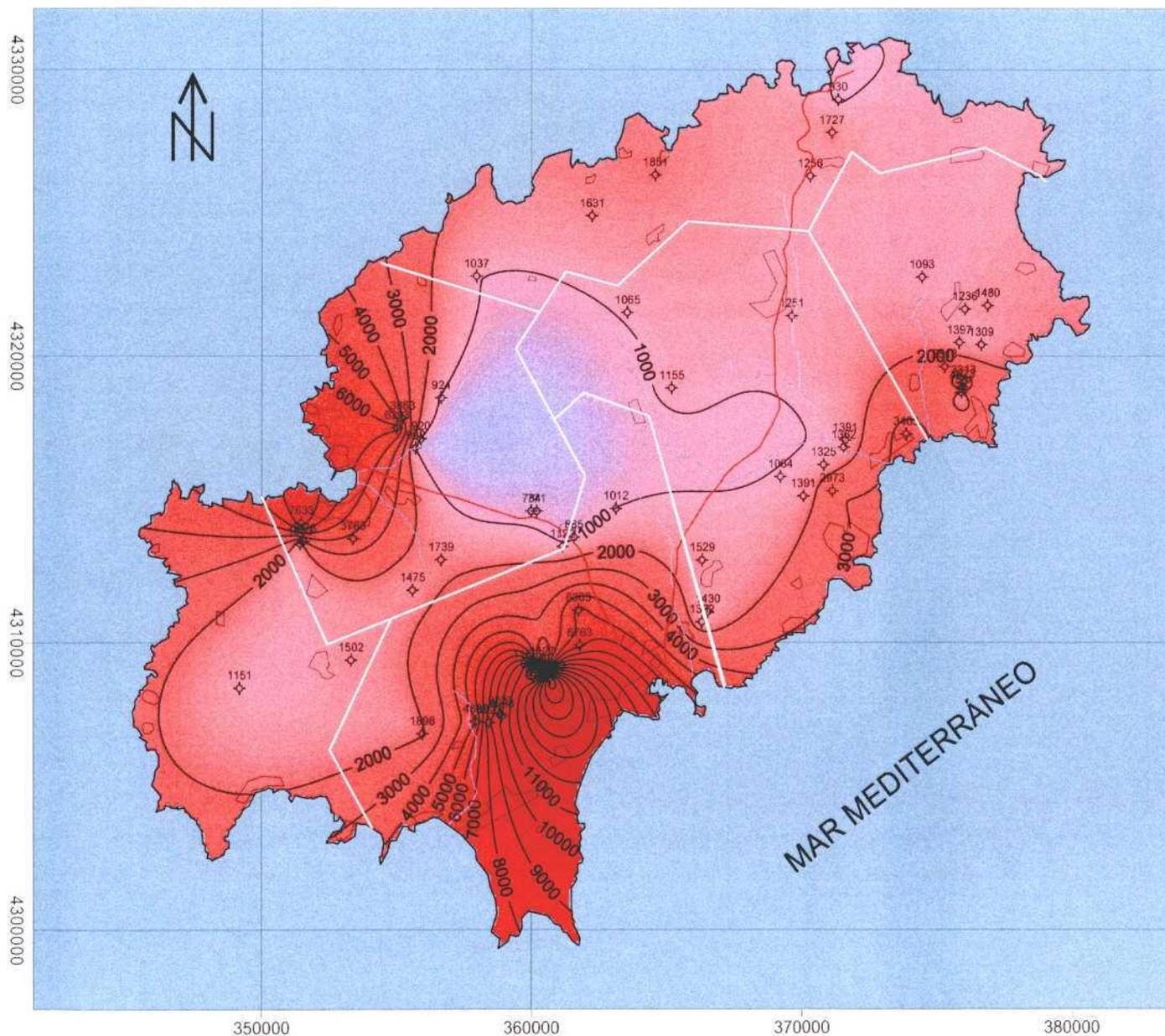
Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear



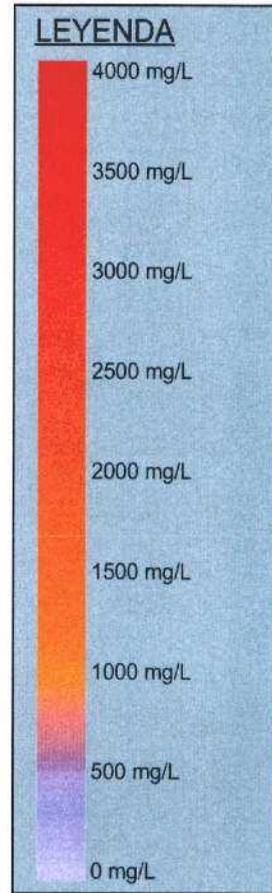
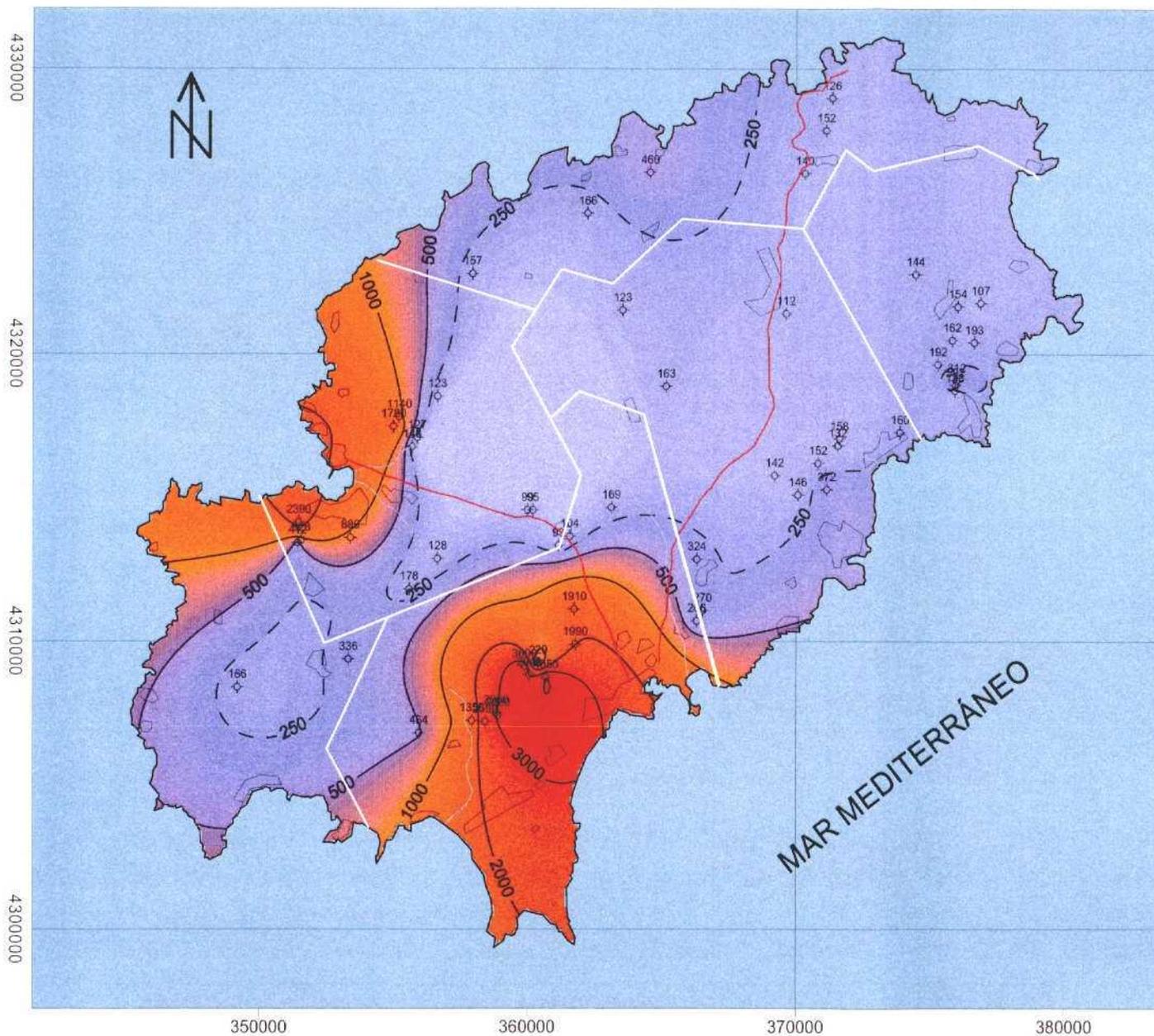
TIPOLOGÍA DE AGUAS. CLASIFICACIÓN DE PIPER
Isla de Ibiza – Año 2.000



MAPA DE ISOCONDUCTIVIDAD (2º semestre 2000)

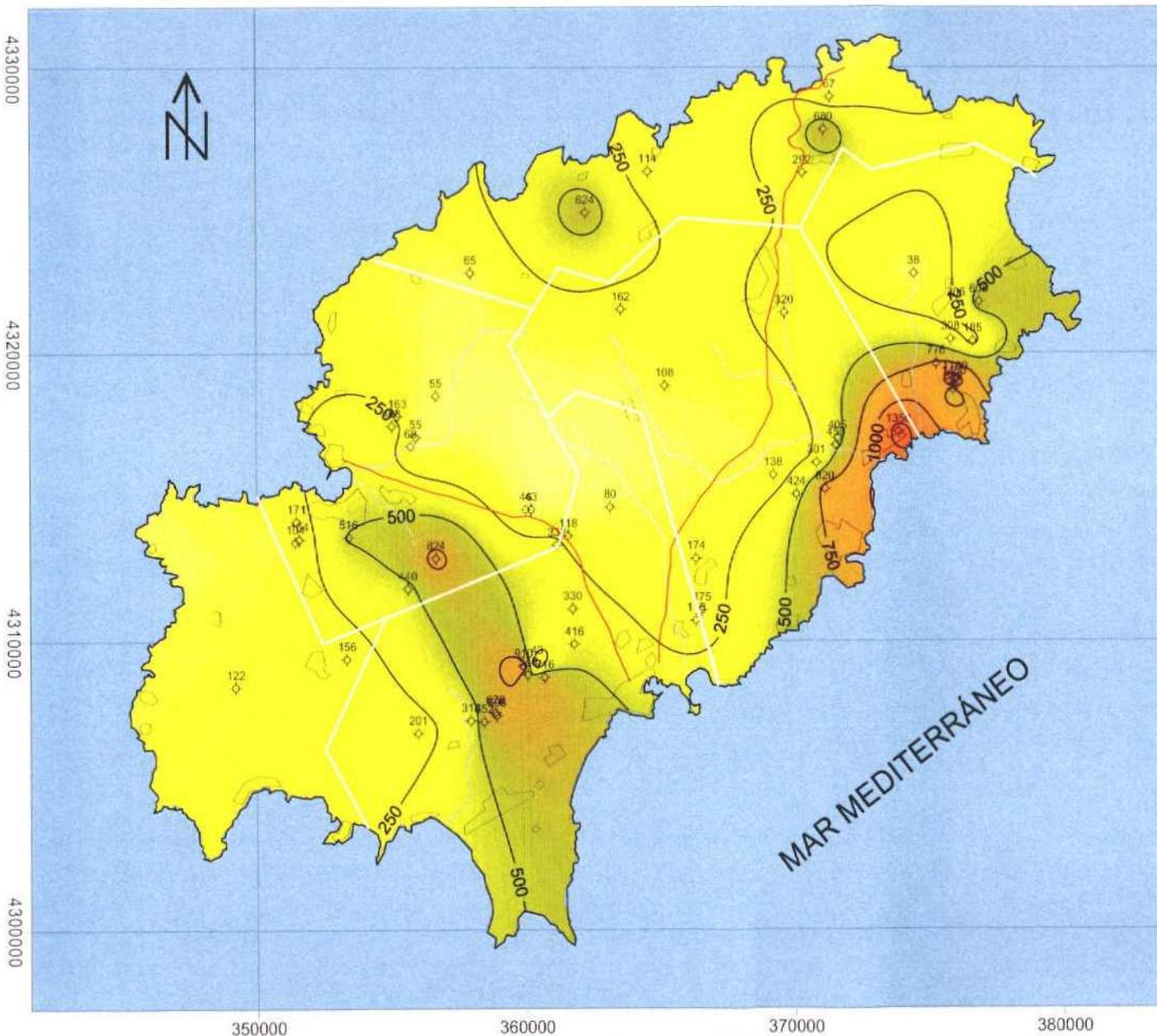


MAPA DE ISOCLORUROS (2º semestre 2000)



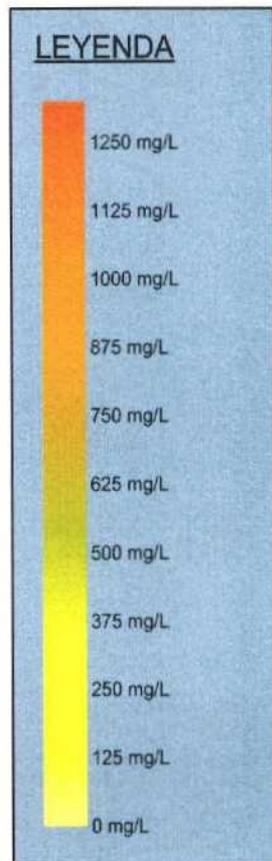
Isla de Ibiza – Año 2.000

MAPA DE ISOSULFATOS (2º semestre 2000)



MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España

GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics



ANEXO IV

(Evolución piezometría y calidad)

- **Evolución niveles piezométricos**
- **Evolución cloruros y facies hidrogeoquímica**



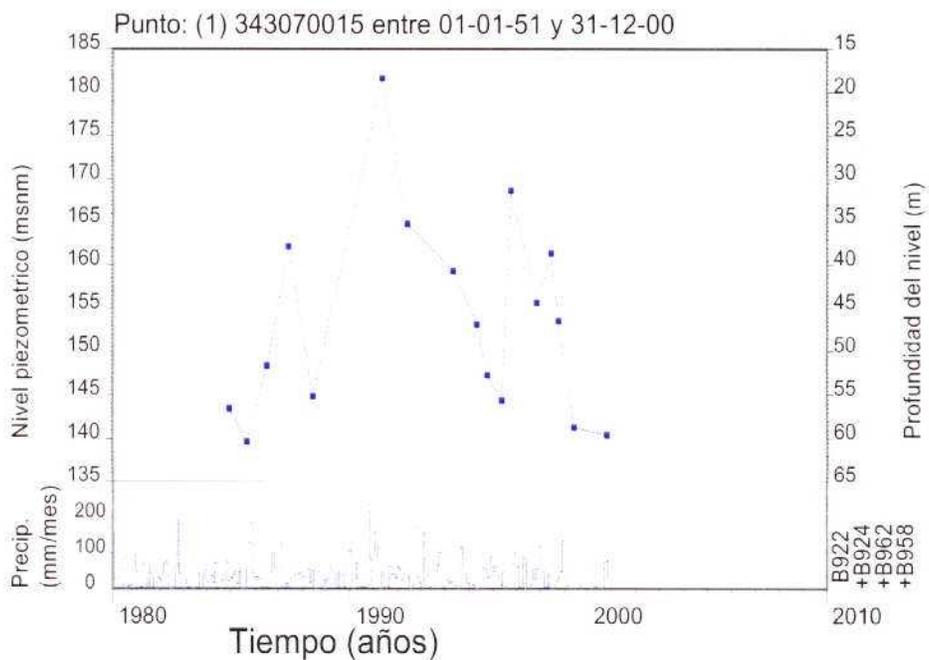
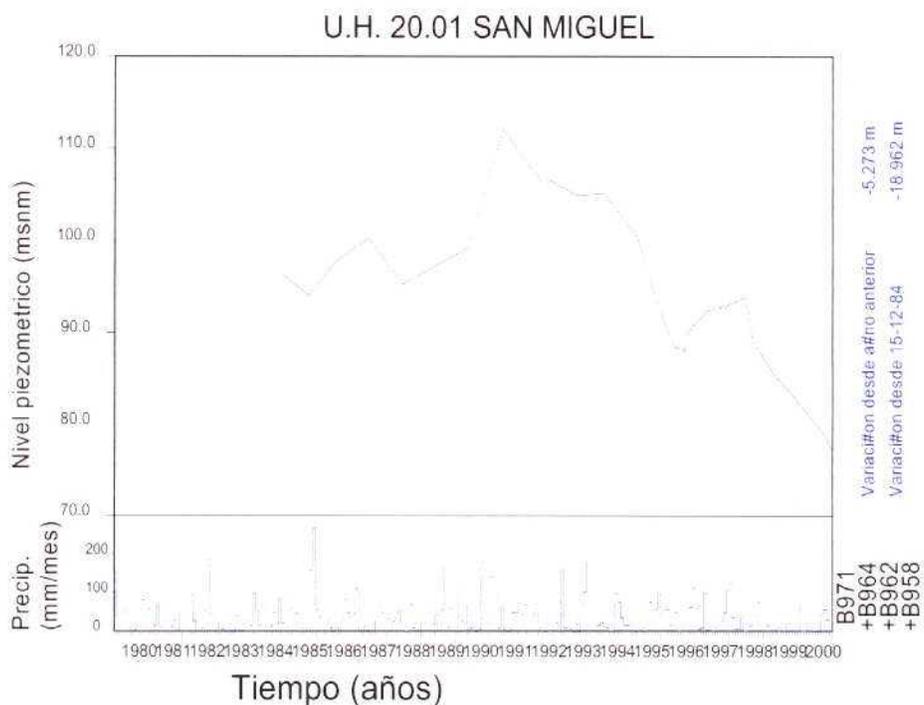
GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España

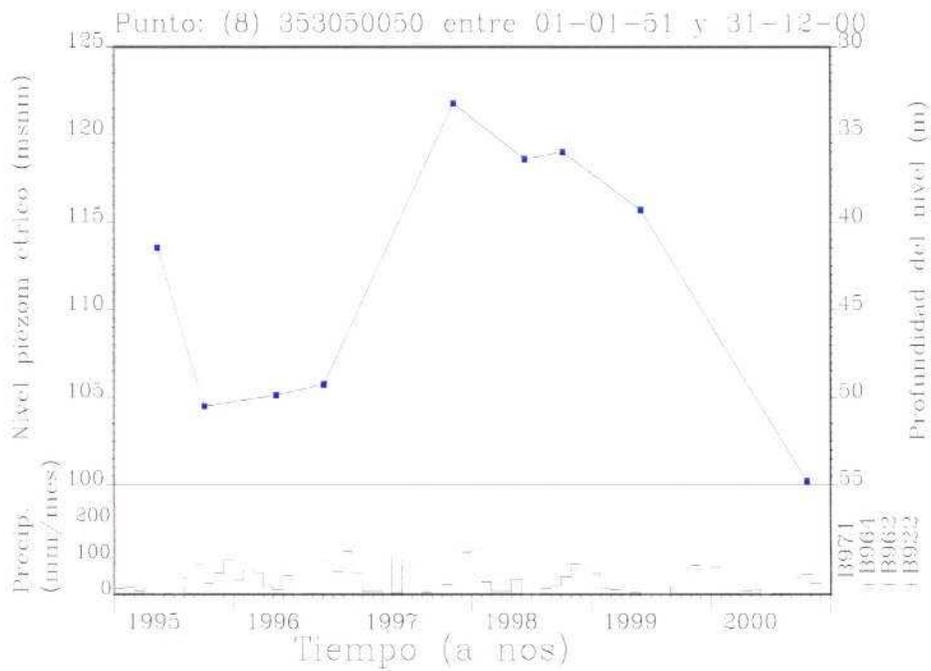
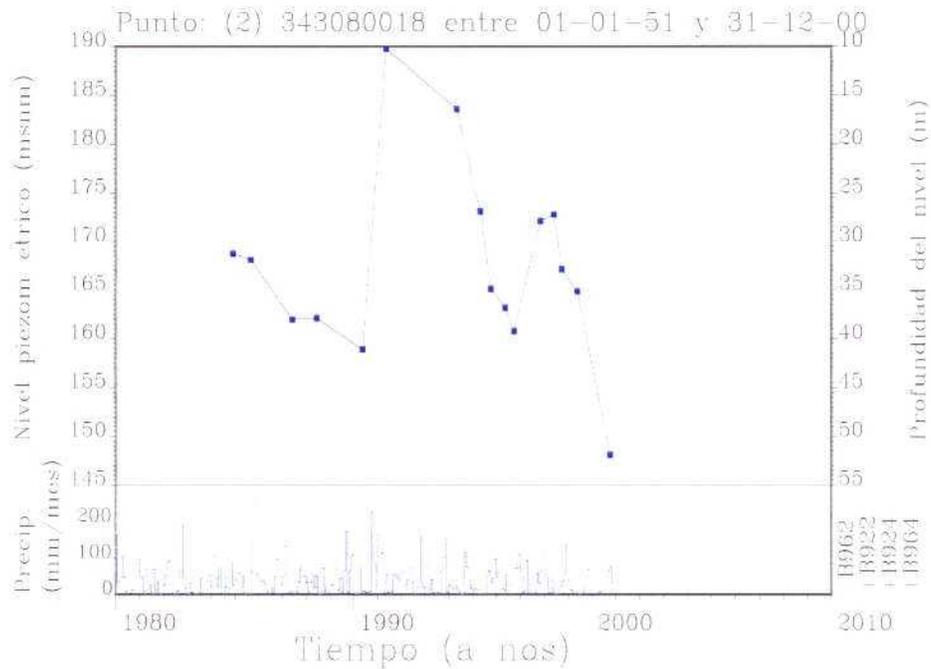
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.01 SAN MIGUEL



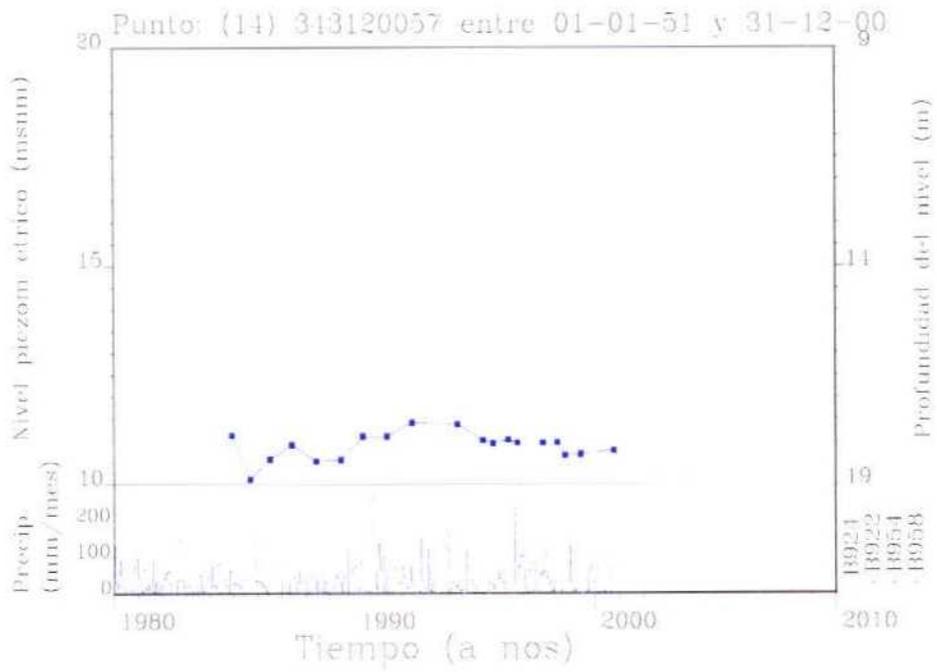
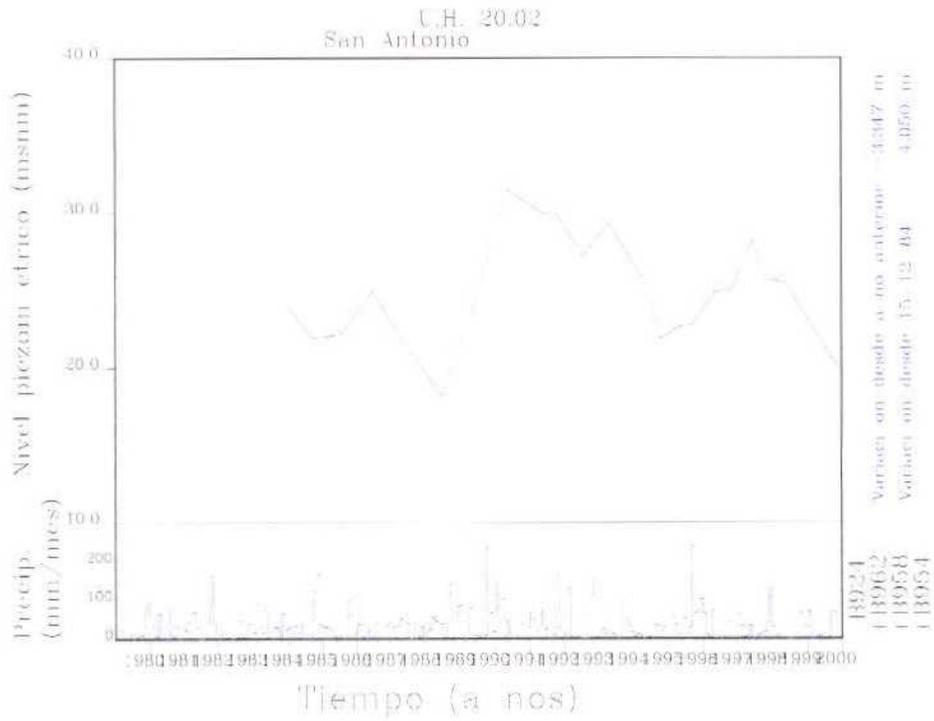
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.01 (continuación)



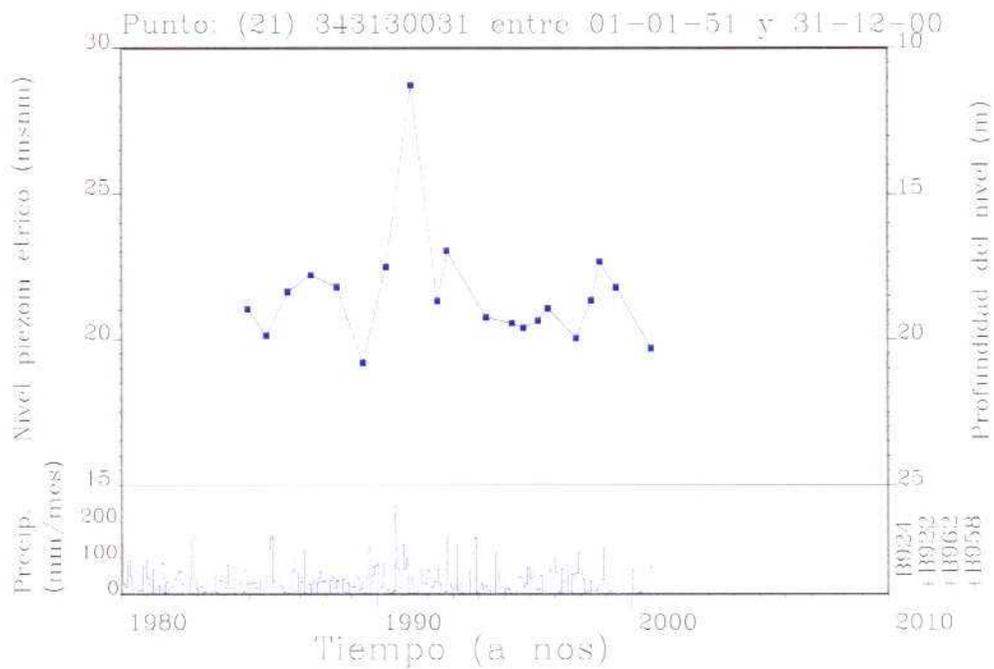
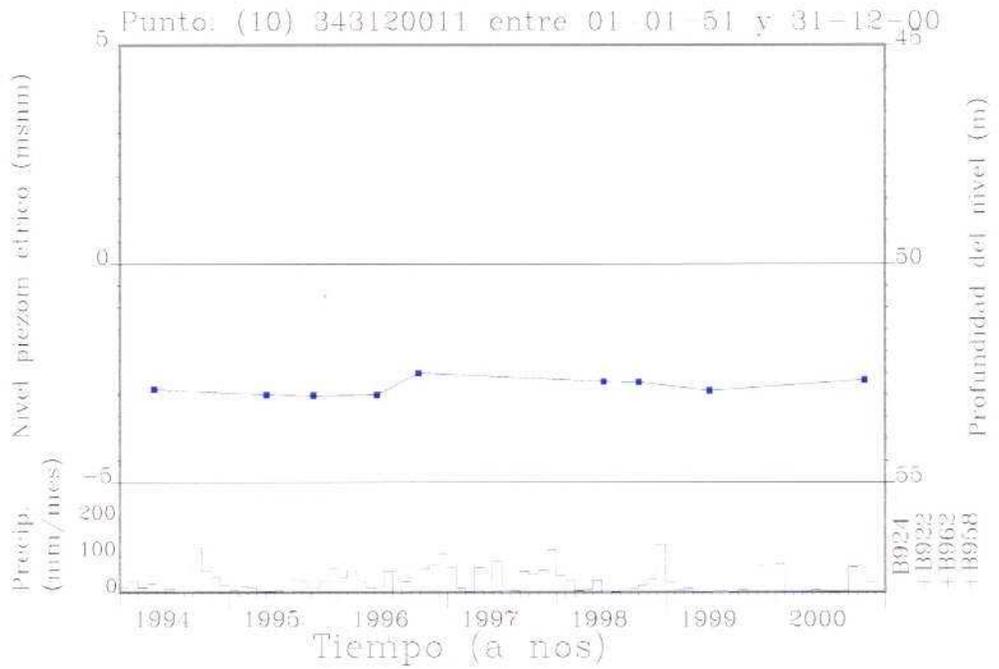
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02 SANT ANTONI



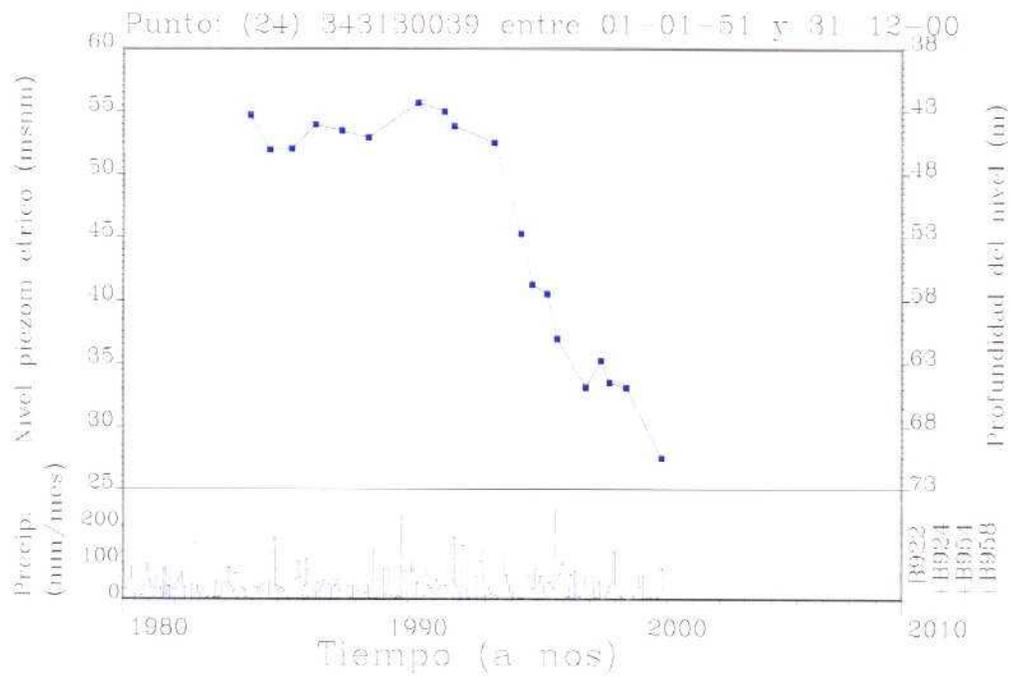
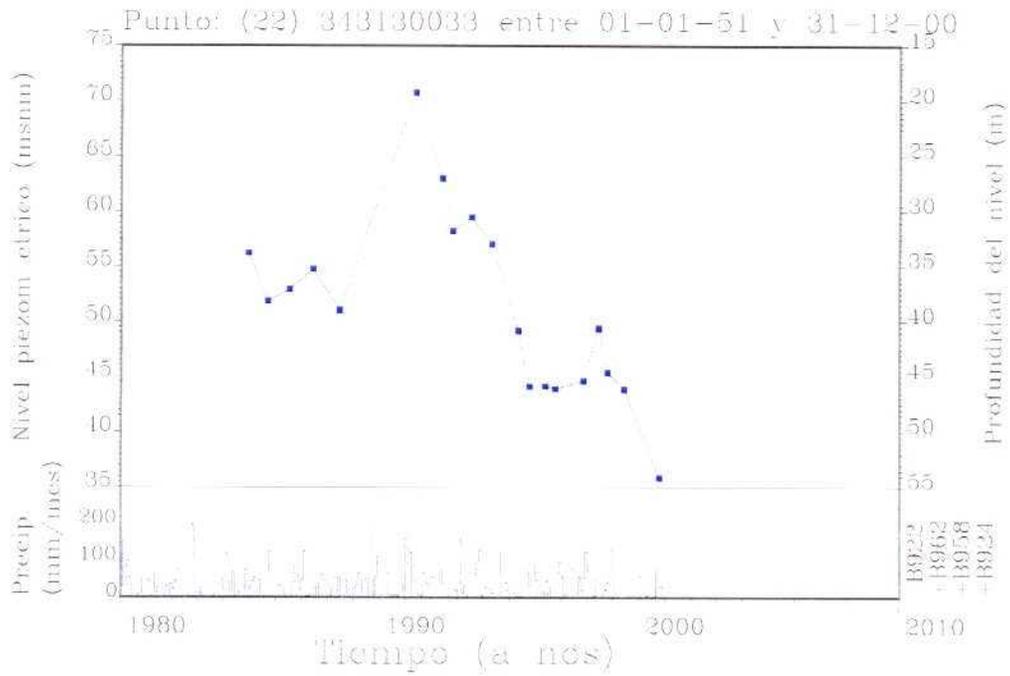
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02 (continuación)



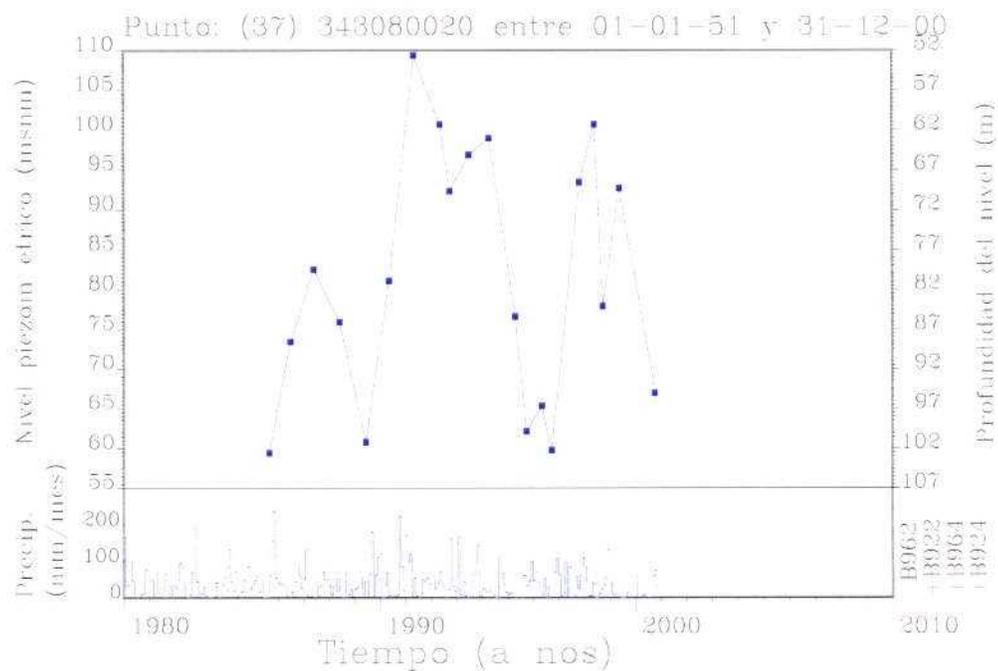
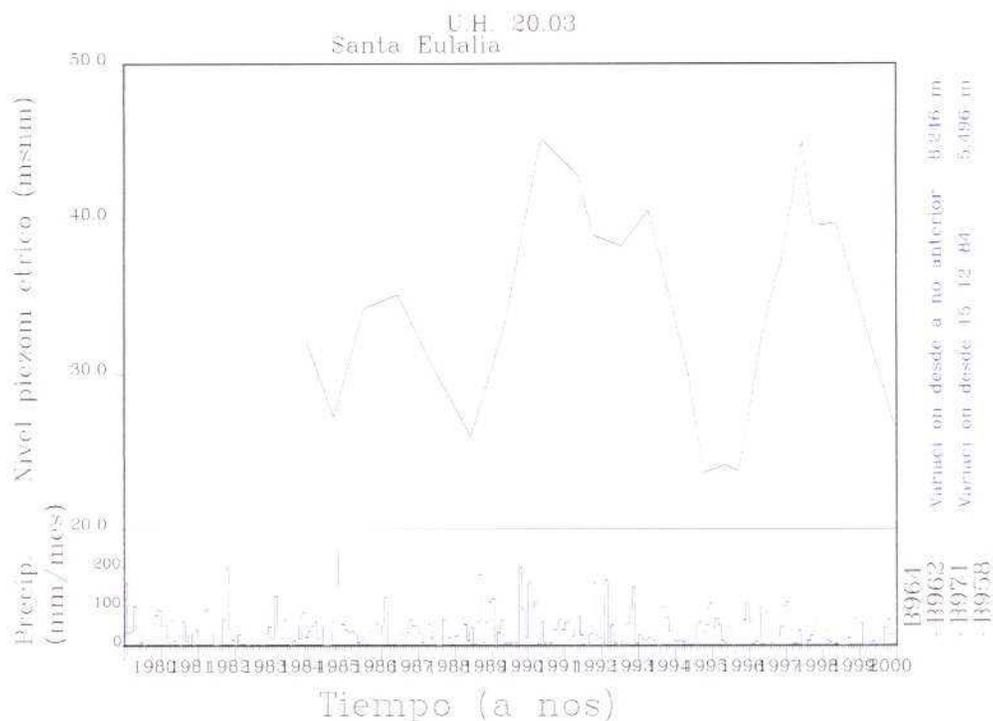
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02 (continuación)



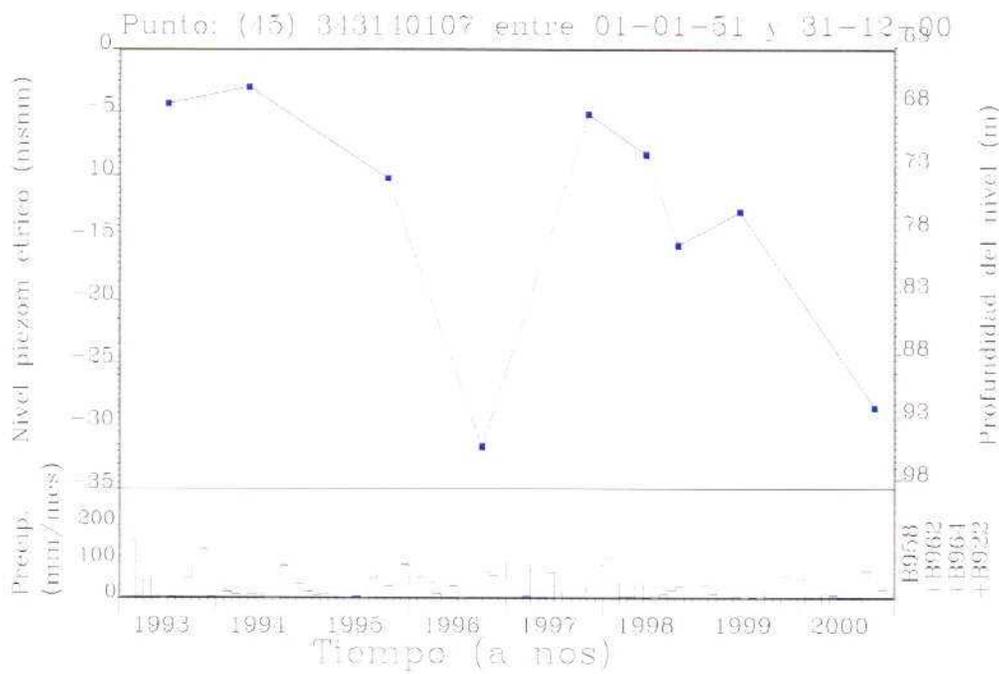
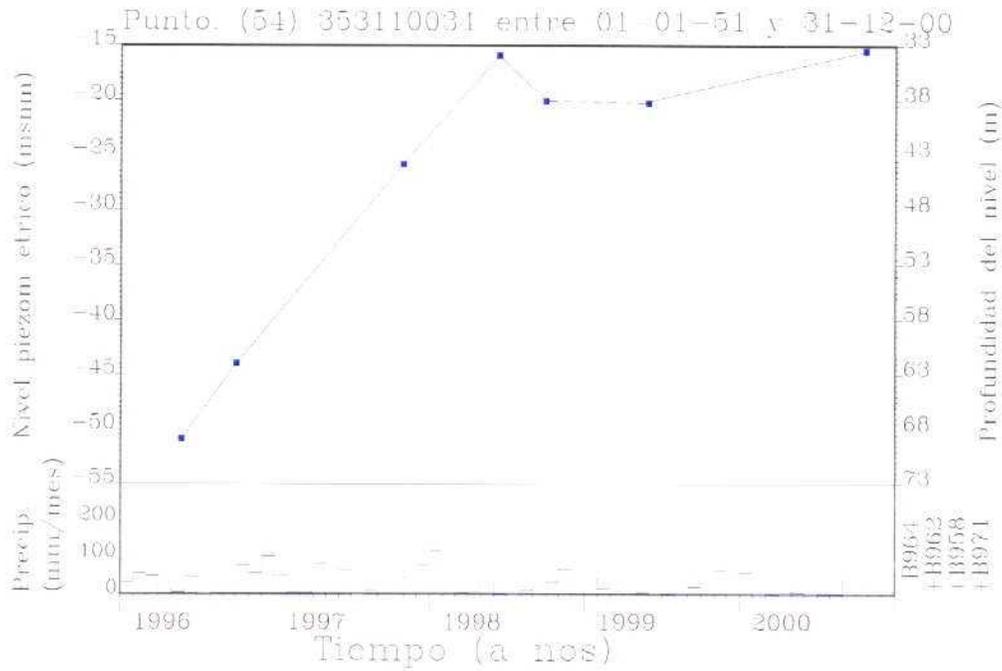
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03 SANTA EULÀRIA



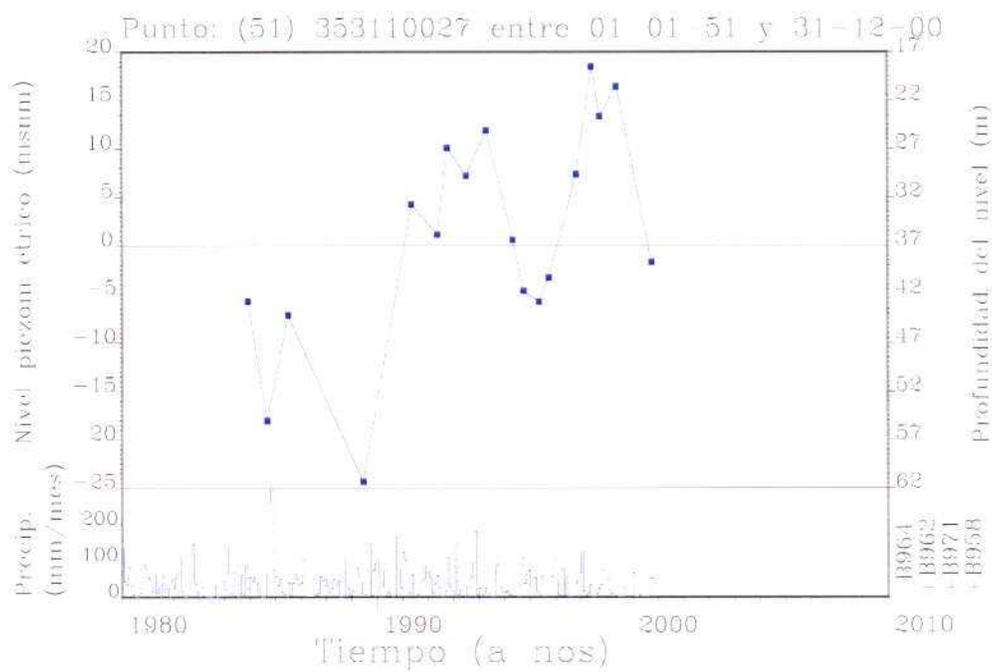
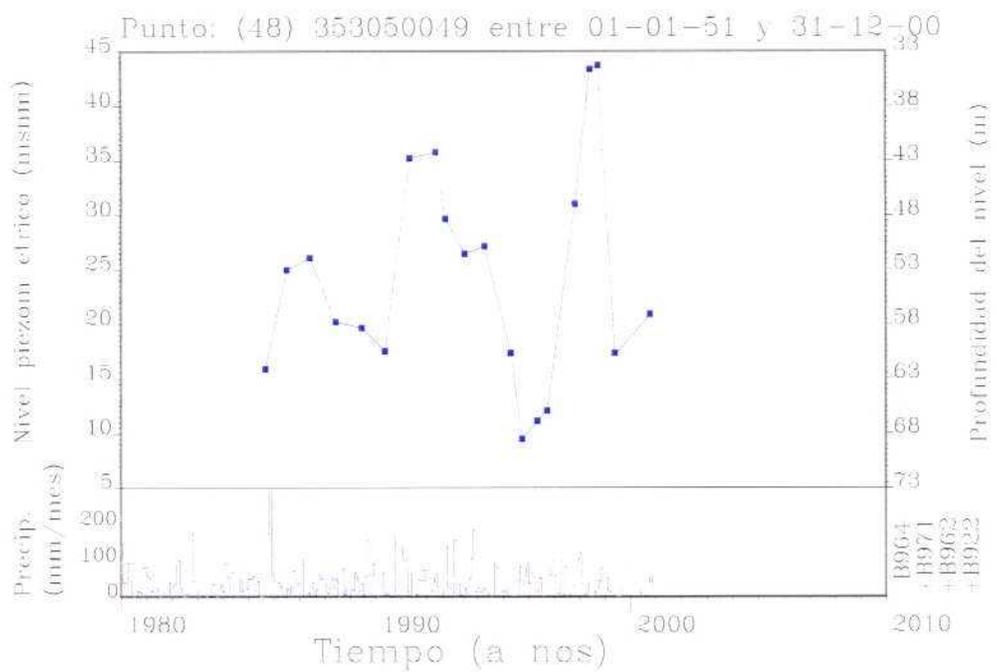
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03 (continuación)



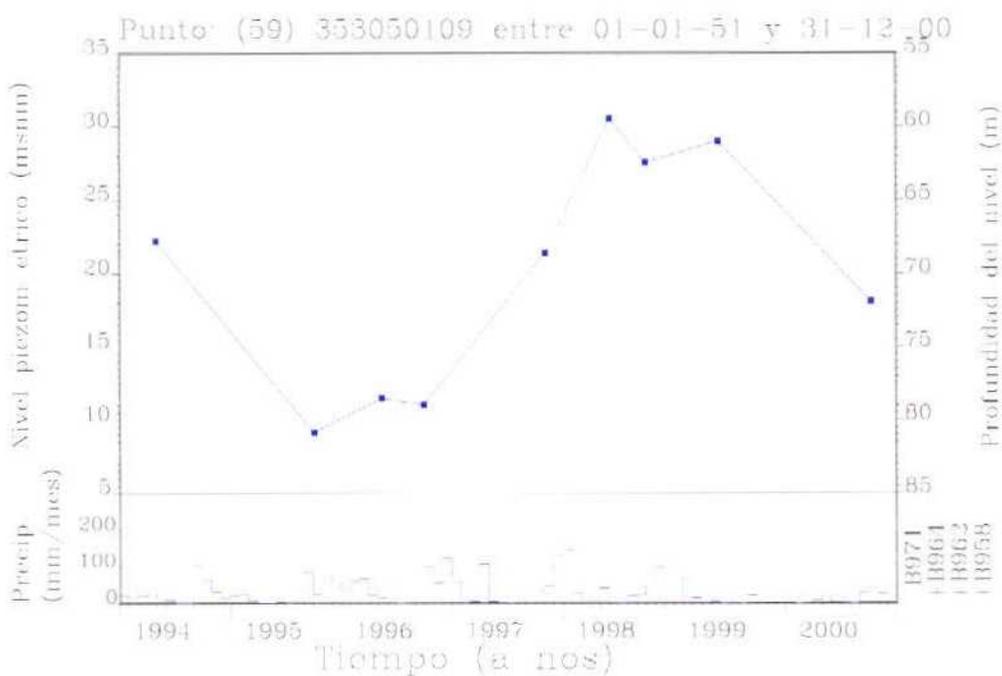
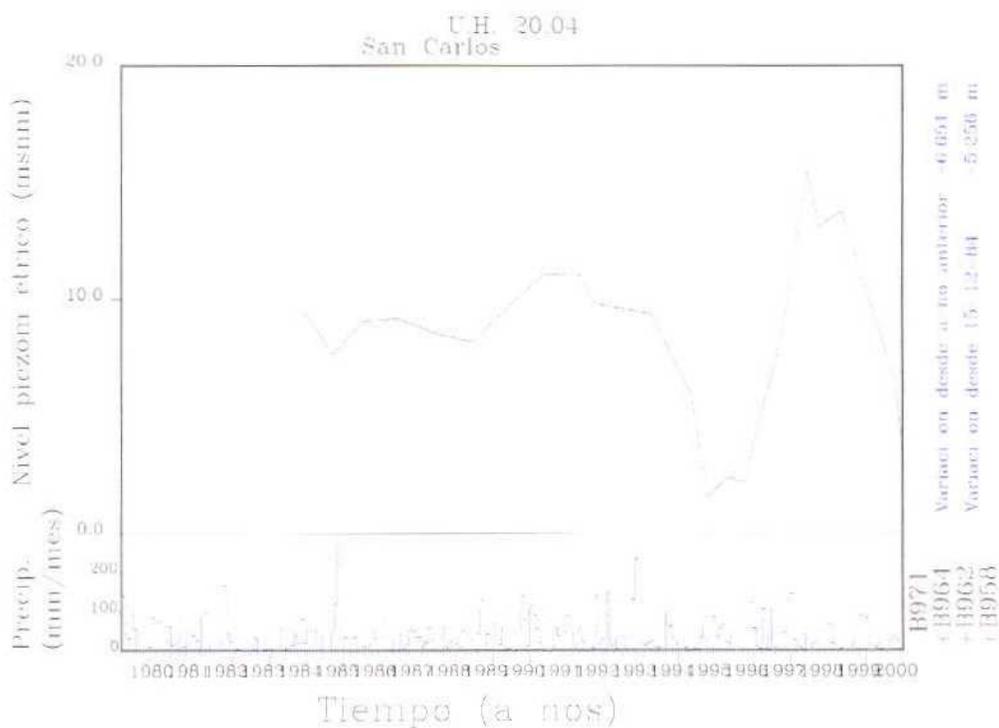
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03 (continuación)



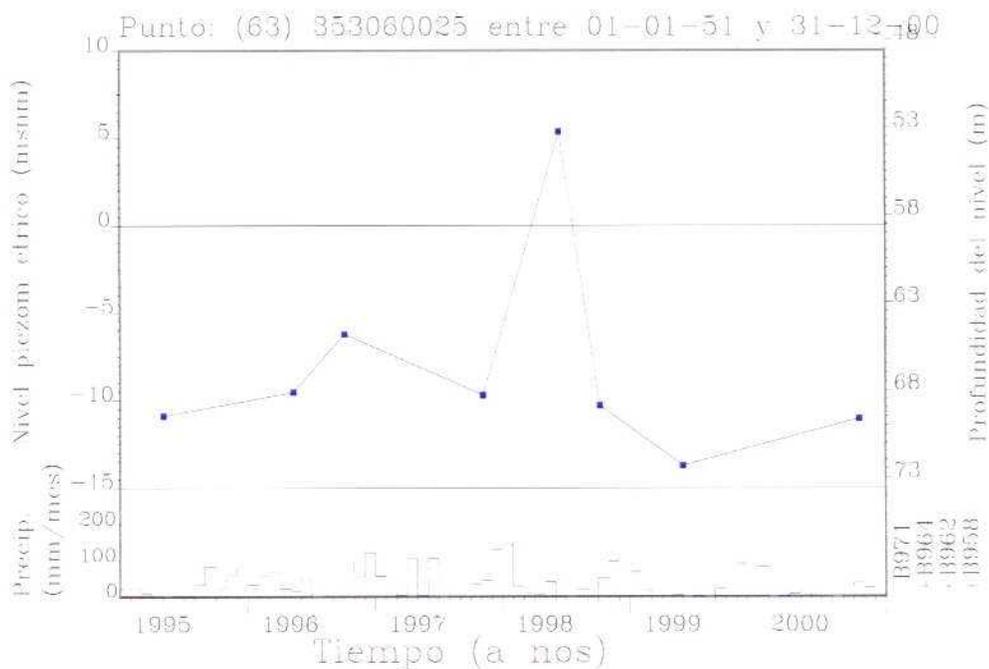
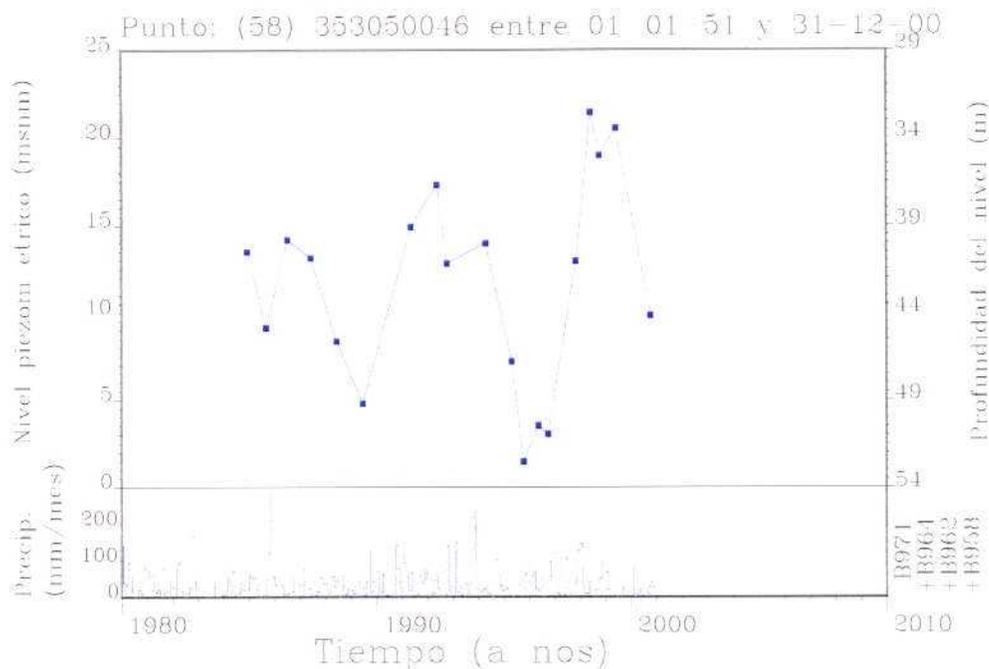
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.04 SANT CARLES



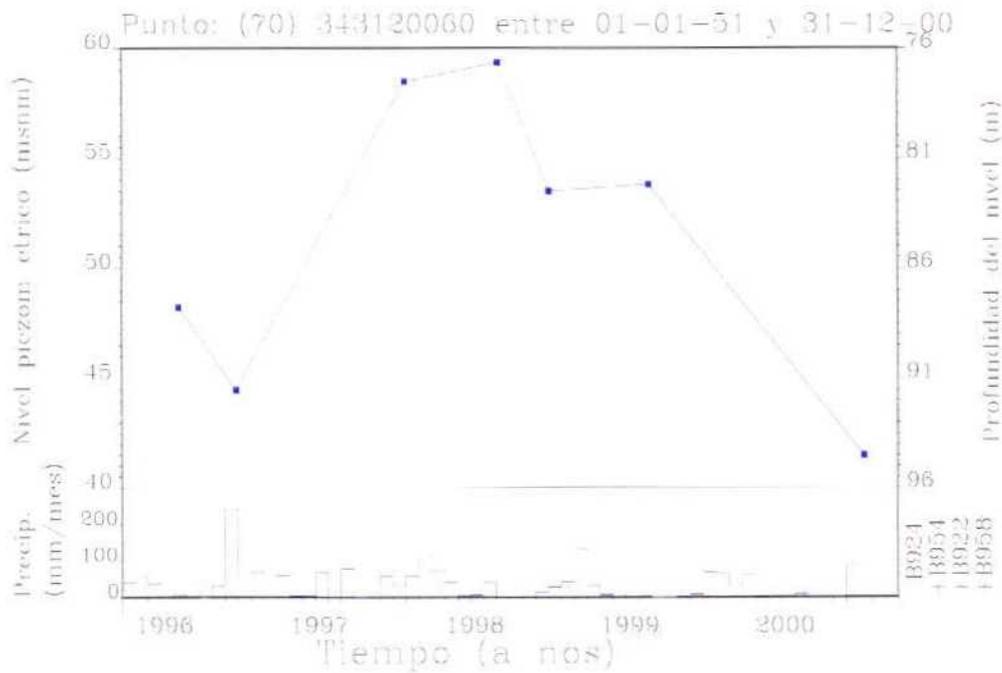
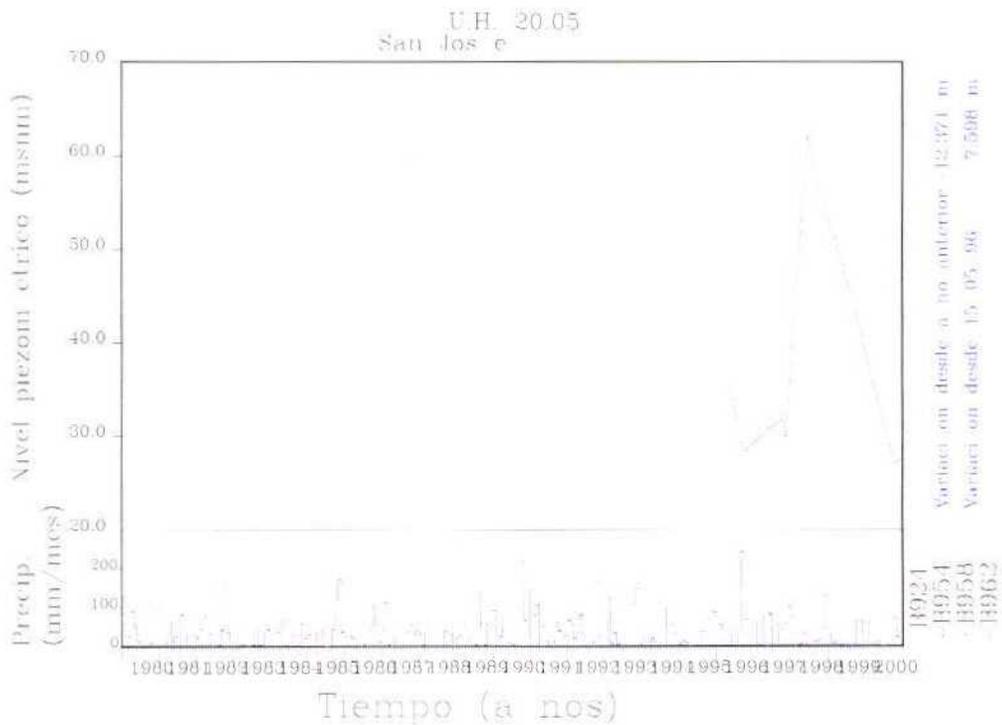
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.04 SANT CARLES



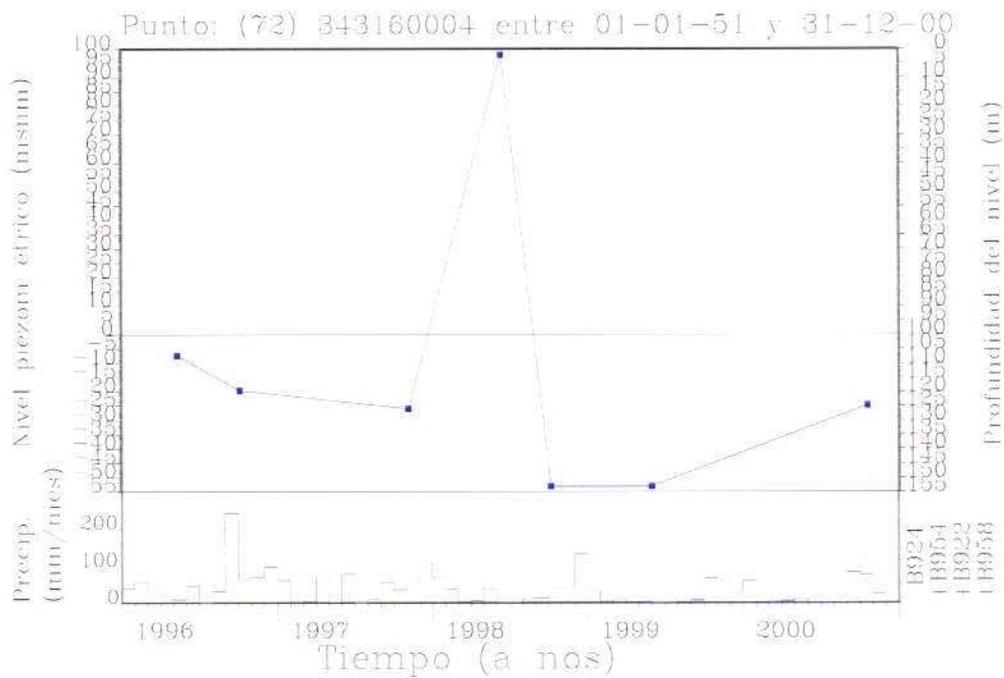
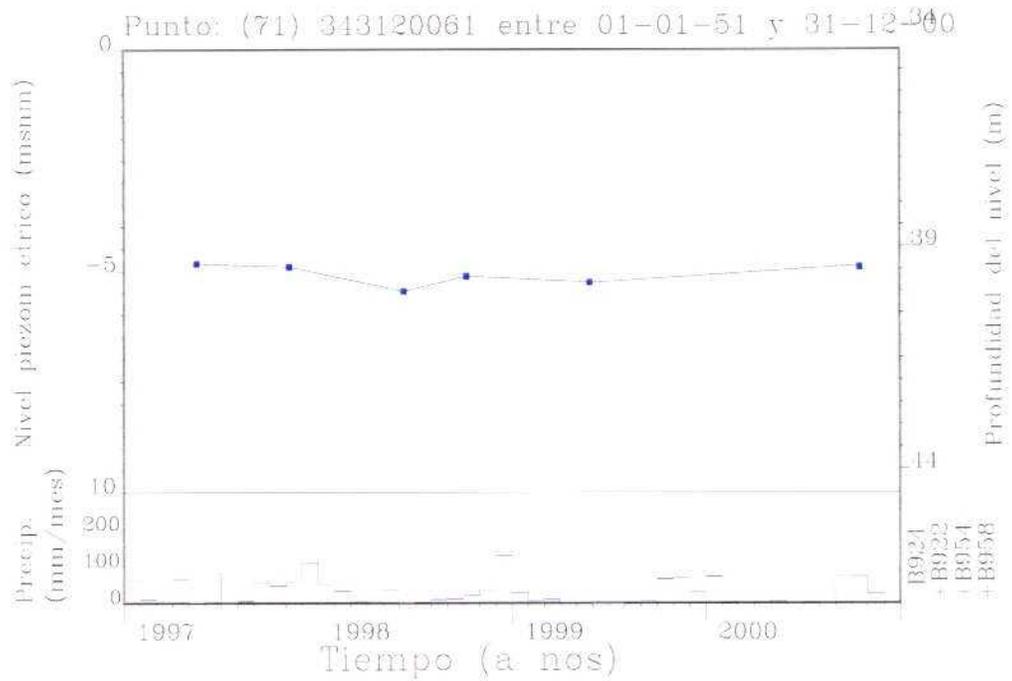
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.05 SANT JOSEP



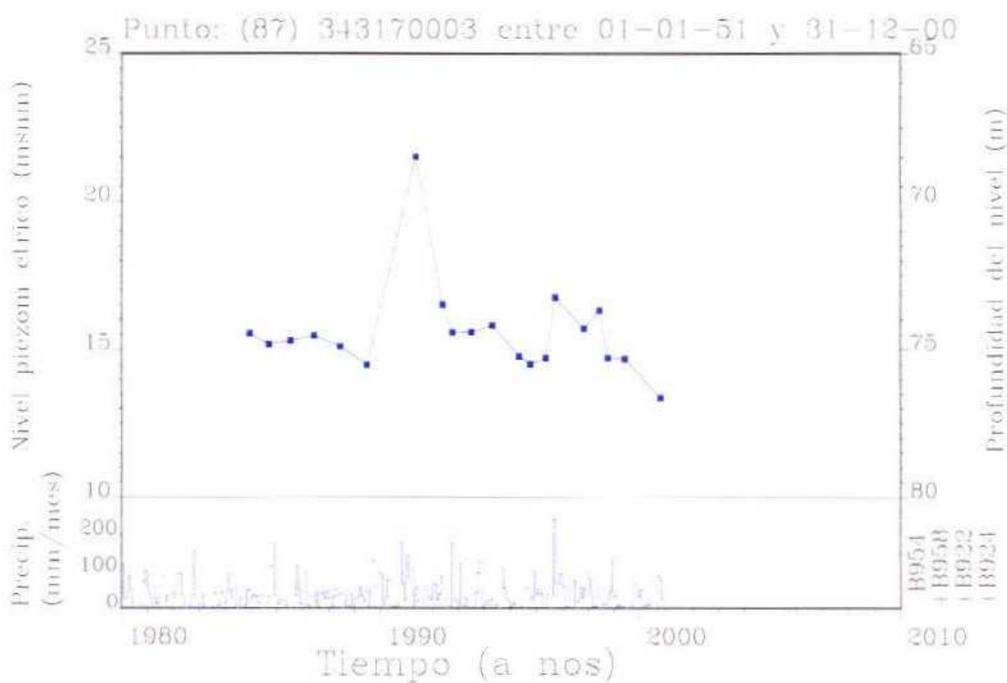
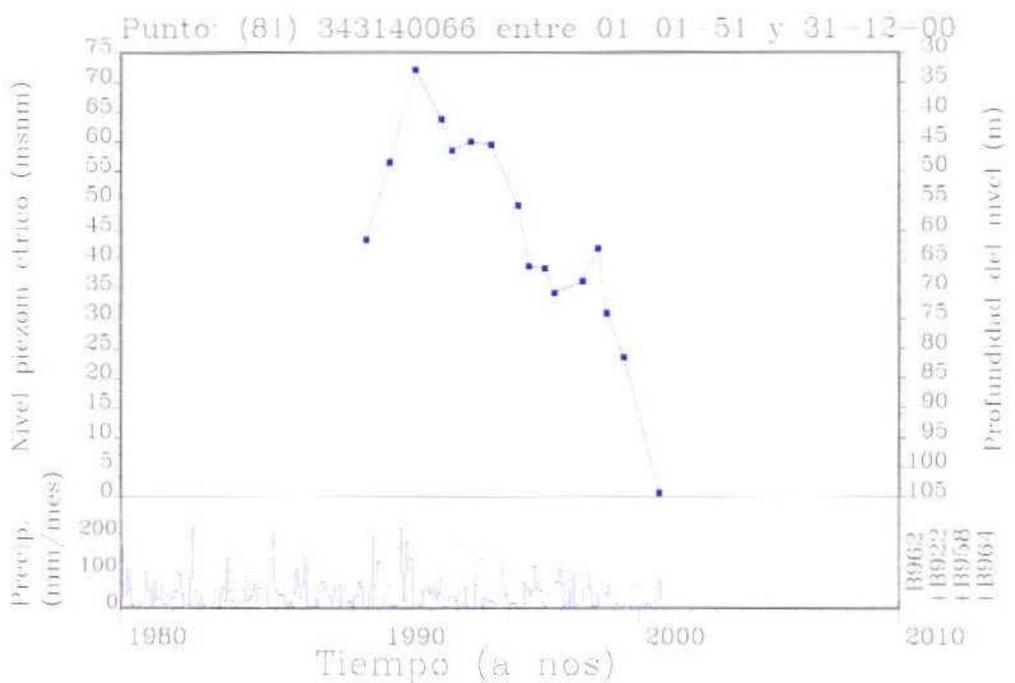
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.05 SANT JOSEP



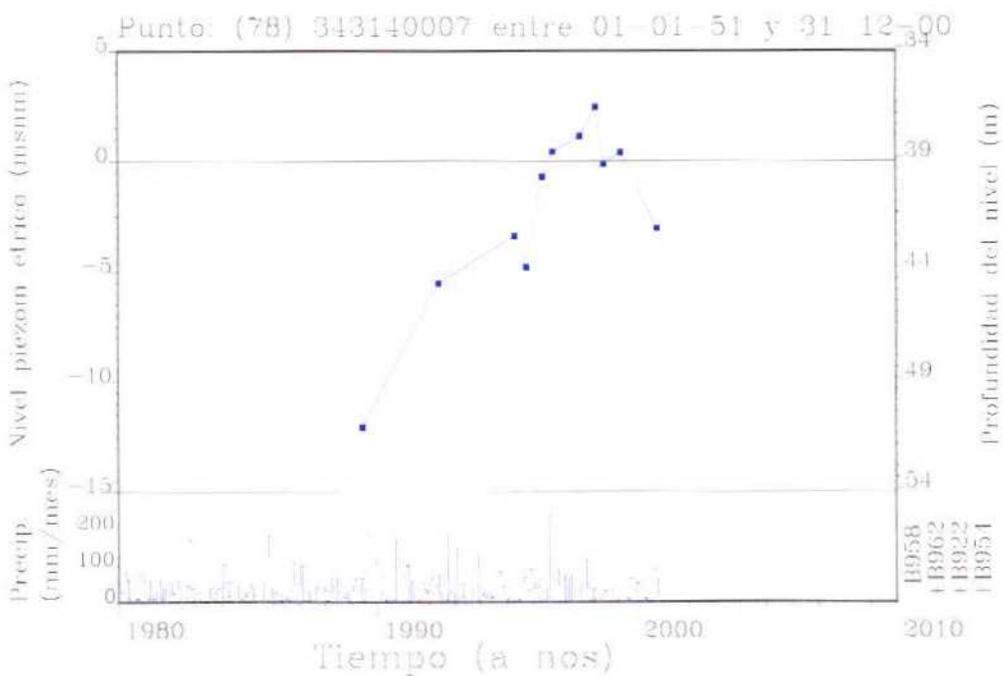
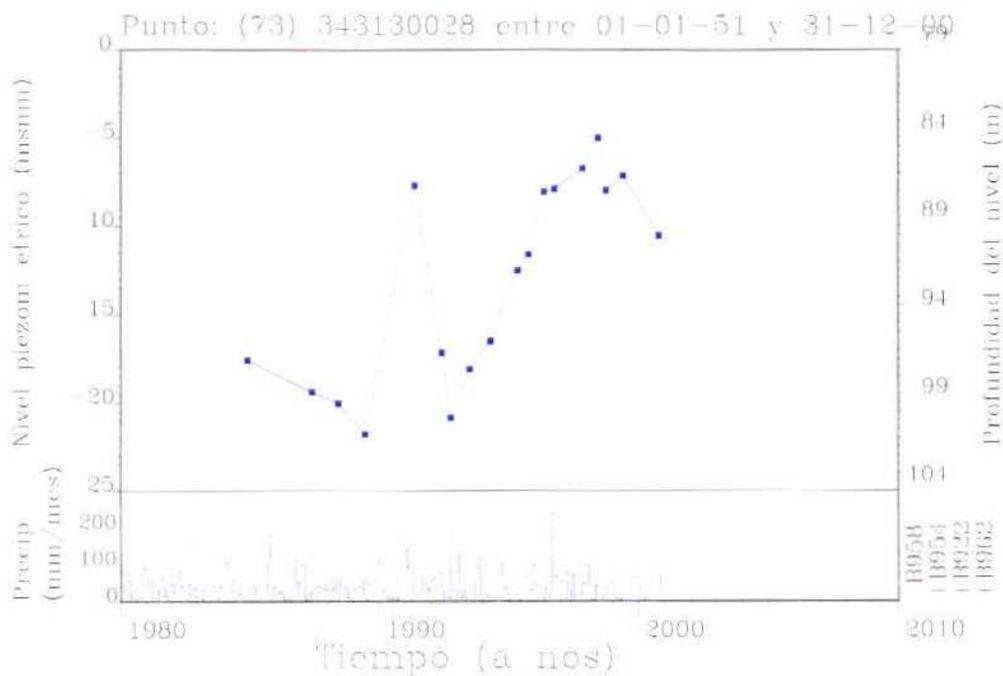
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.06 (continuación)



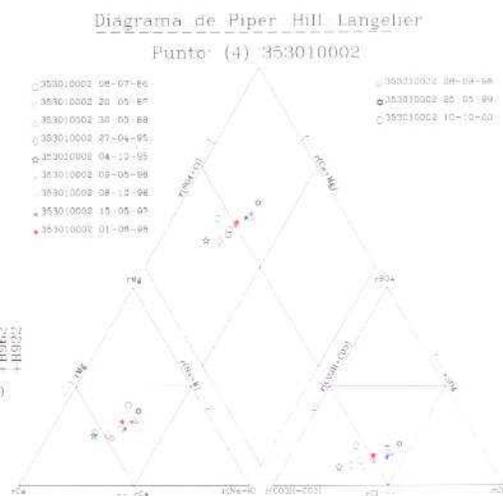
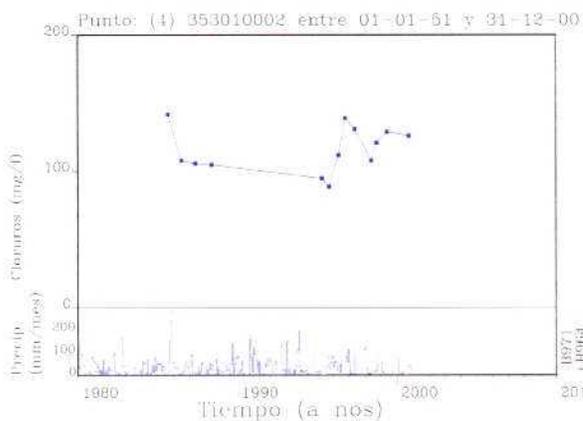
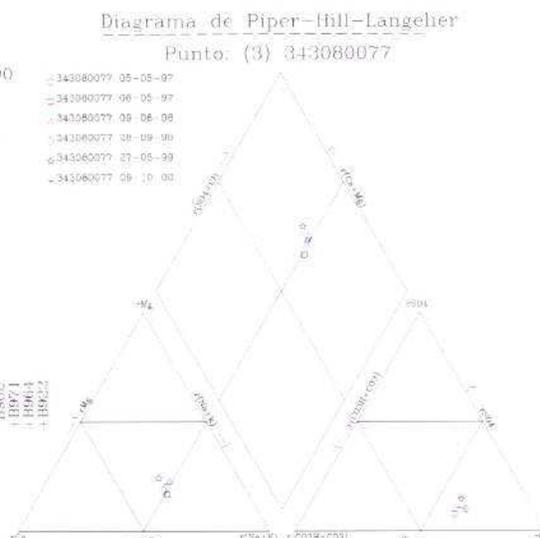
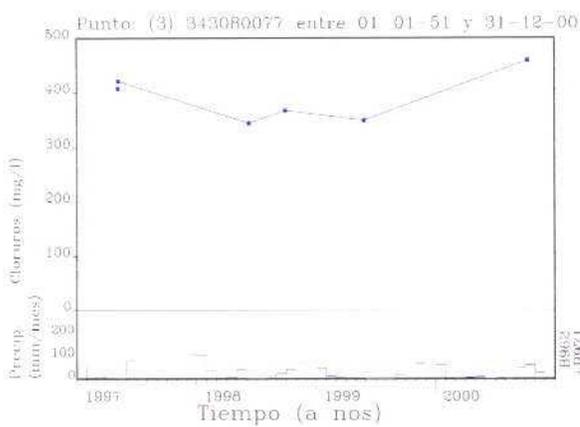
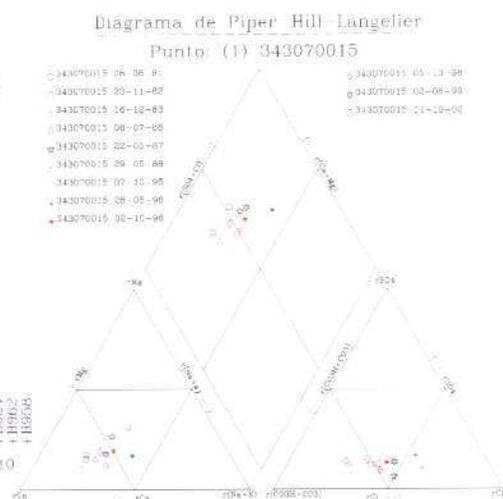
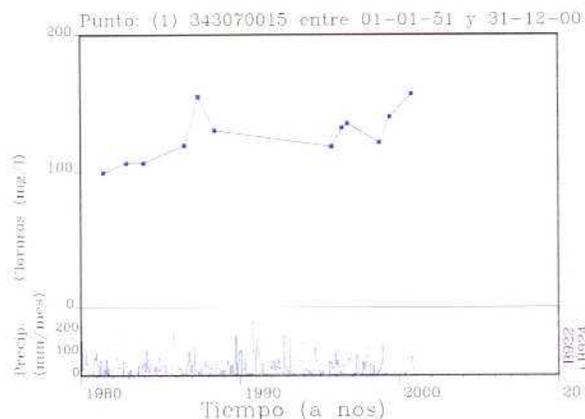
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.06 (continuación)



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.01



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02

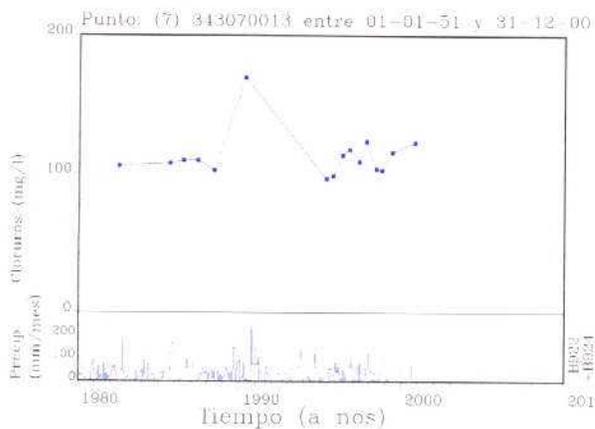


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

Punto: (7) 343070013

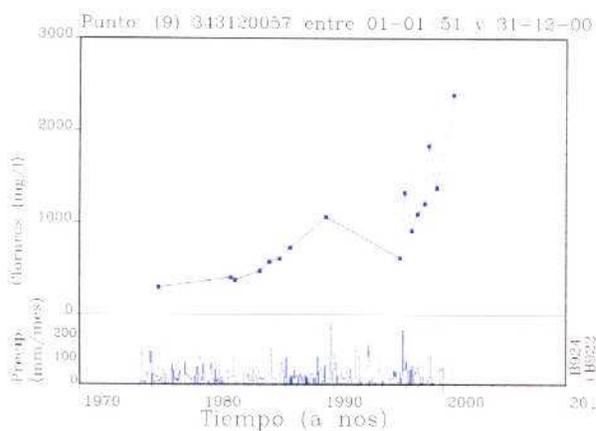
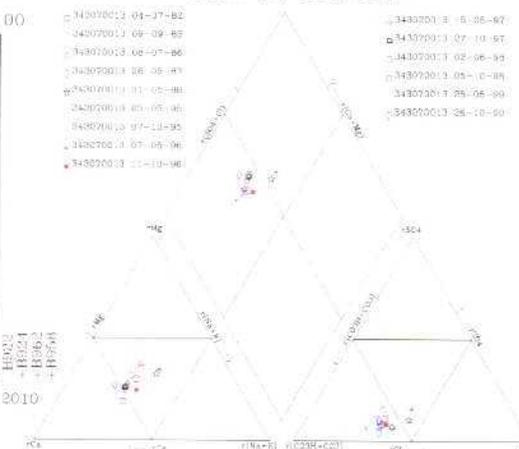


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

Punto: (9) 343120057

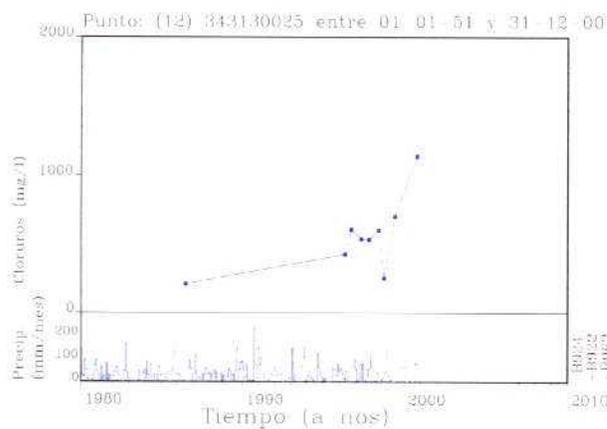
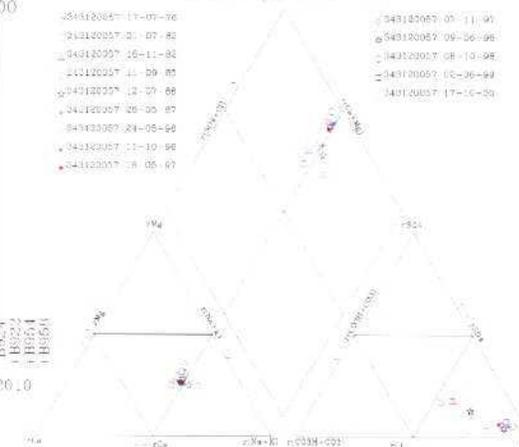
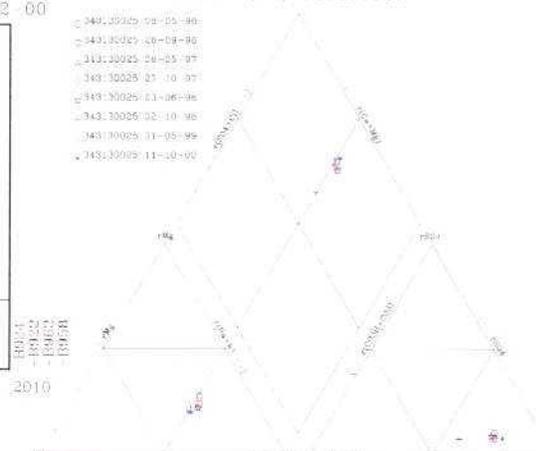


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

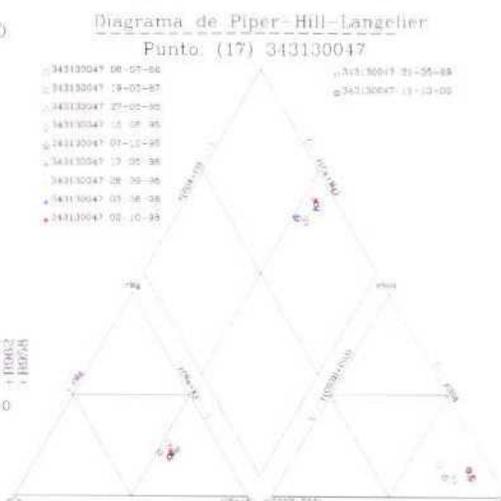
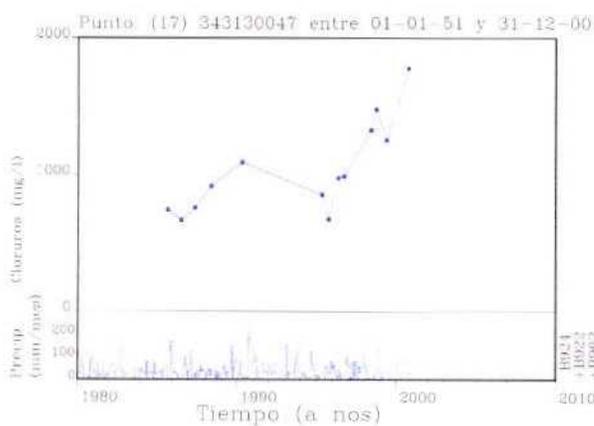
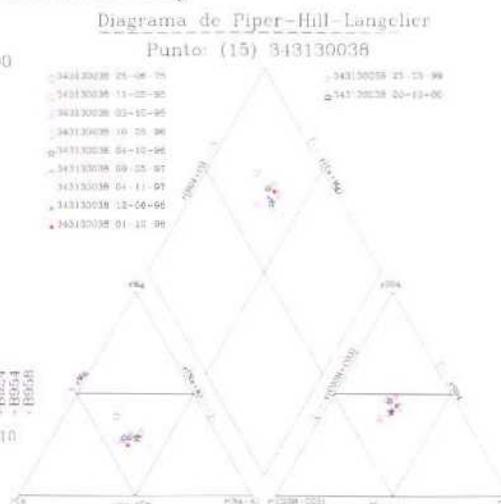
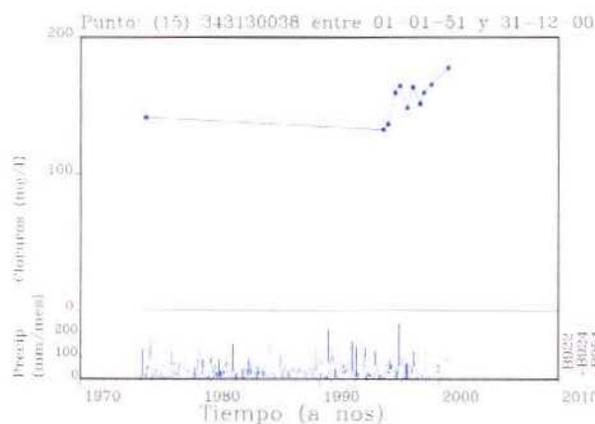
Punto: (12) 343130025



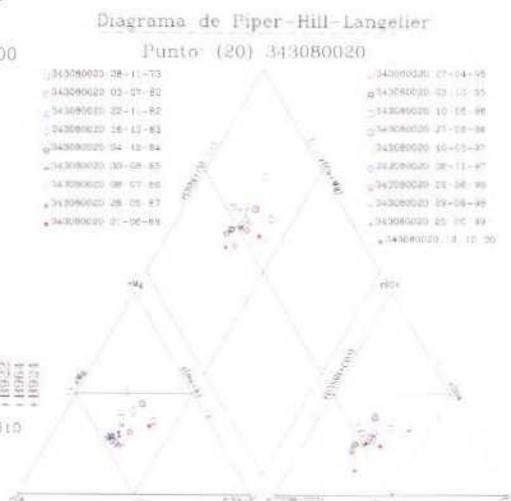
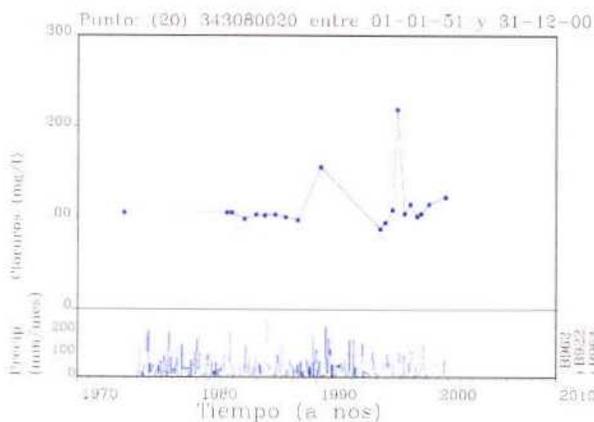
2

DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02 (continuación)

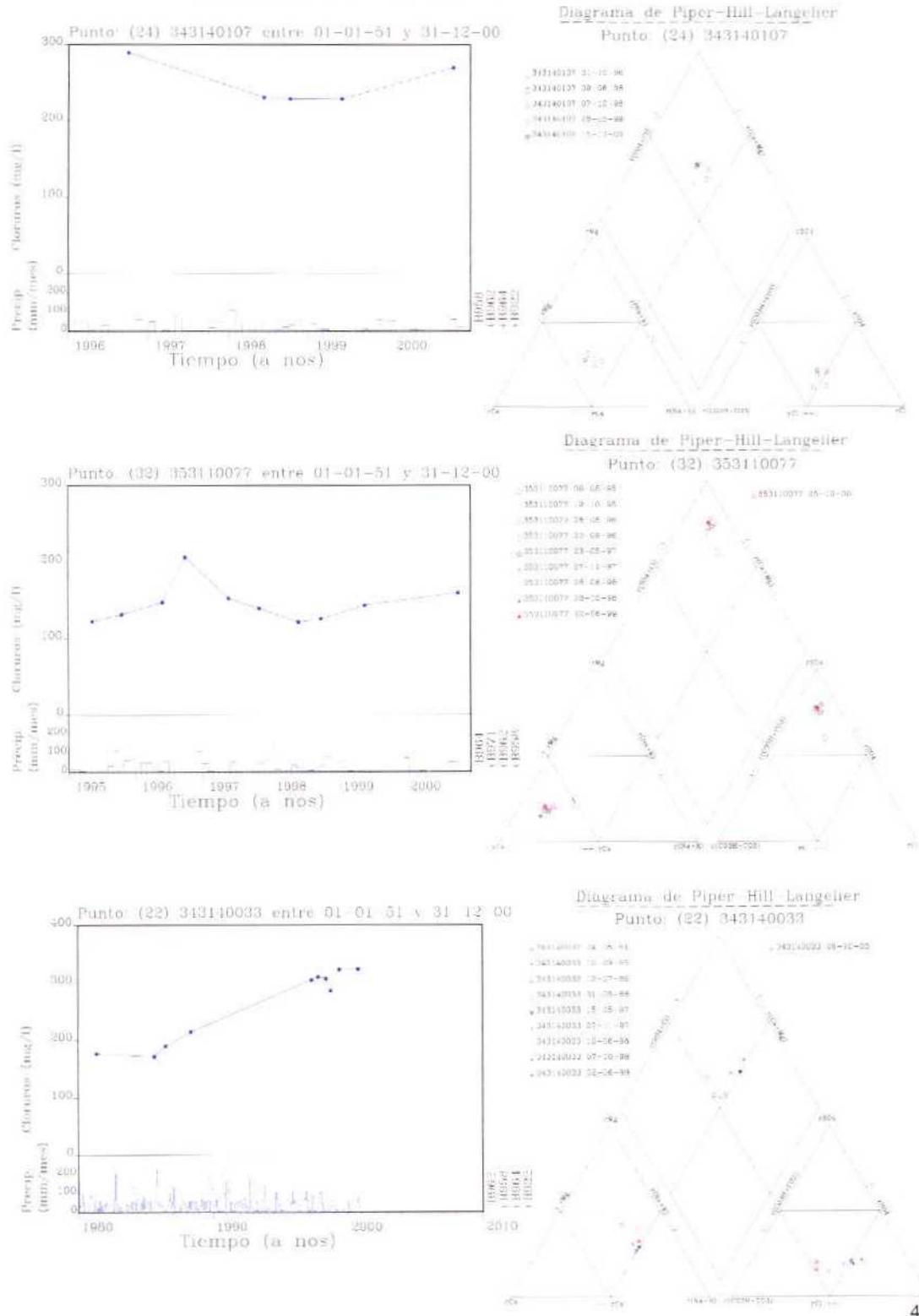


UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03



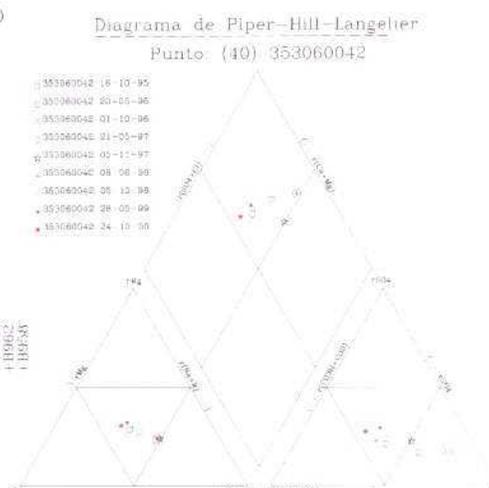
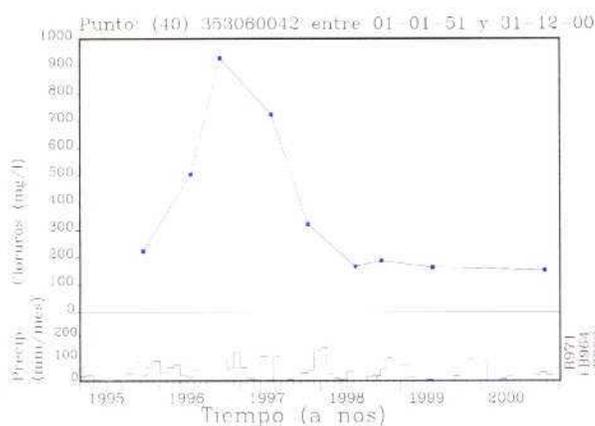
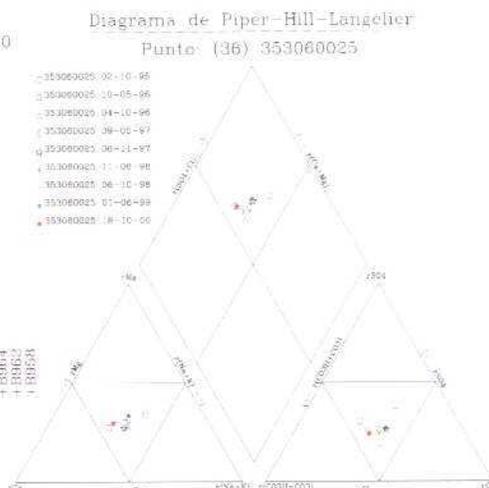
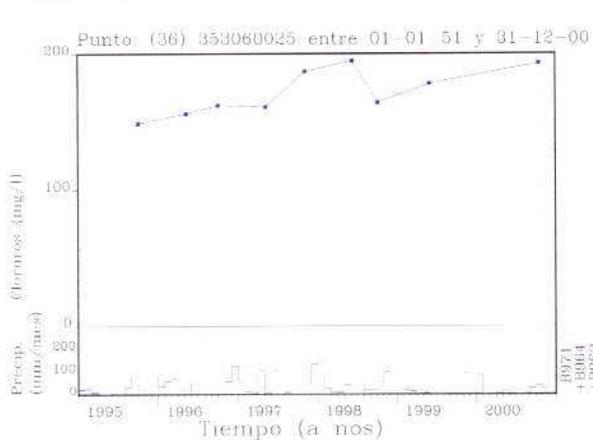
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03 (continuación)

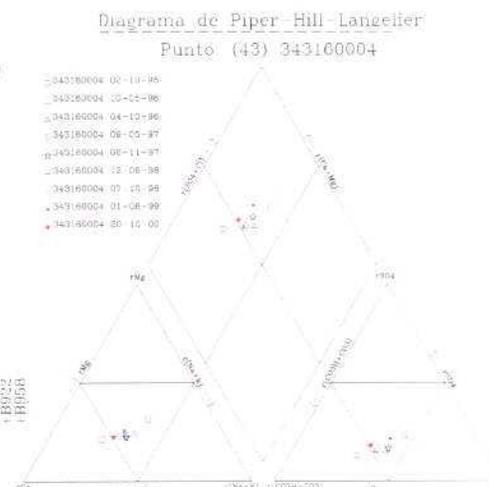
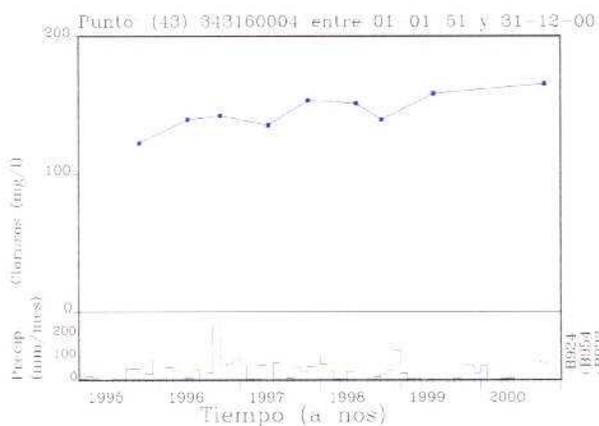


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.04



UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.05



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.06

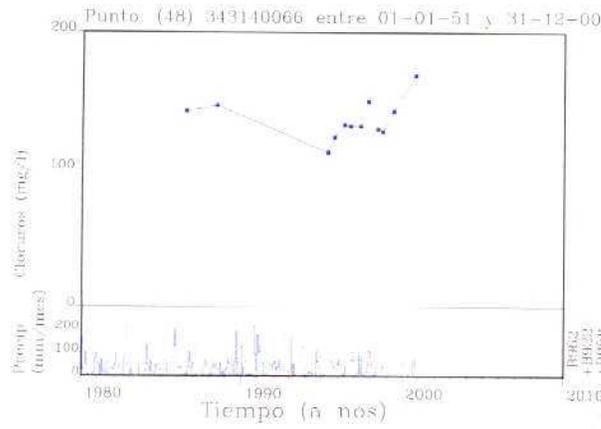


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: (48) 343140066

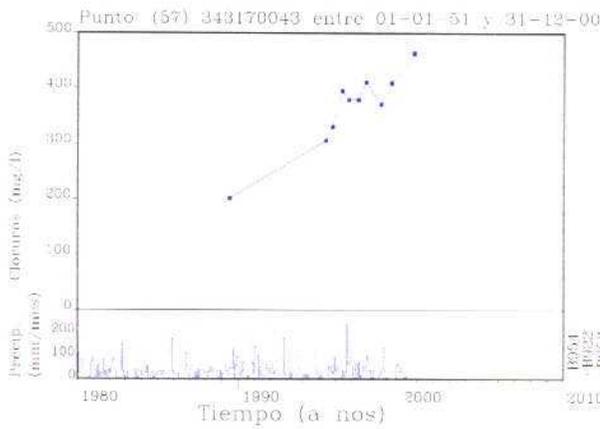
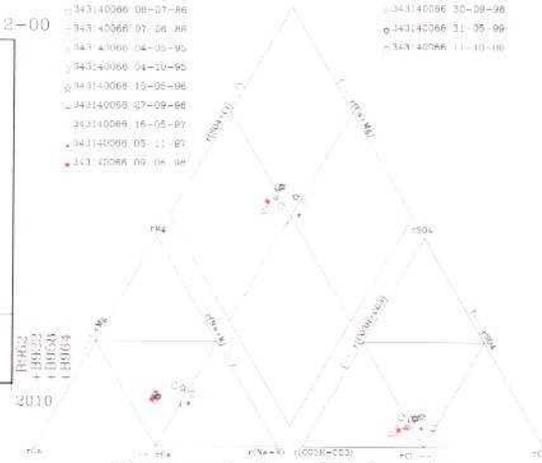


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: (57) 343170043

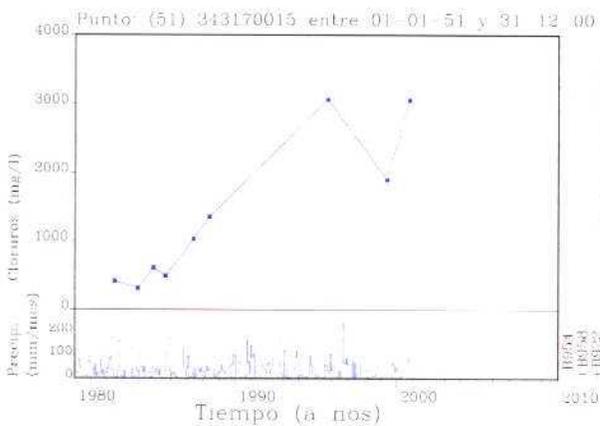
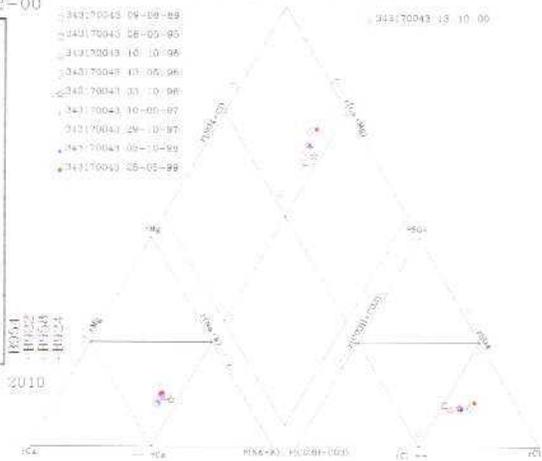
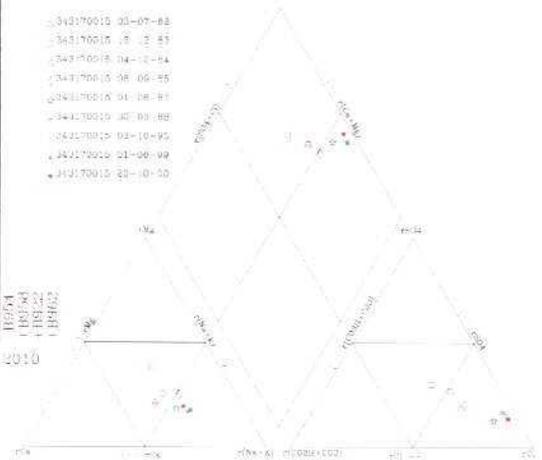


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: (51) 343170015



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.06 (continuación)

