



GOVERN BALEAR

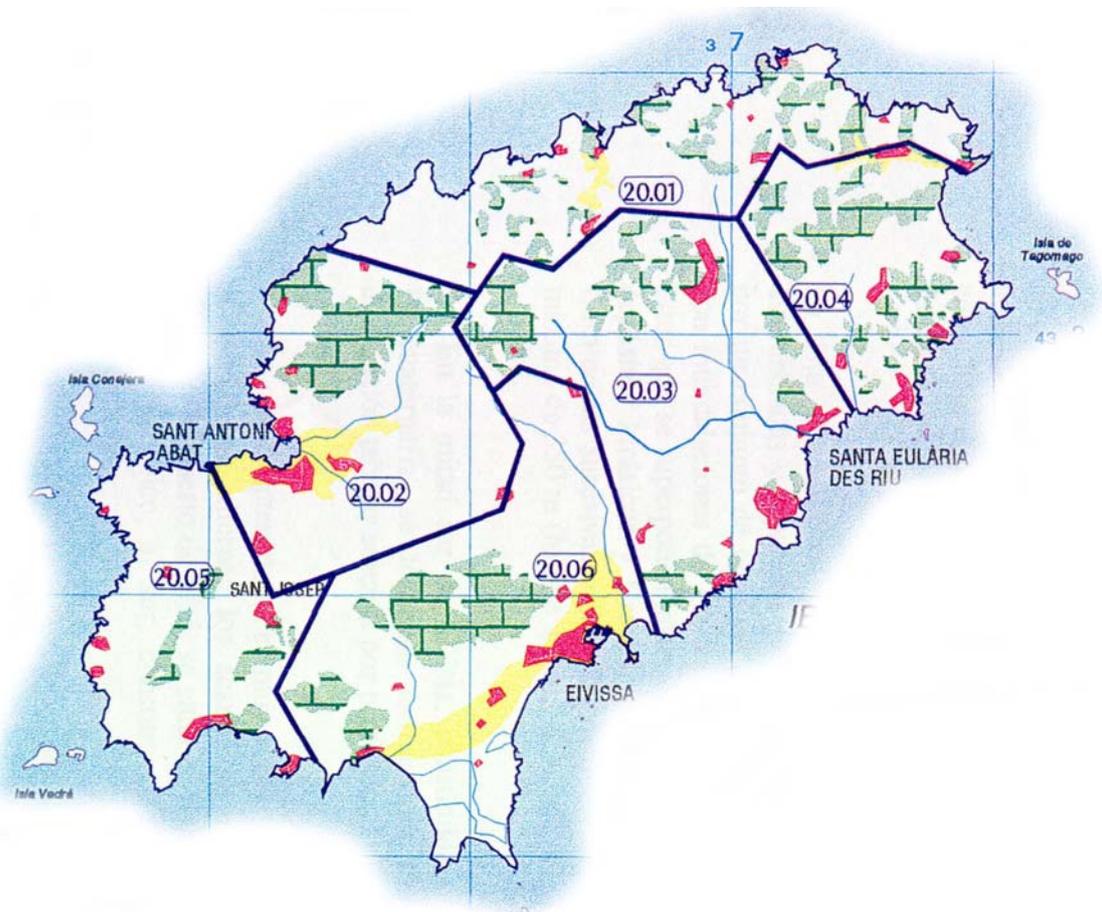
Direcció General de Recursos Hídrics



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

EL ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR

Isla de Ibiza – Año 2.000



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 bombeos 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 bombeos 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

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.

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 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

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 mg/L en casi toda la unidad, con valores extremos entre 900 y 18.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

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

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 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 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**



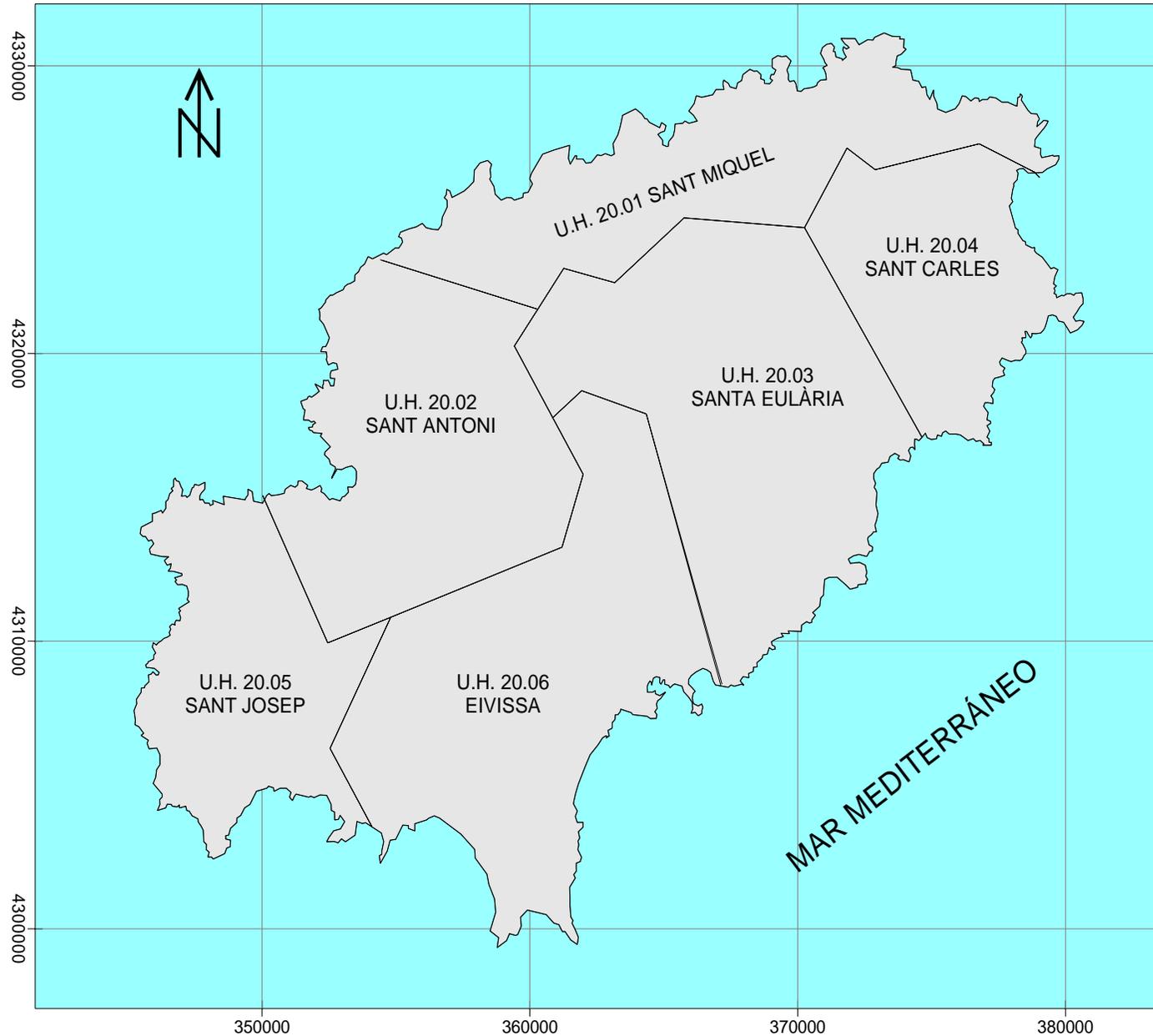
GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España

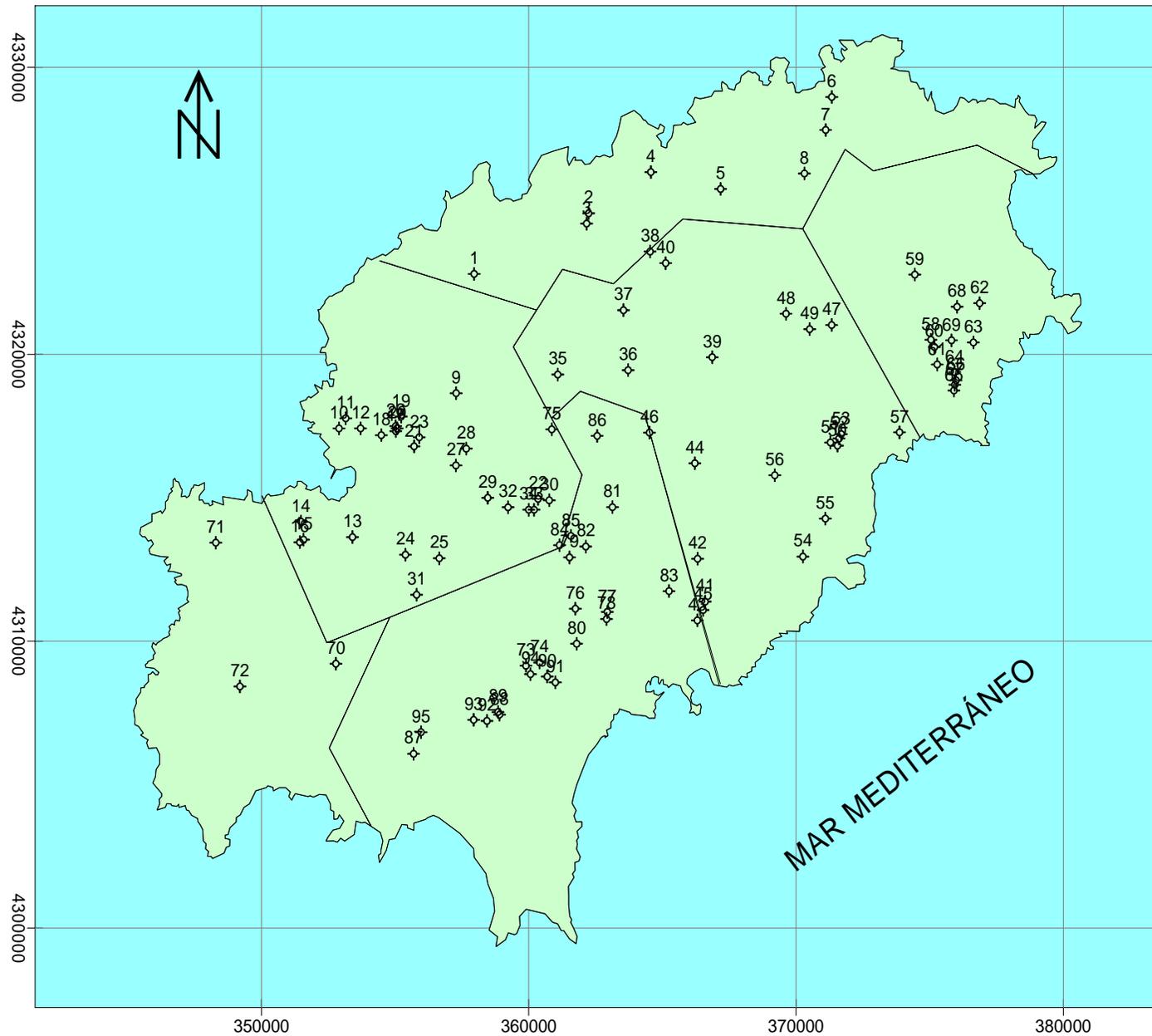
DELIMITACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS



- 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.

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.)**



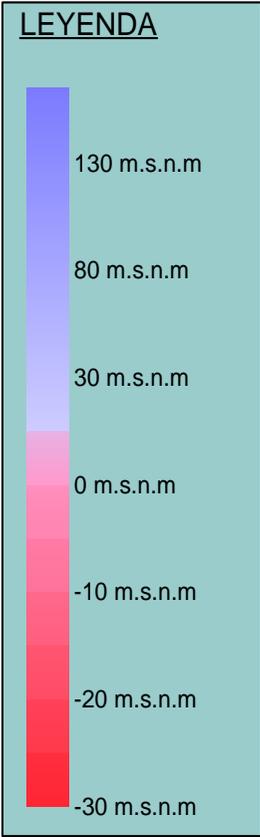
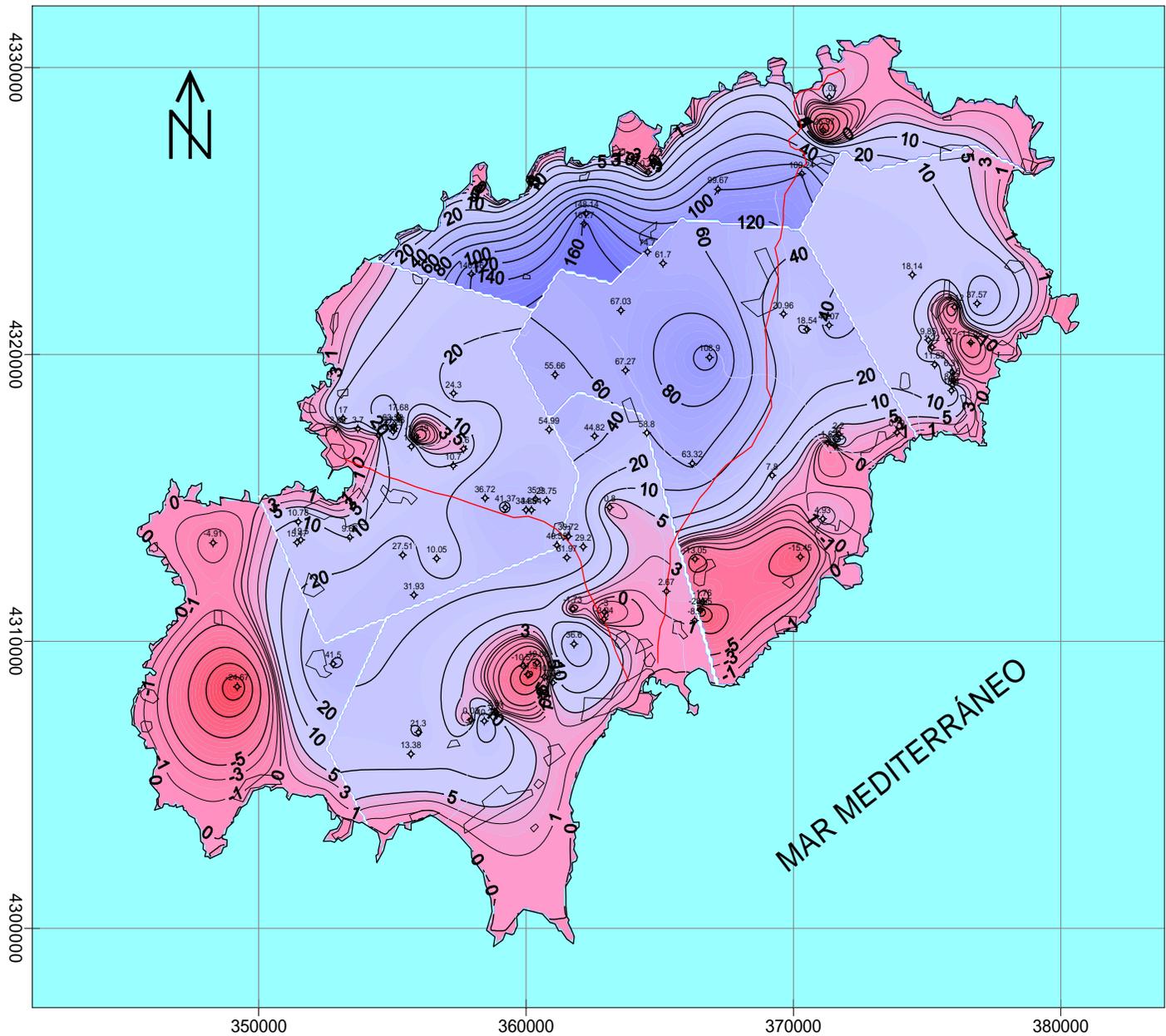
GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics

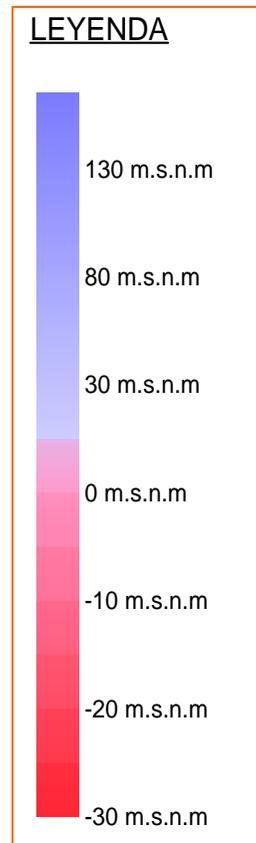
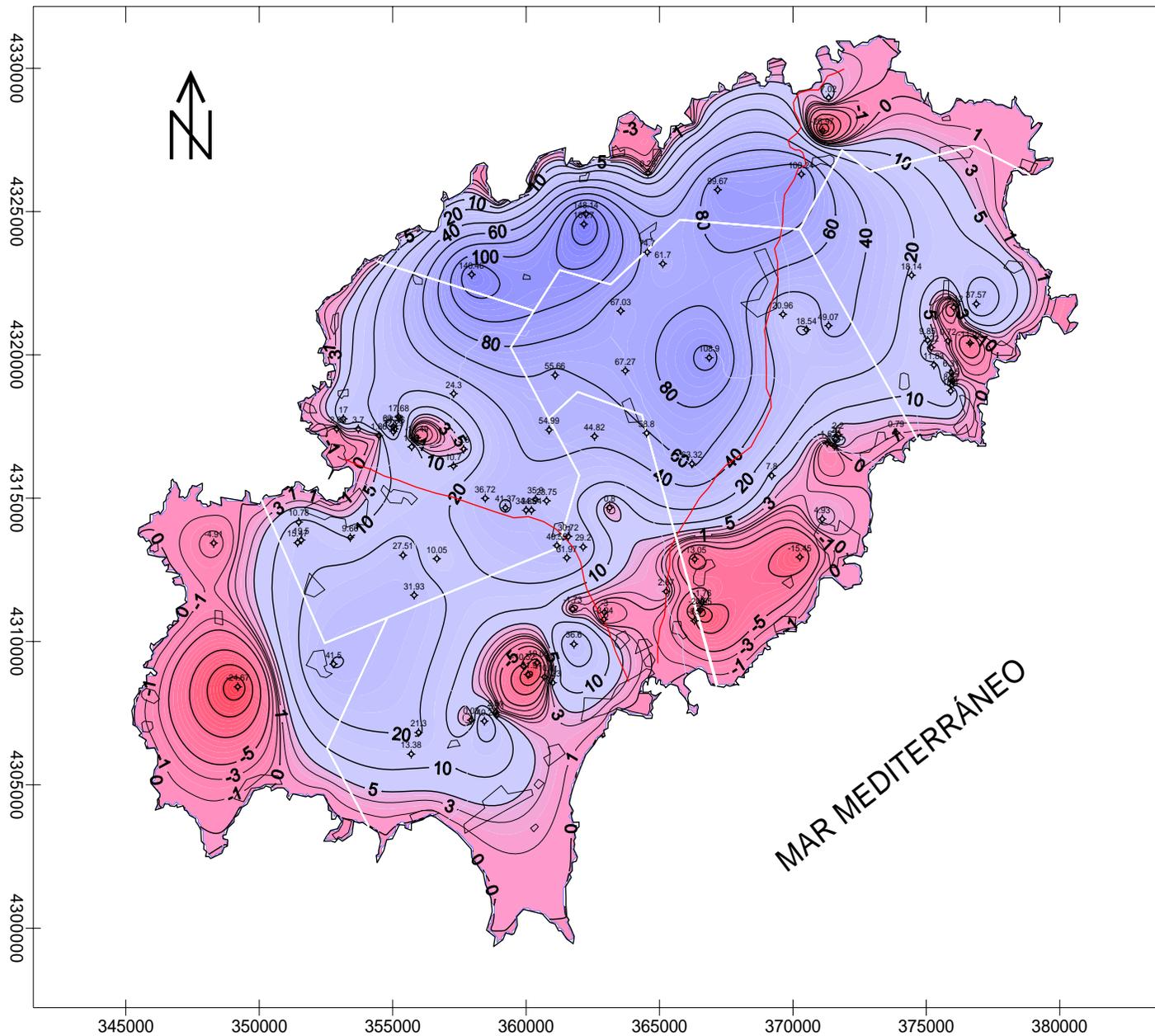


Instituto Geológico
y Minero de España

MAPA DE PIEZOMETRÍA (2º semestre 2000)



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**



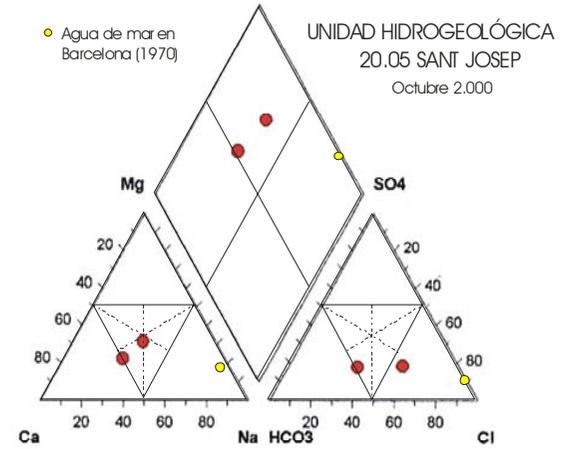
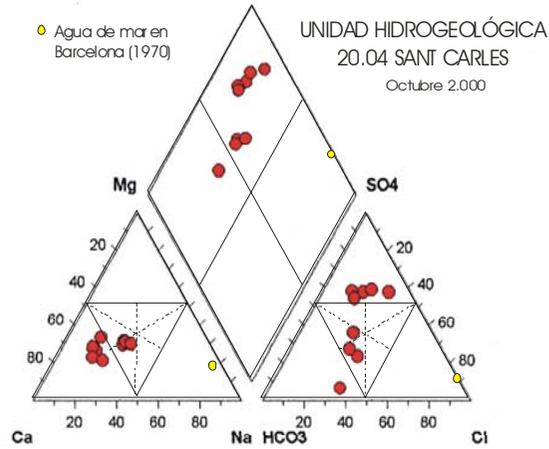
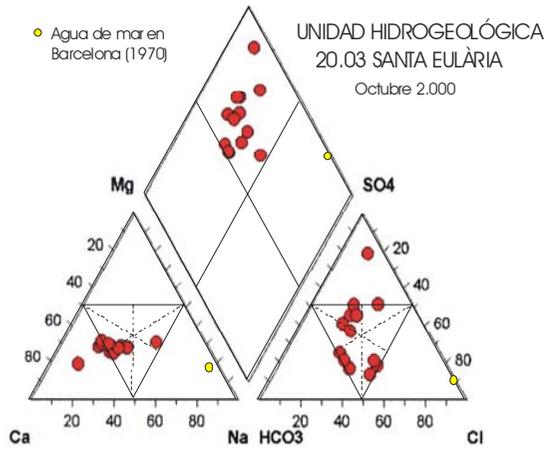
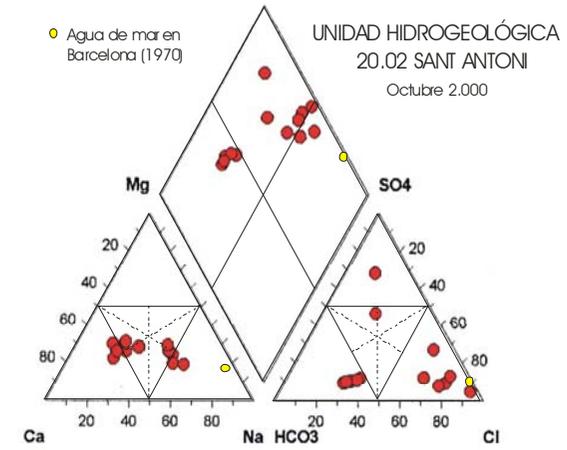
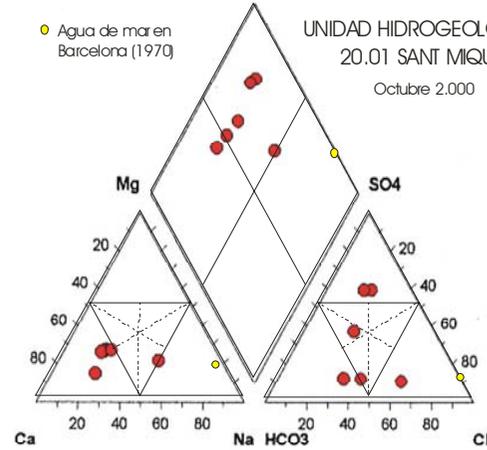
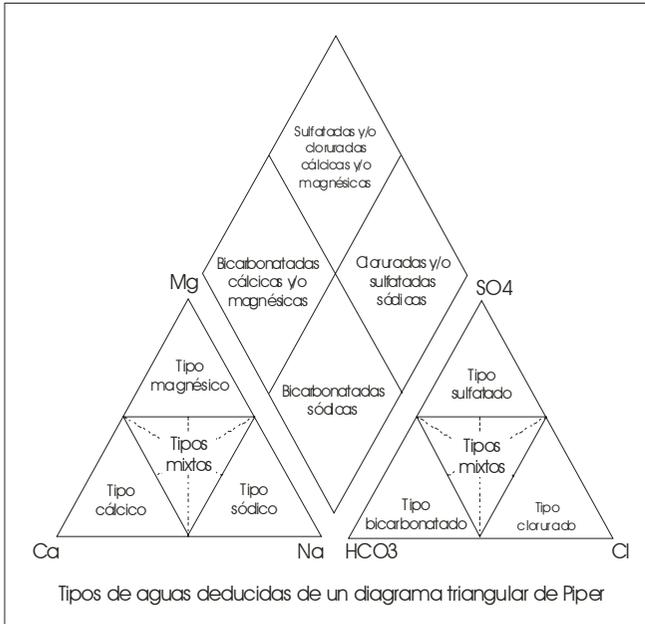
GOVERN BALEAR

Direcció General de Recursos Hídrics

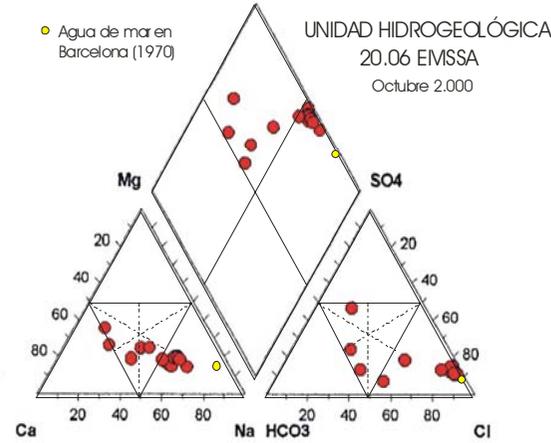
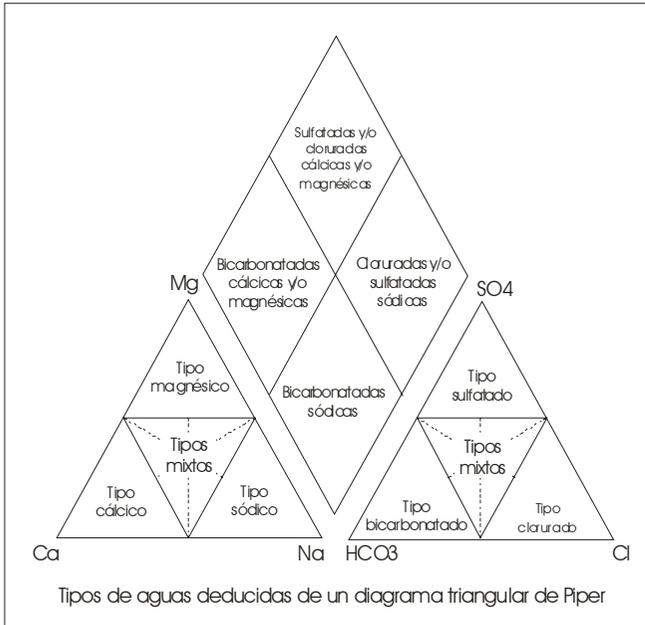


Instituto Geológico
y Minero de España

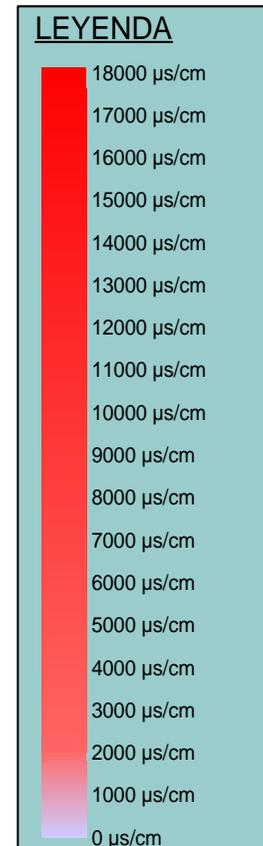
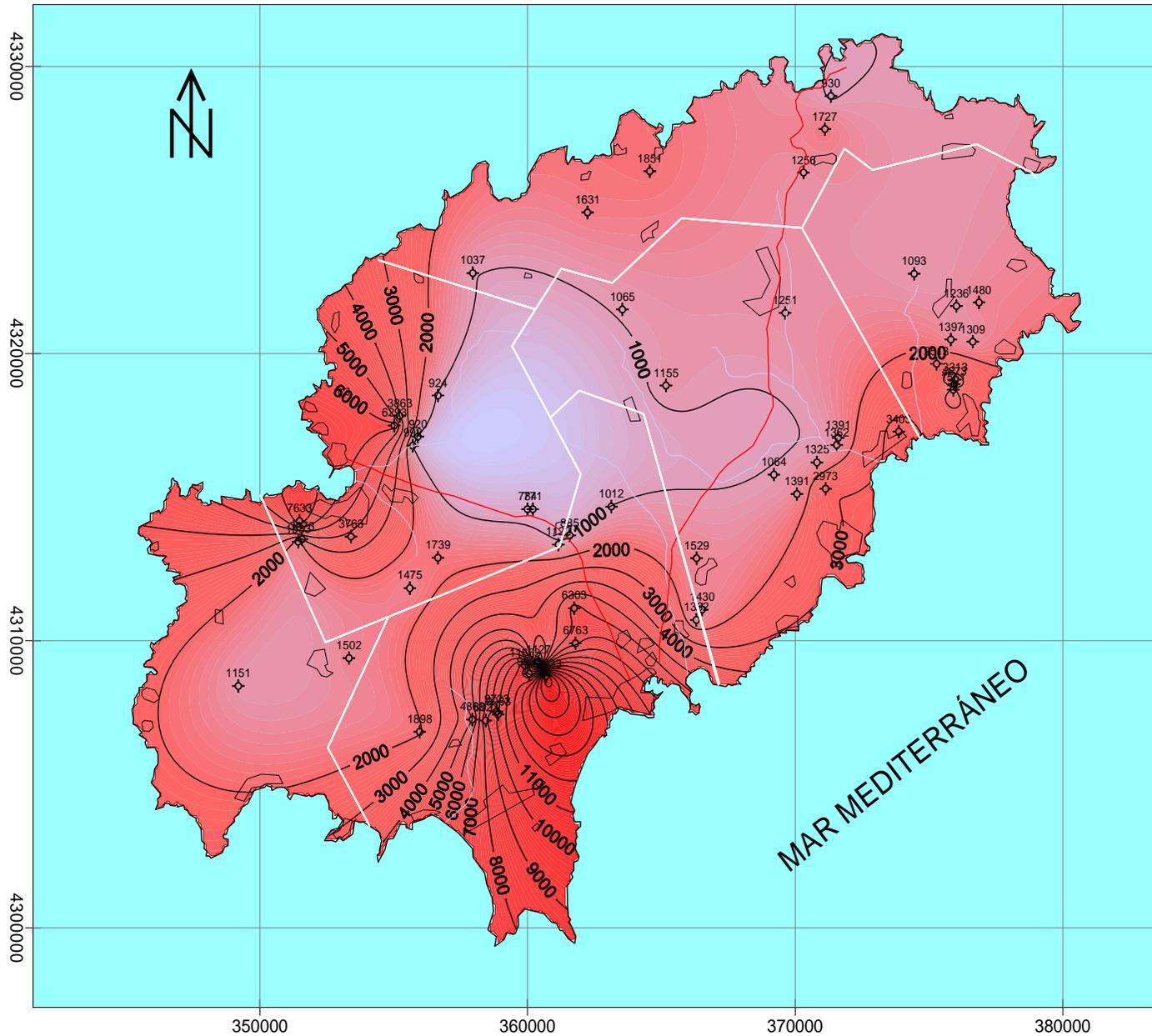
Estado de las Aguas Subterráneas en el Archipiélago Balear



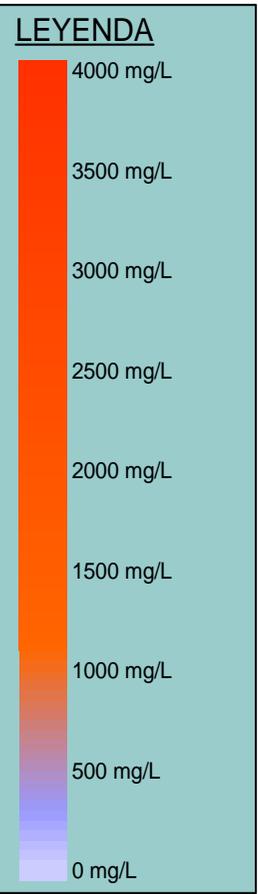
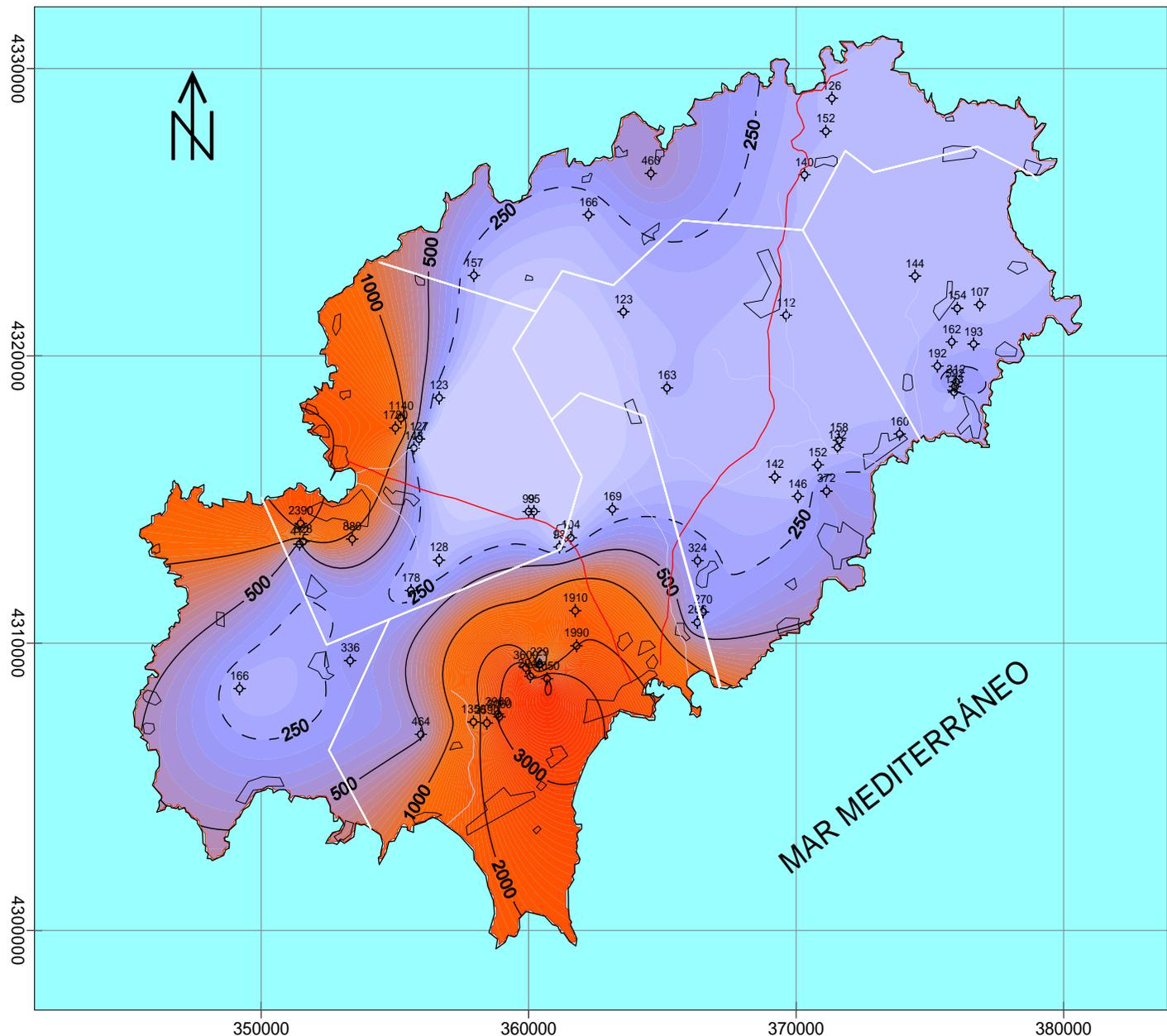
TIPOLOGÍA DE AGUAS. CLASIFICACIÓN DE PIPER
Isla de Ibiza –Año 2.000



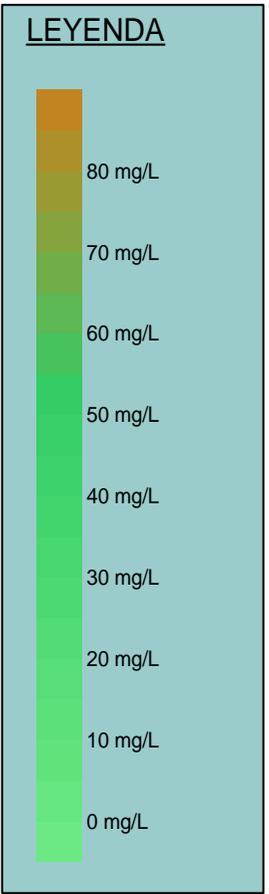
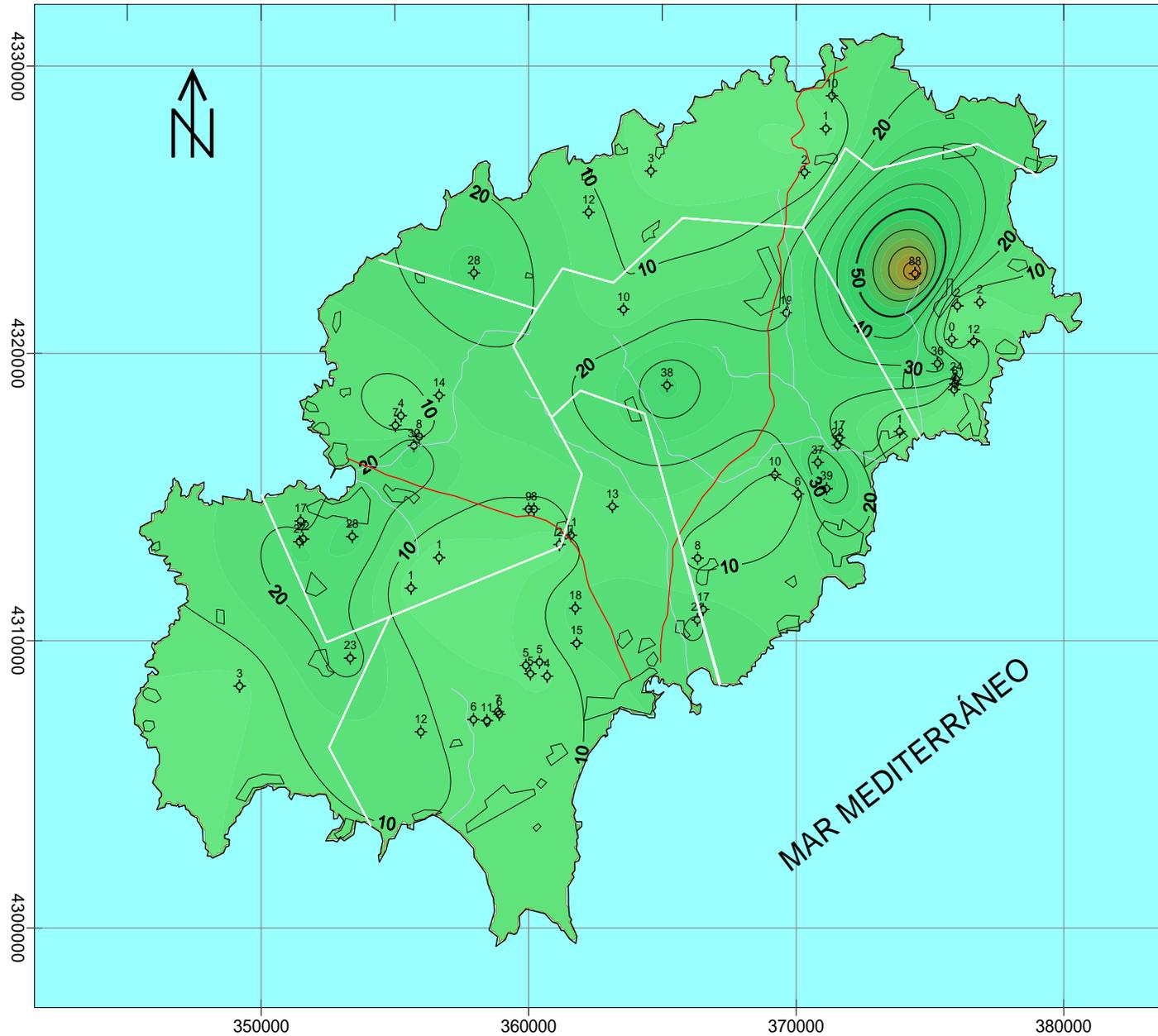
MAPA DE ISOCONDUCTIVIDAD (2º semestre 2000)



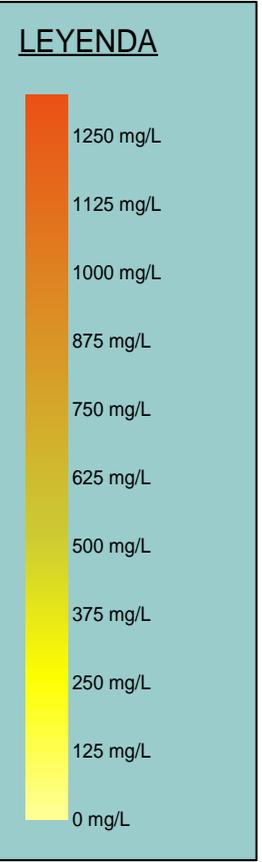
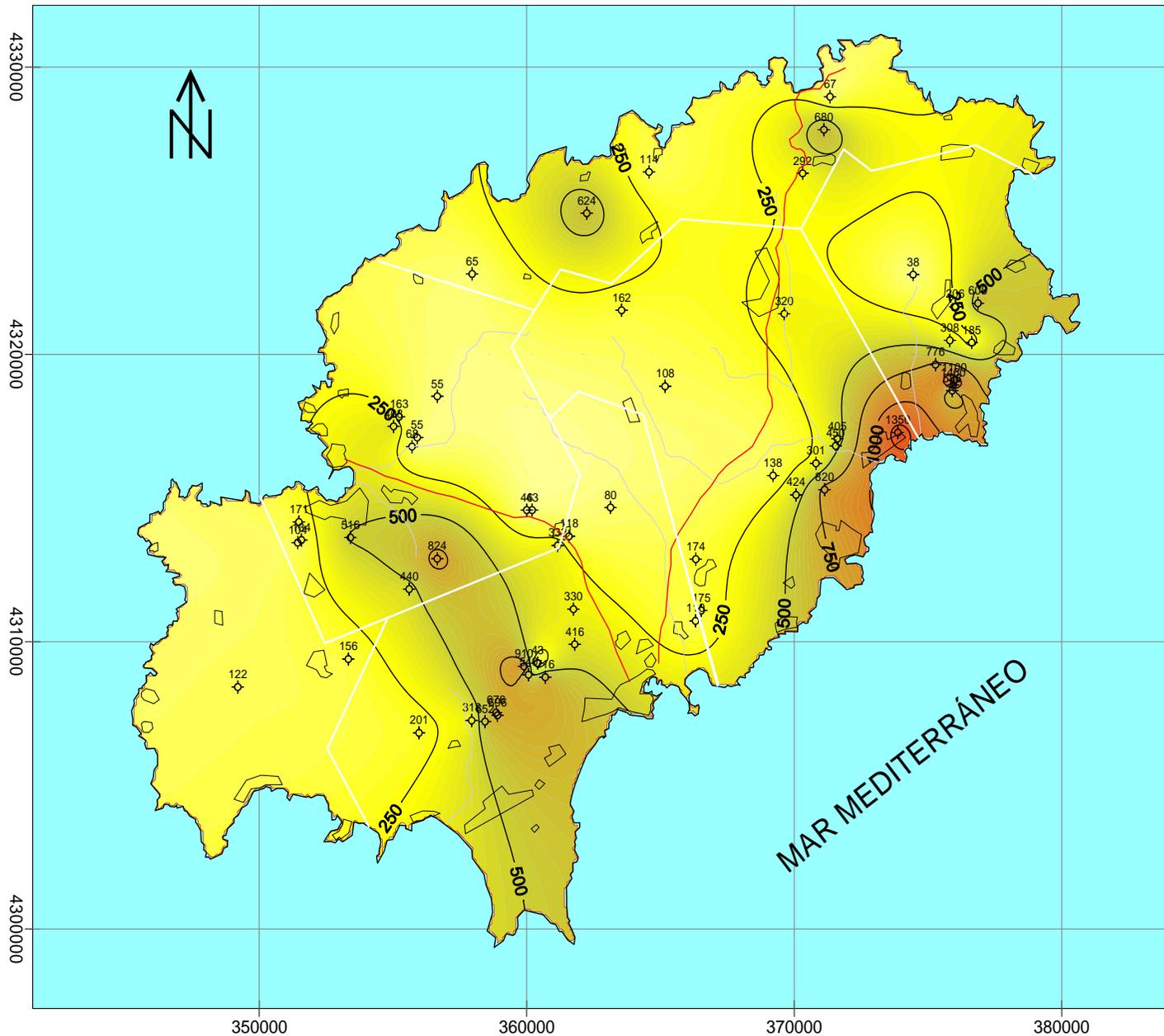
MAPA DE ISOCLORUROS (2º semestre 2000)



MAPA DE ISONITRATOS (2º semestre 2000)



MAPA DE ISOSULFATOS (2º semestre 2000)



ANEXO IV

(Evolución piezometría y calidad)

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



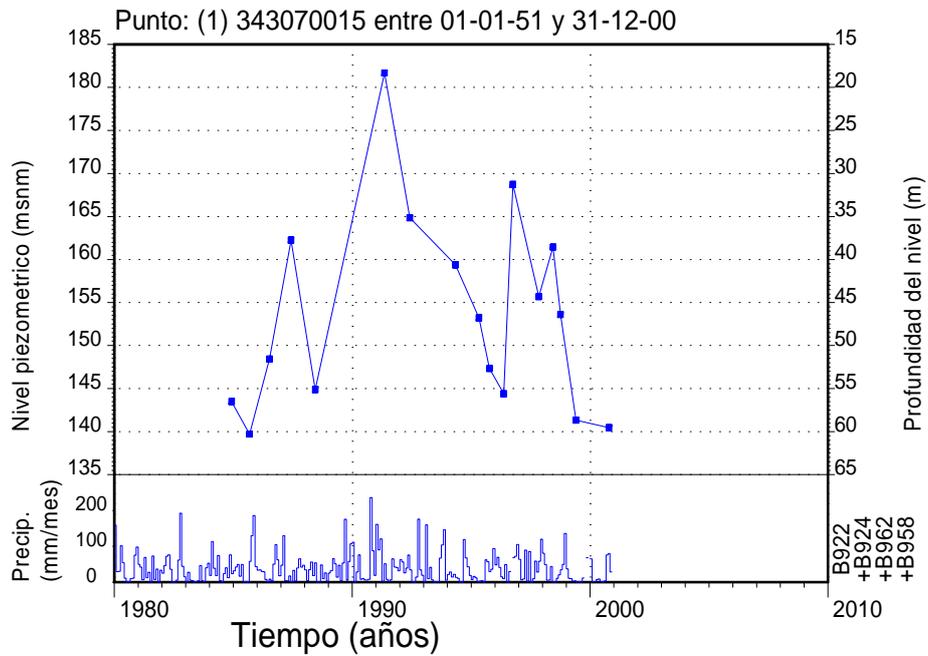
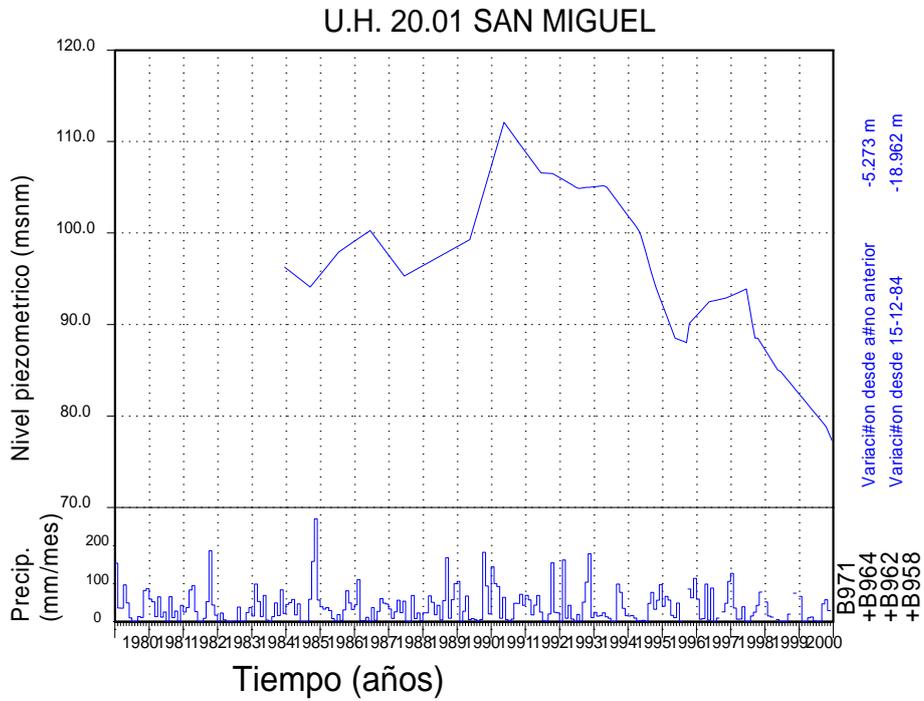
GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España

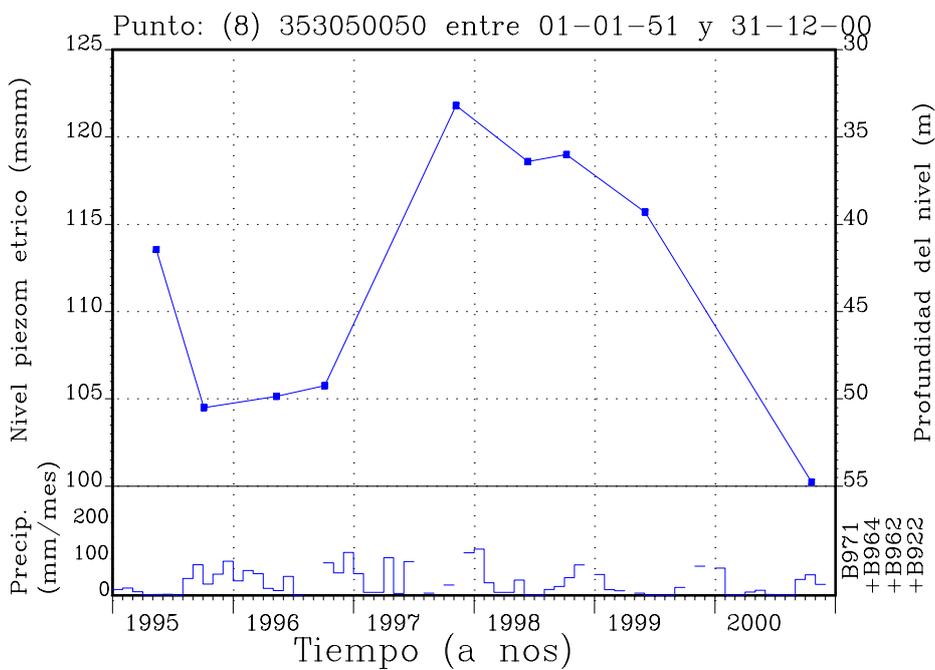
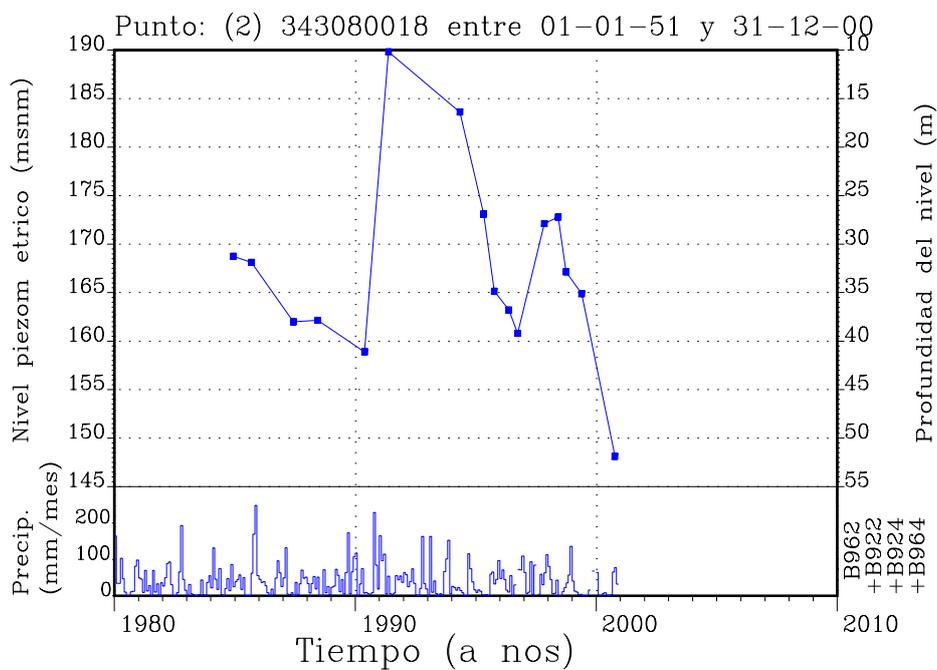
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.01 SAN MIGUEL



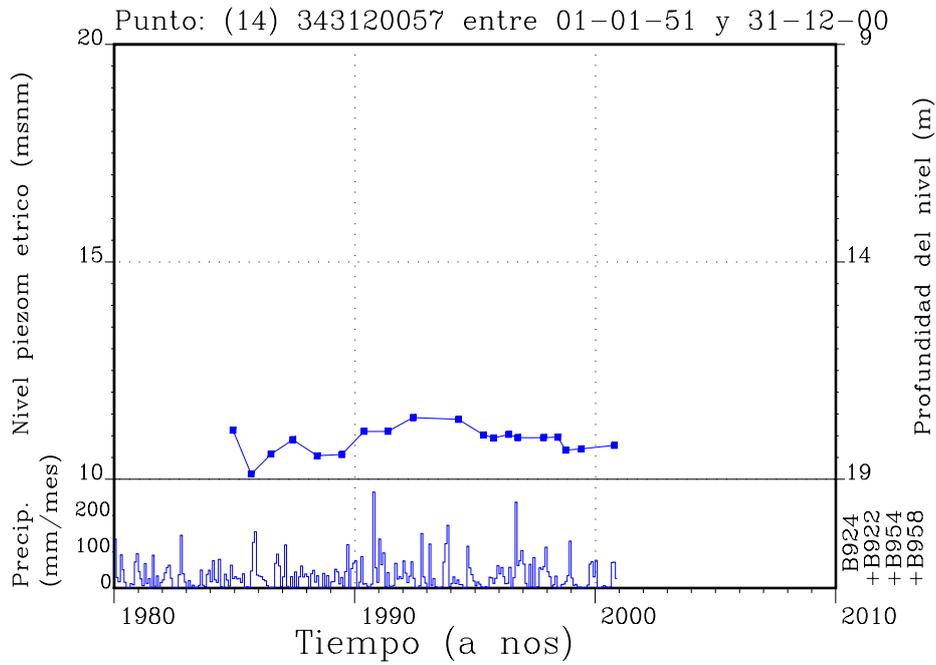
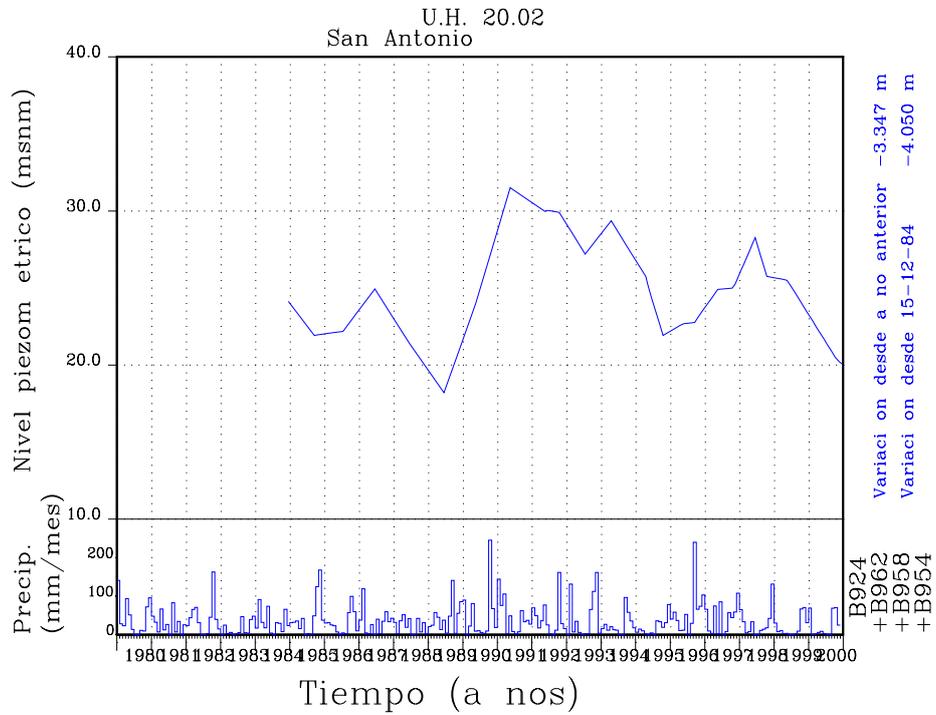
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.01 (continuación)



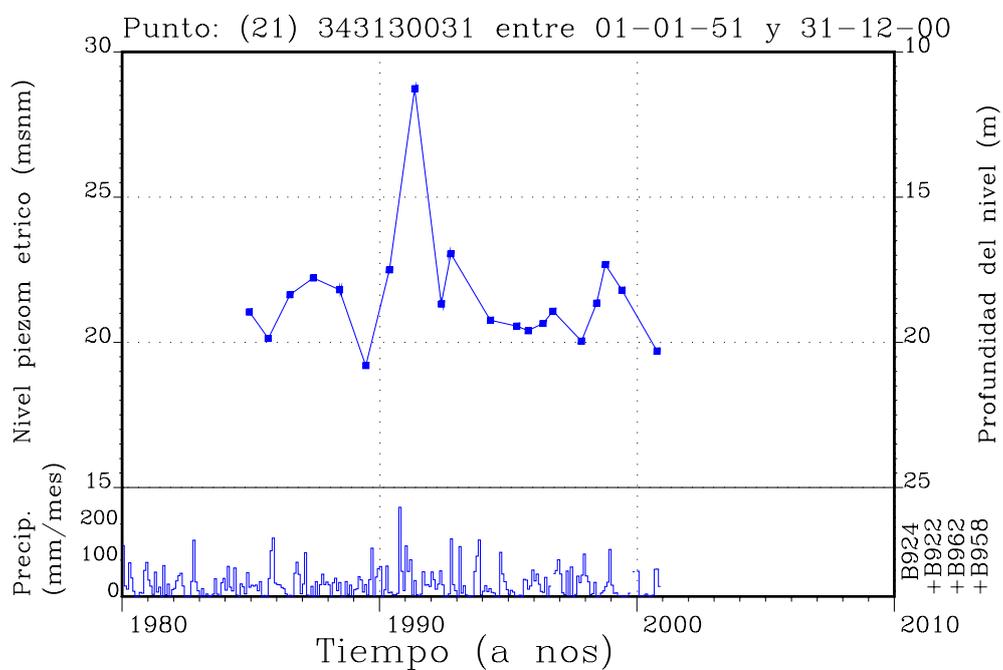
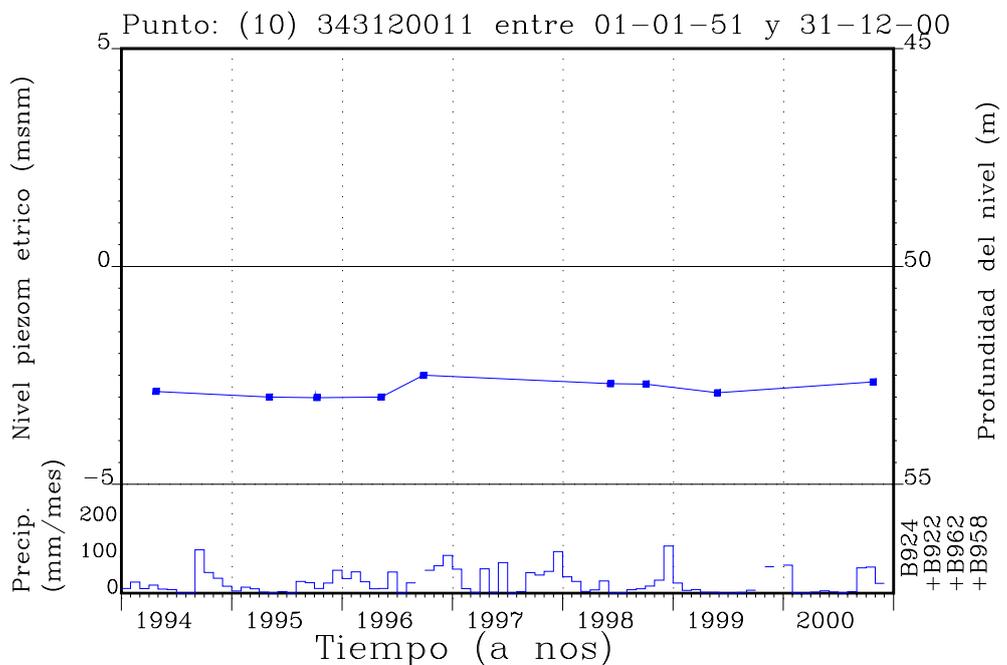
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02 SANT ANTONI



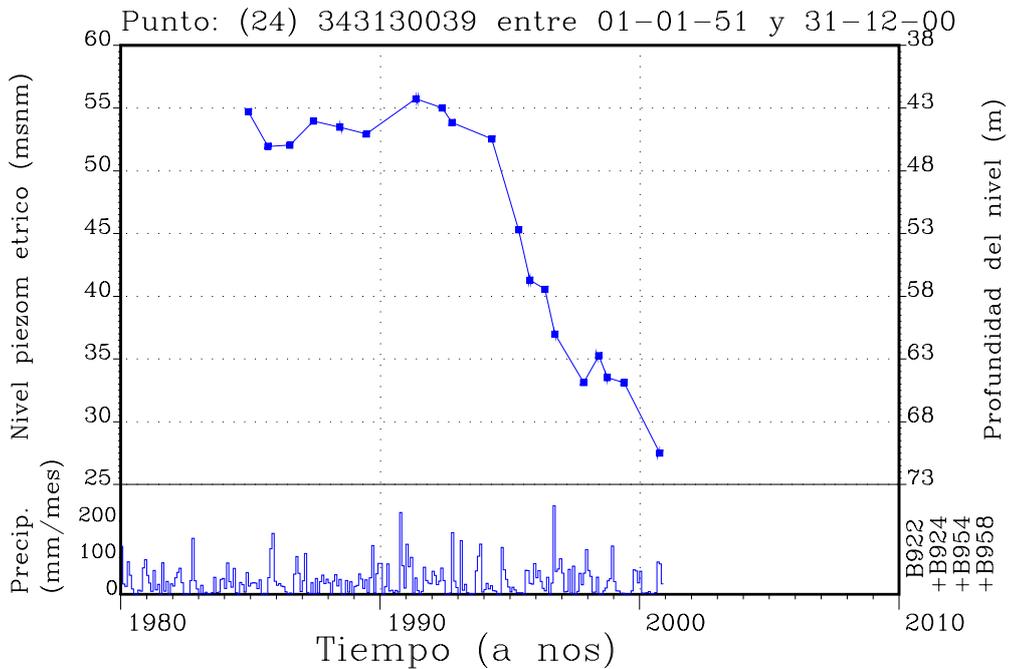
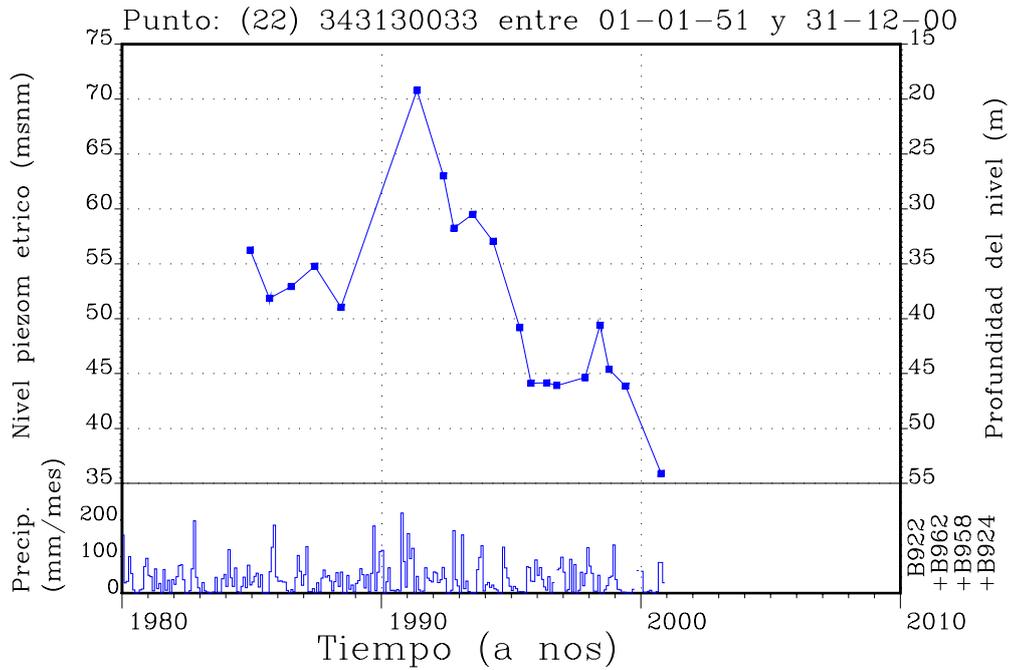
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02 (continuación)



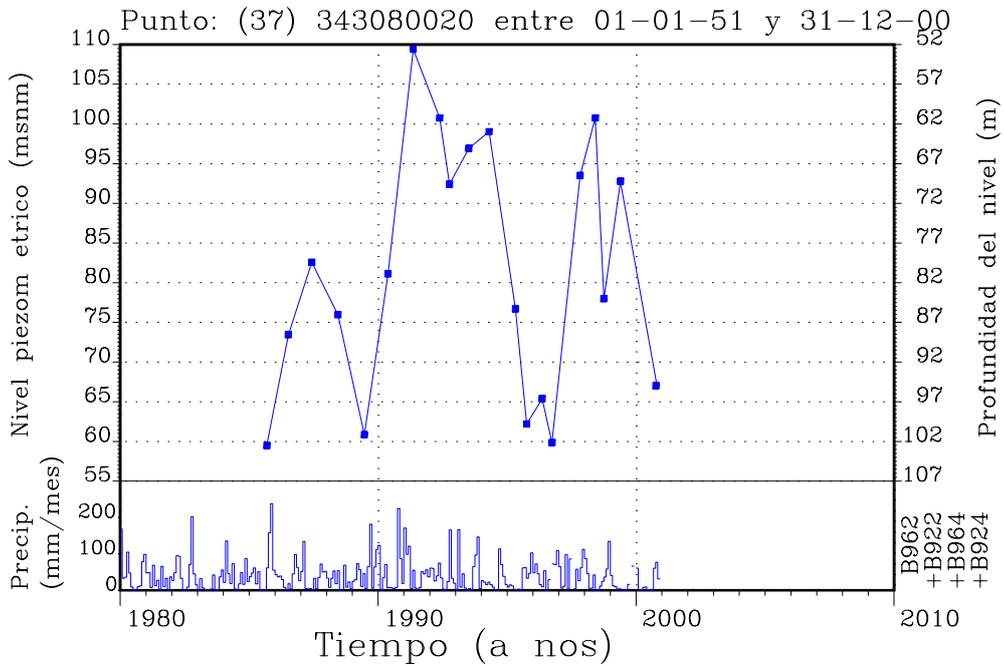
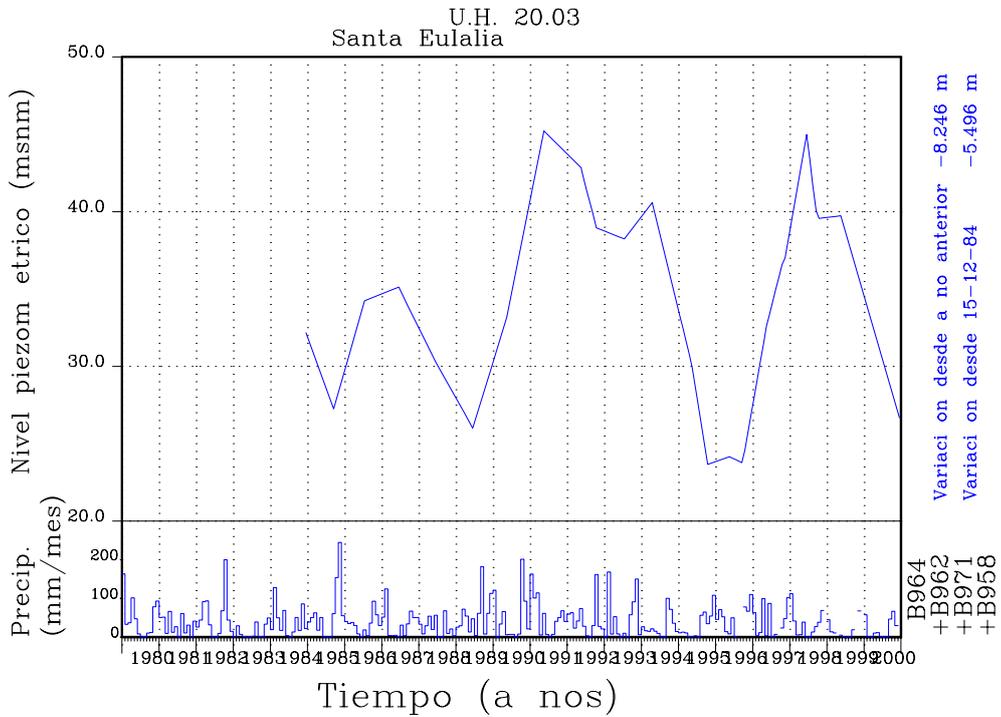
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02 (continuación)



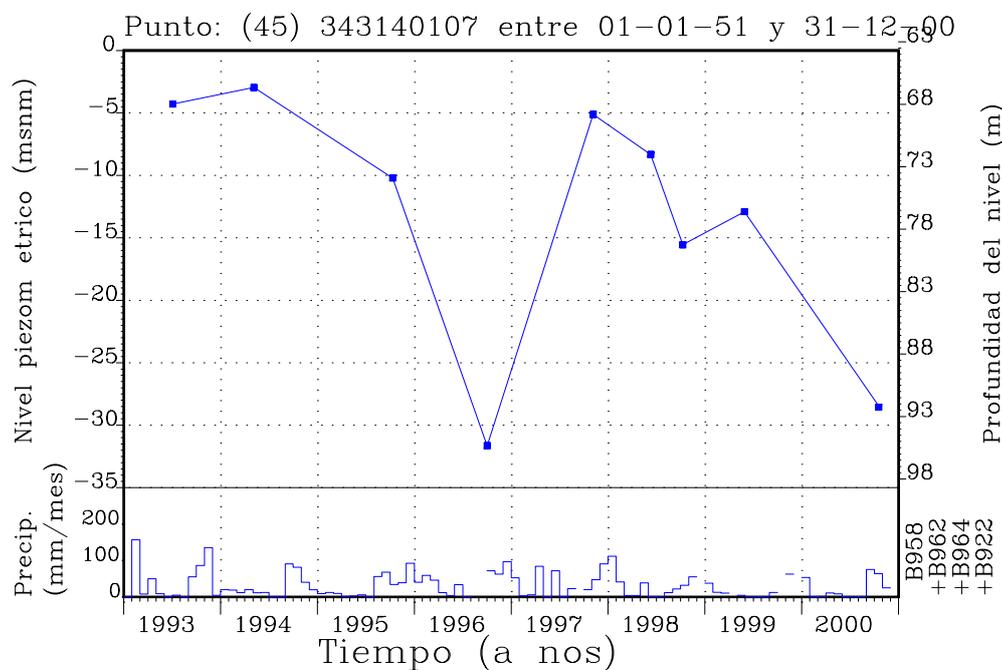
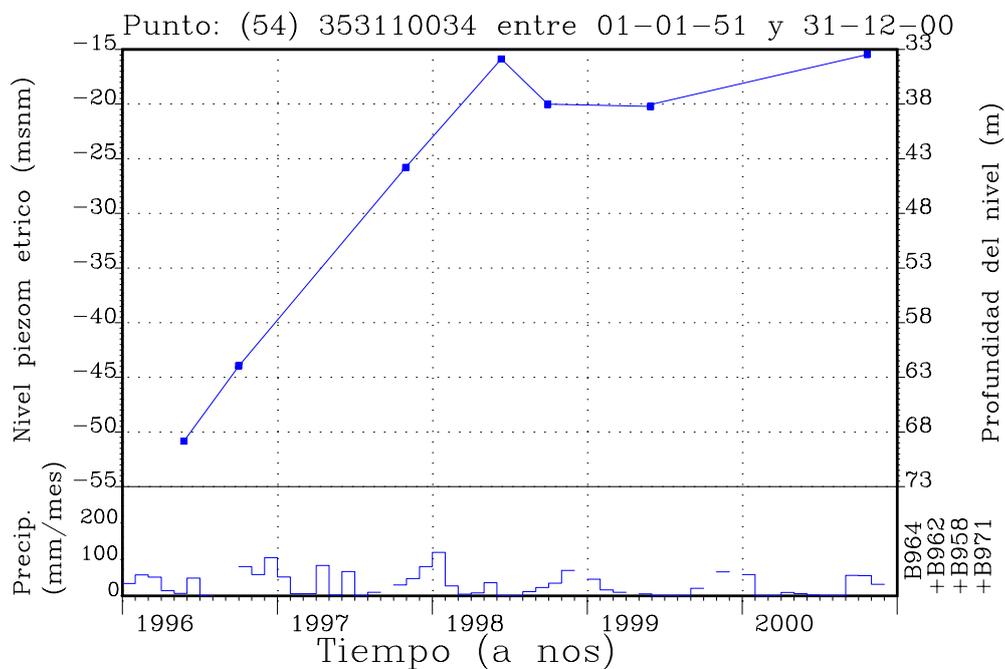
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03 SANTA EULÀRIA



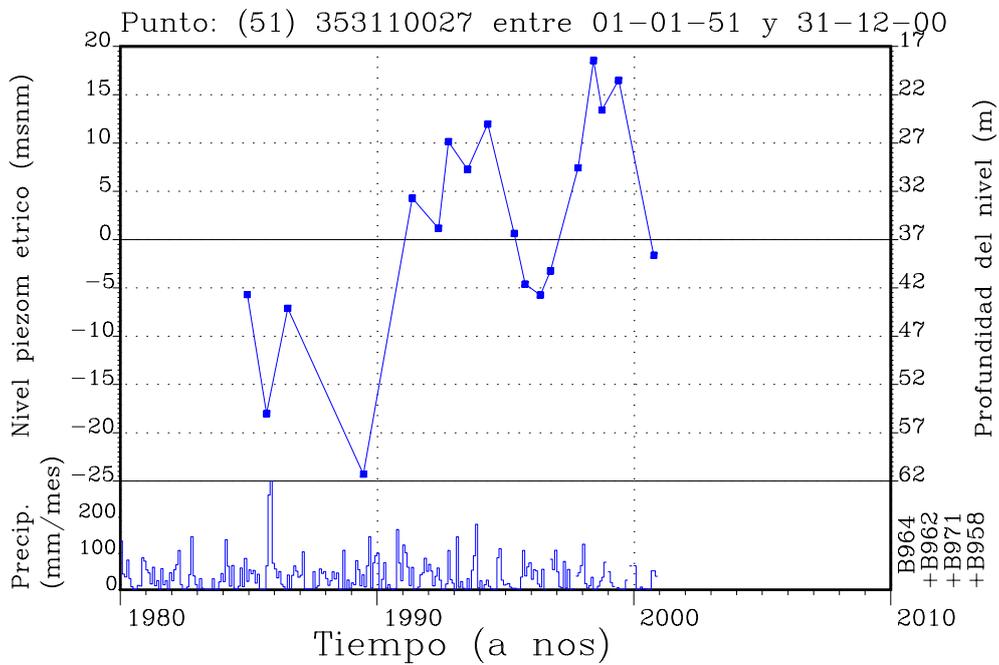
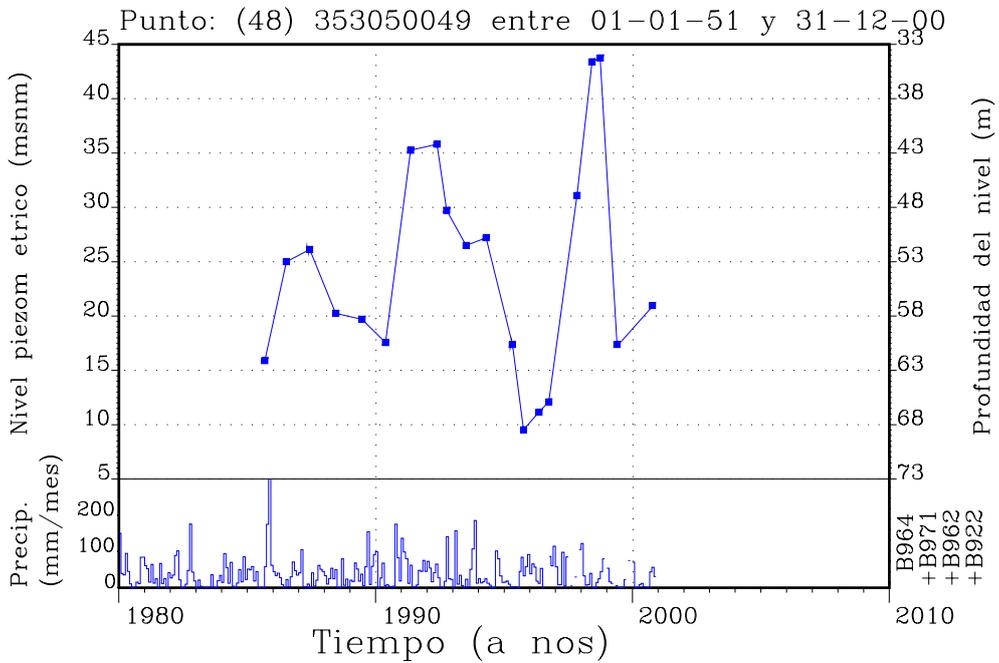
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03 (continuación)



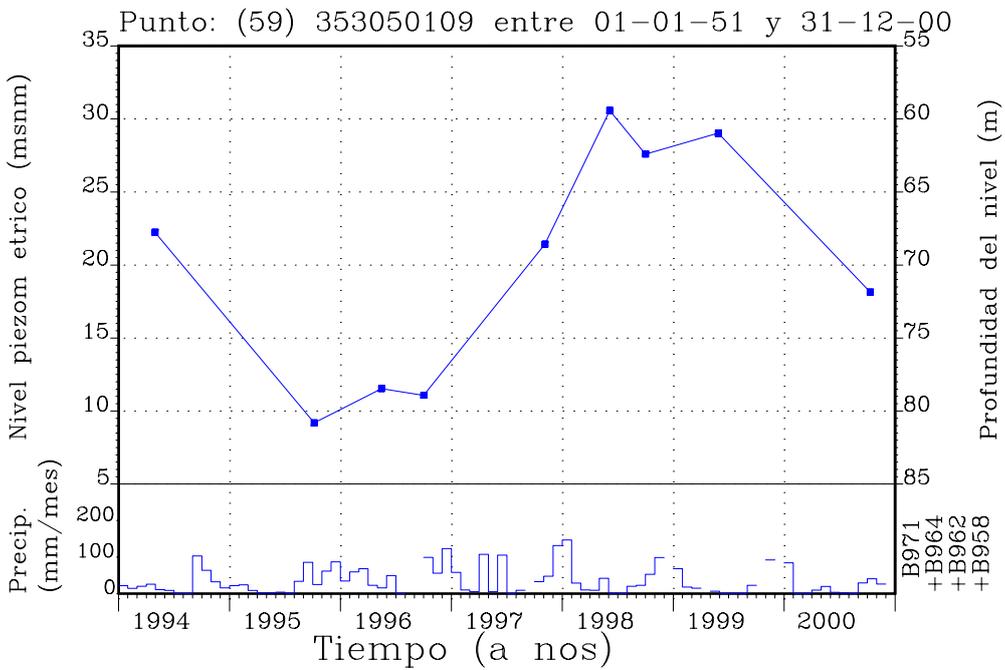
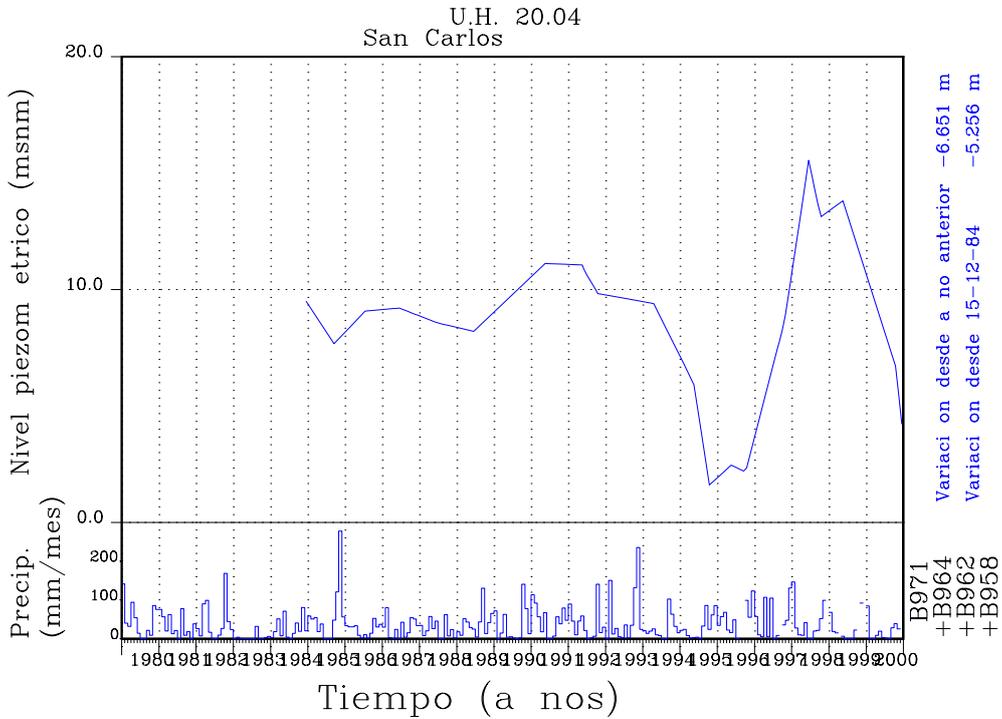
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03 (continuación)



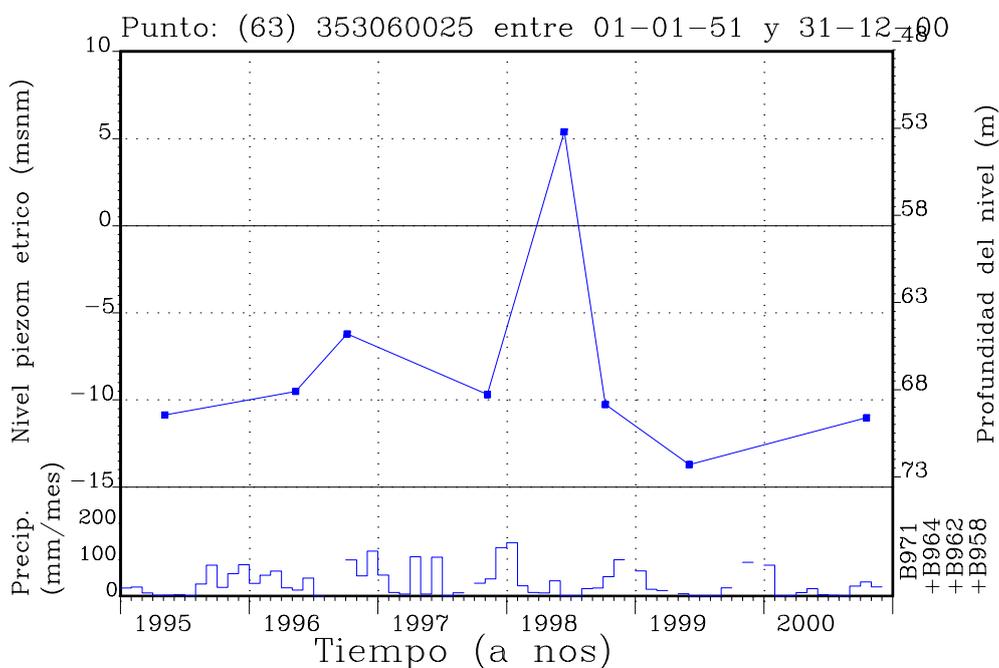
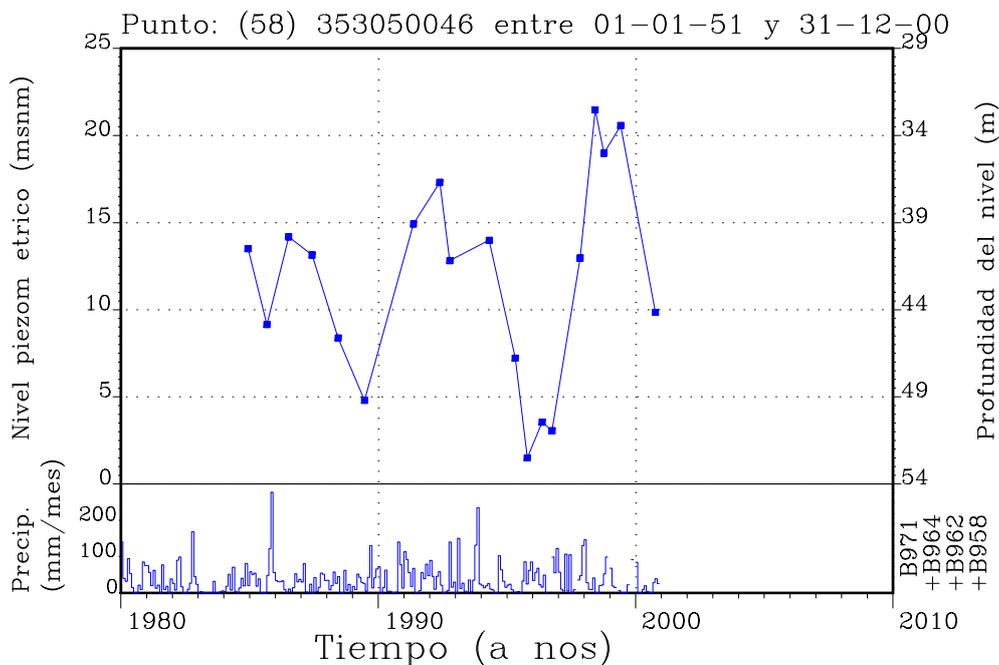
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.04 SANT CARLES



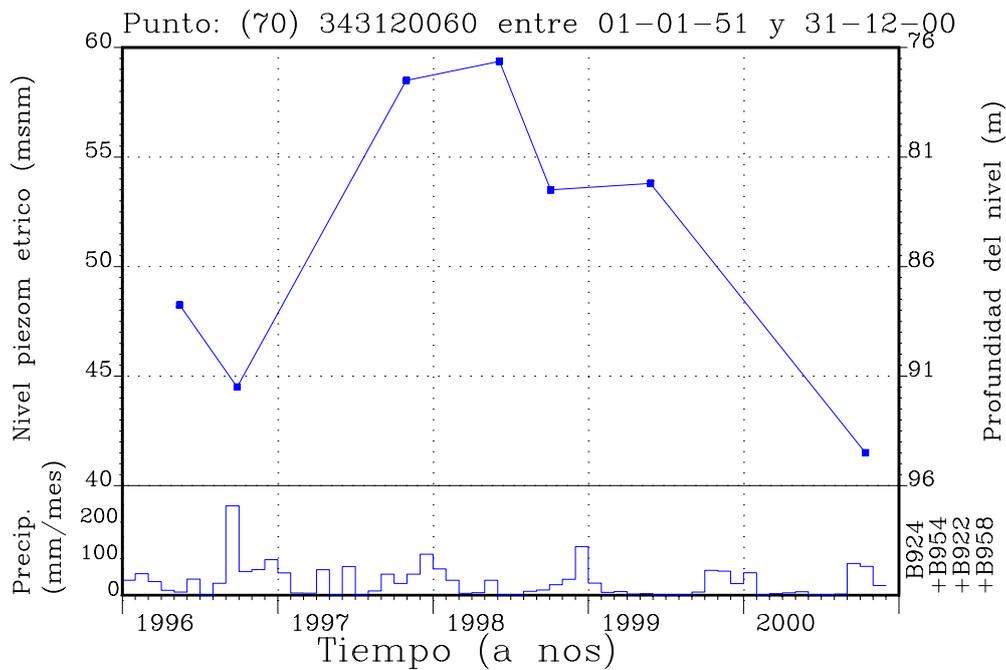
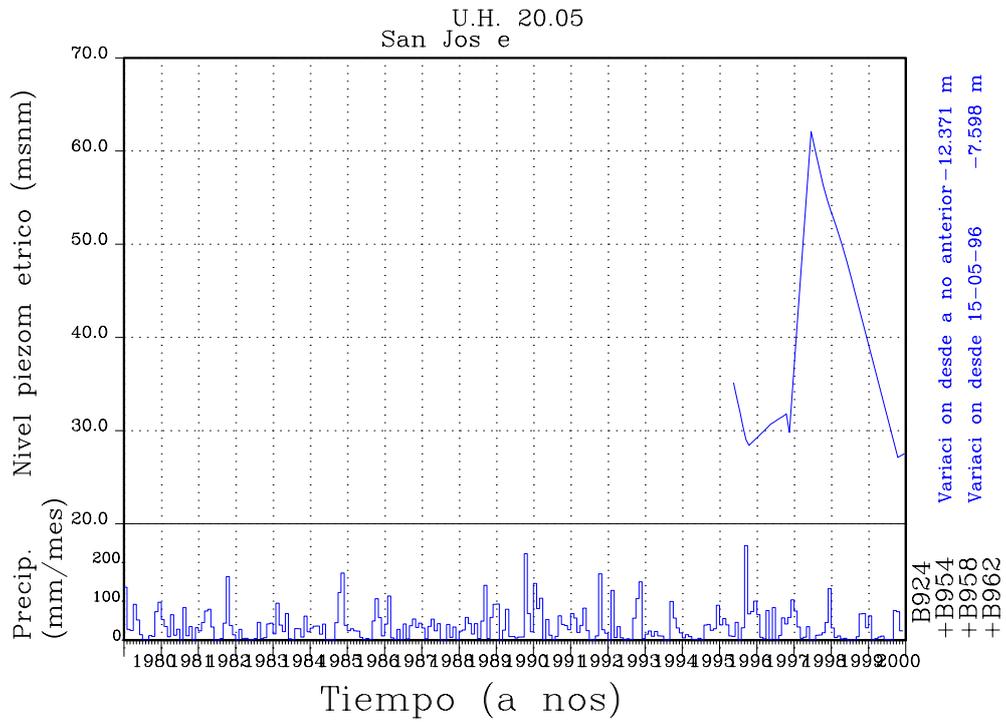
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.04 SANT CARLES



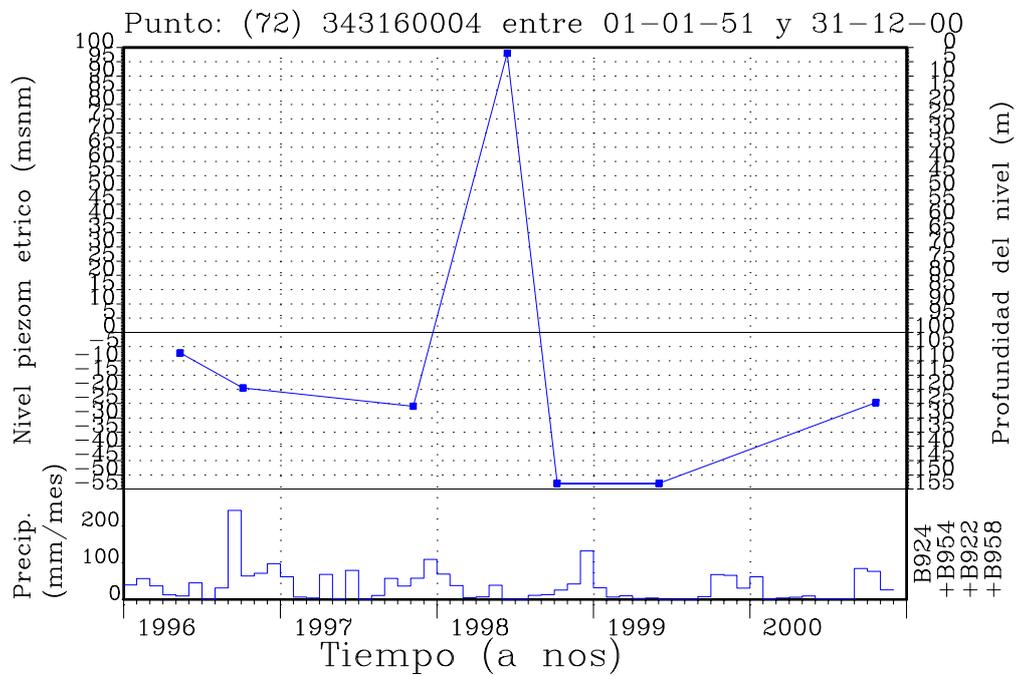
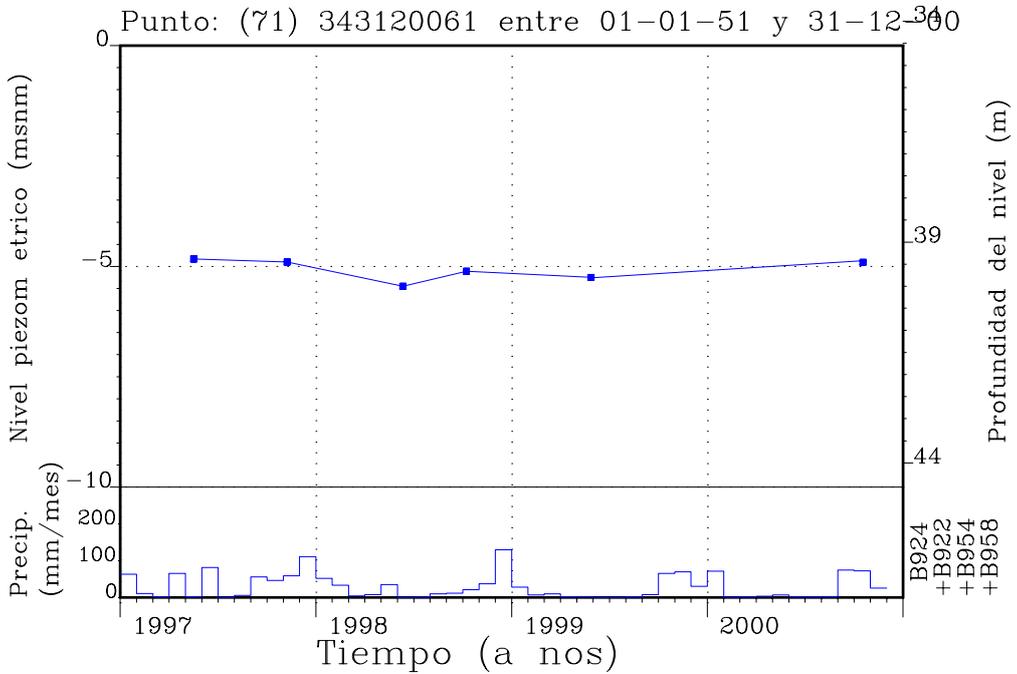
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.05 SANT JOSEP



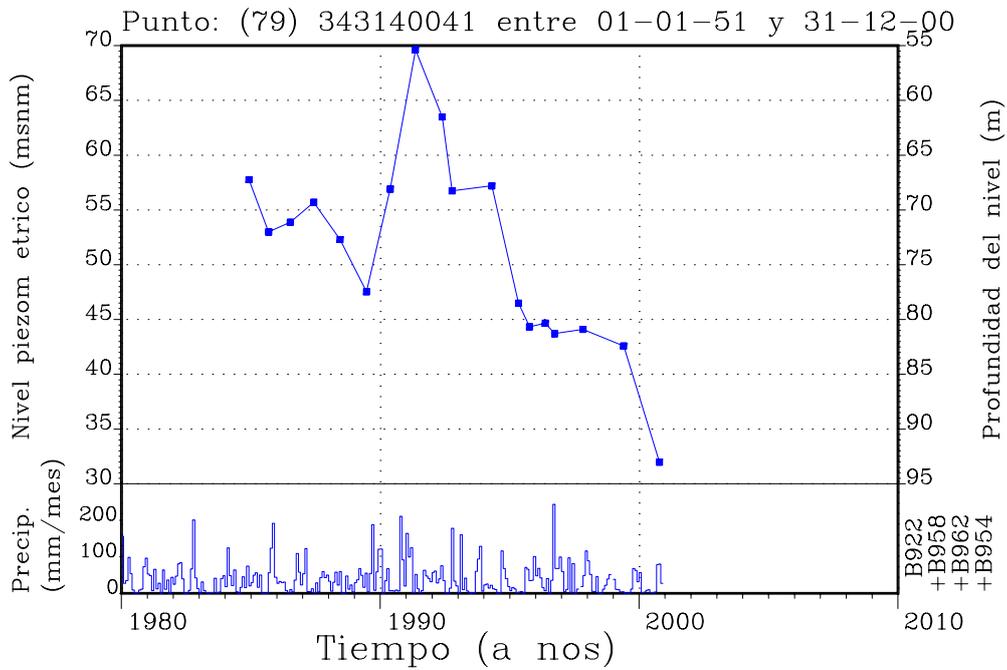
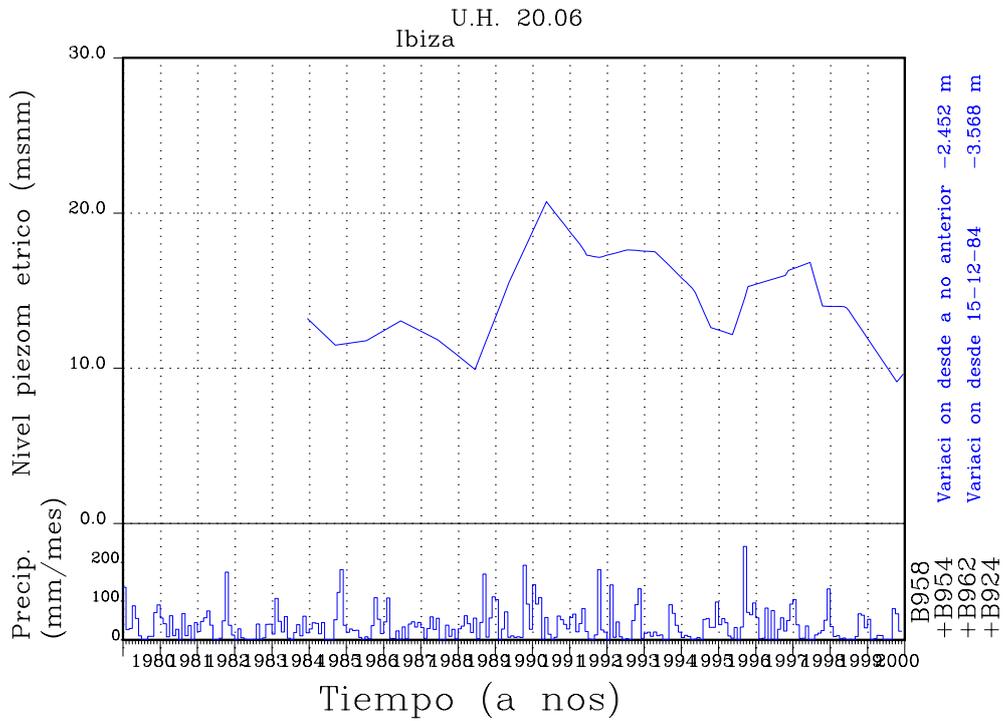
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.05 SANT JOSEP



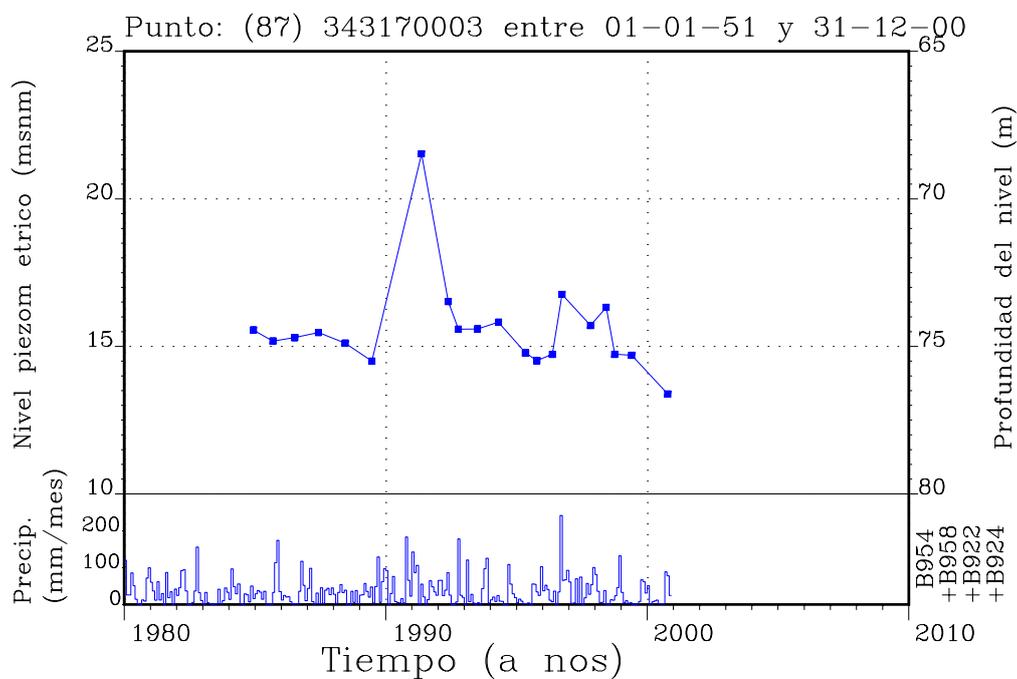
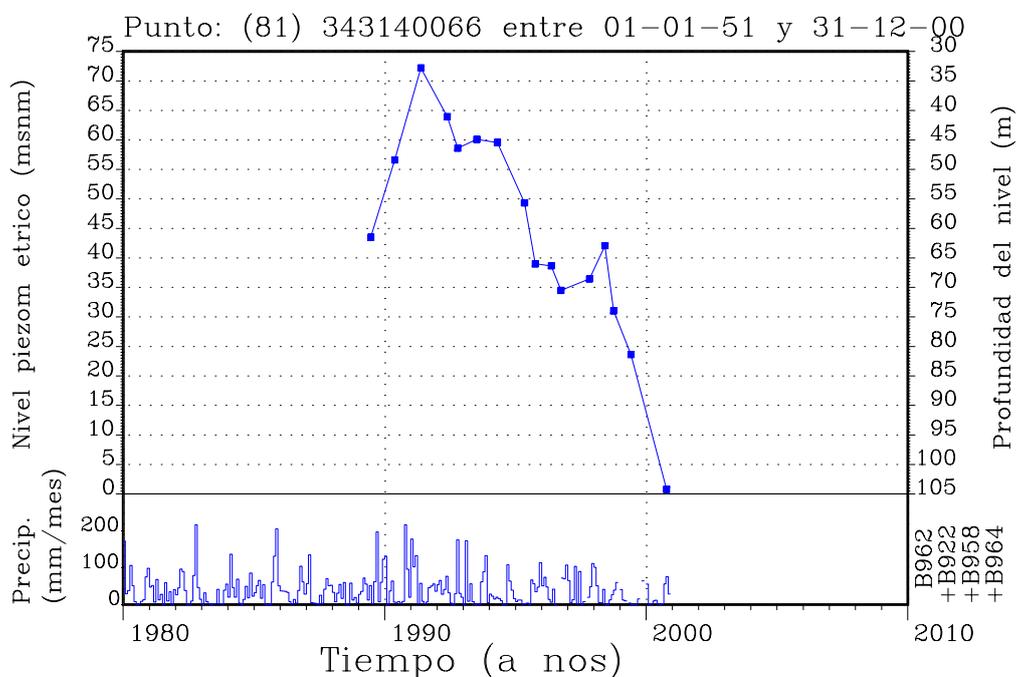
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.06 EIVISSA



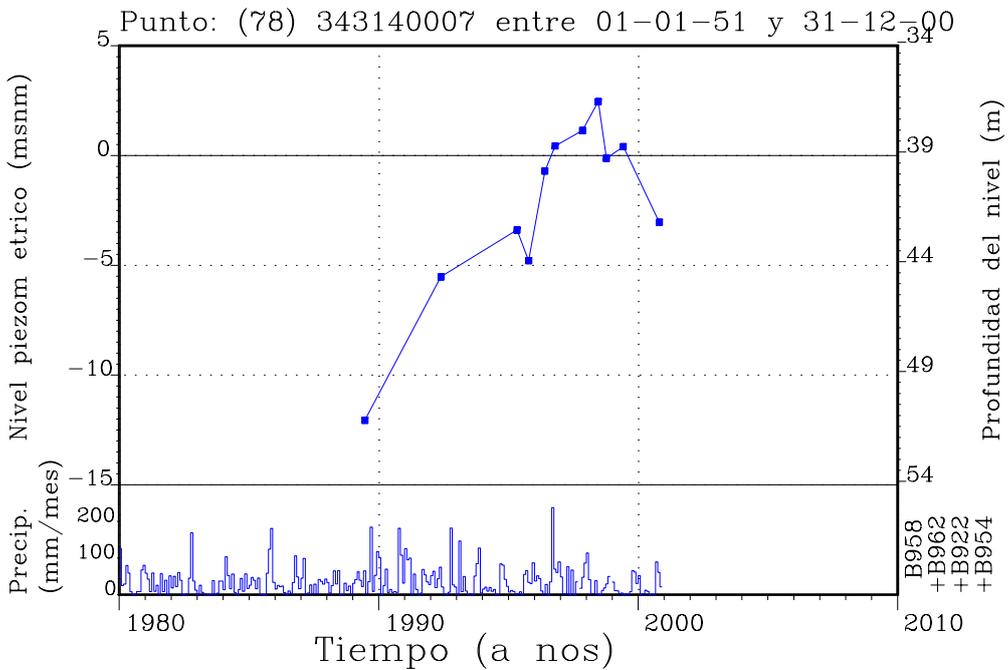
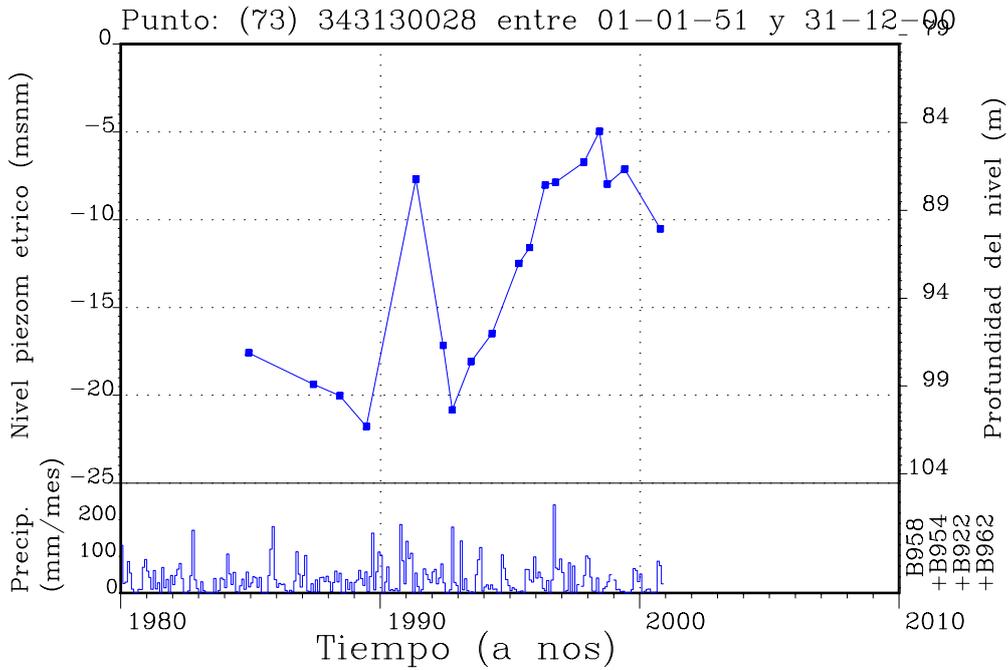
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

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

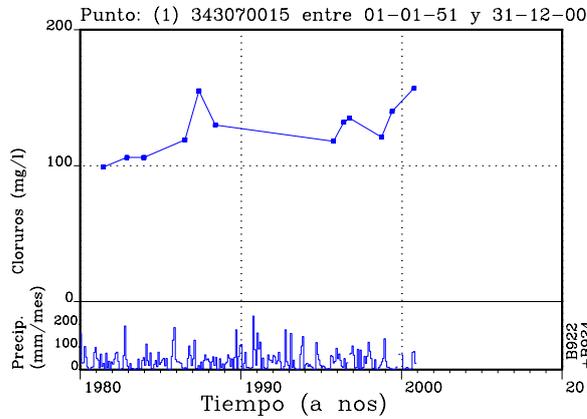


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

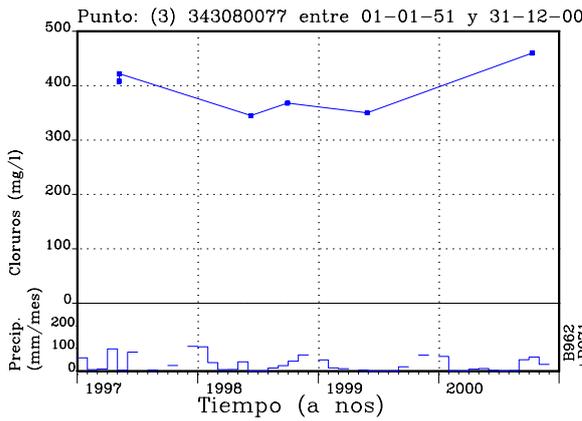
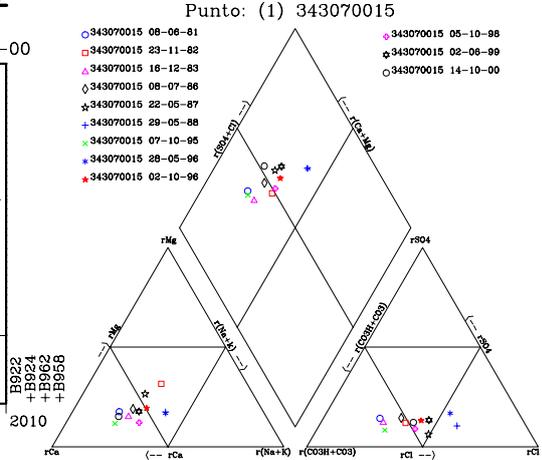


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

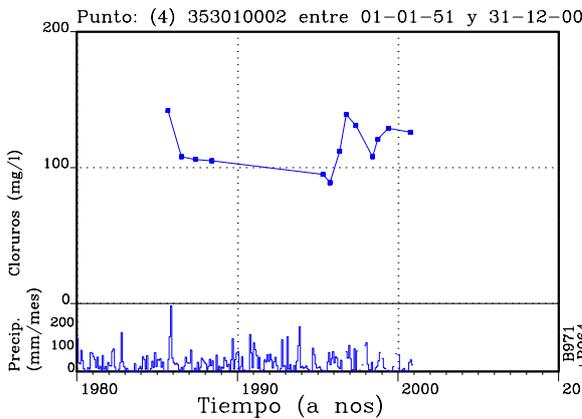
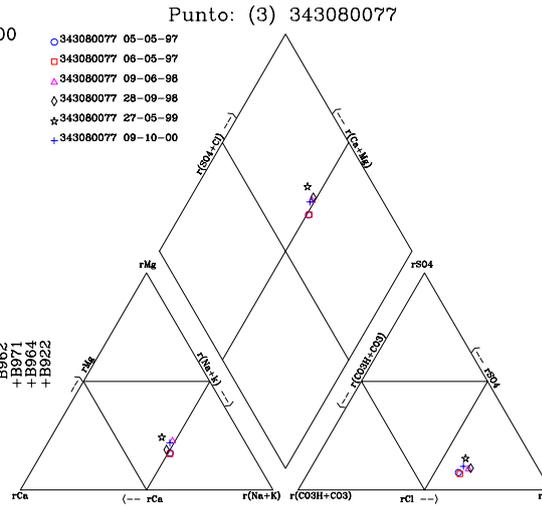
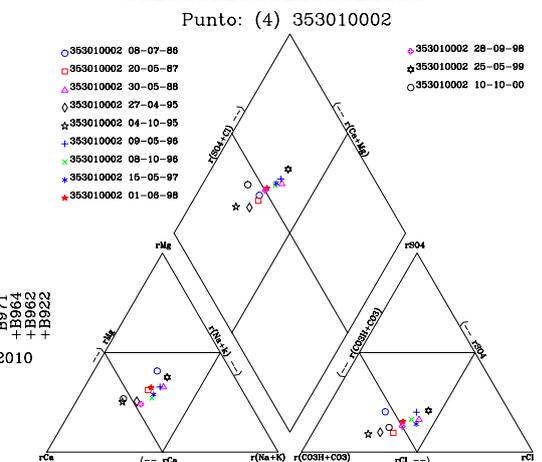
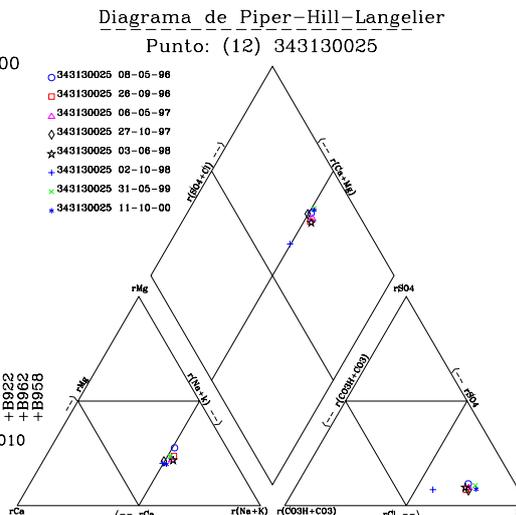
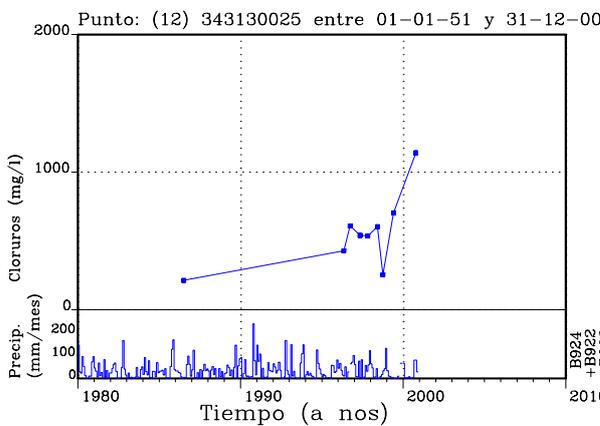
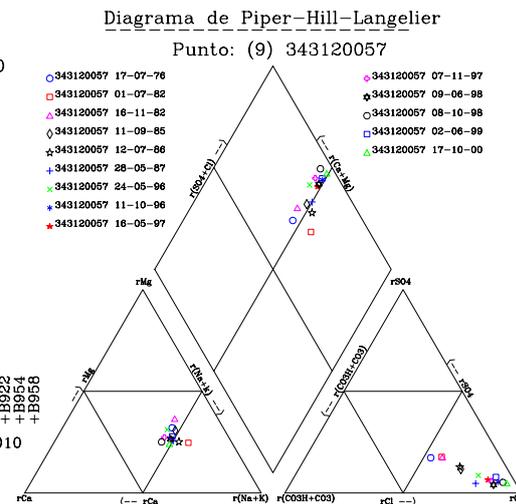
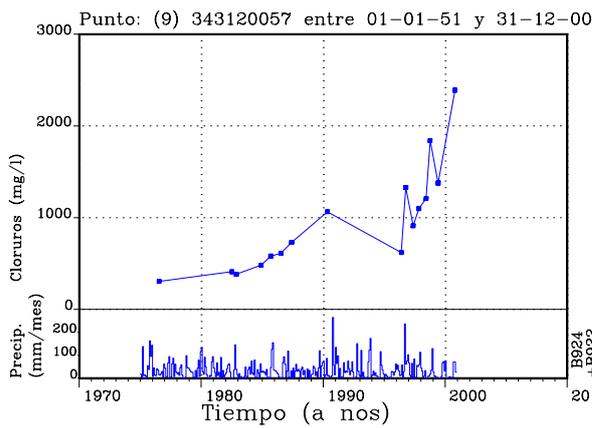
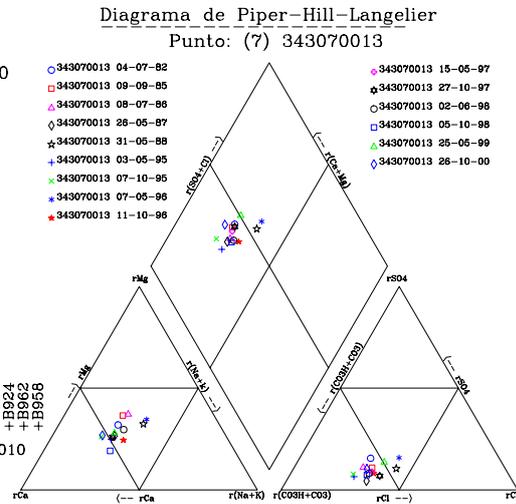
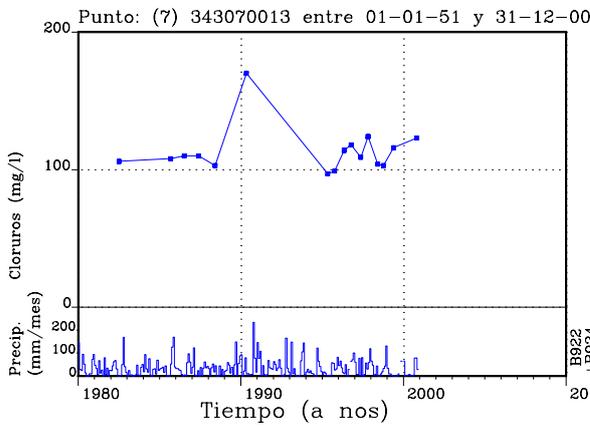


Diagrama de Piper-Hill-Langelier



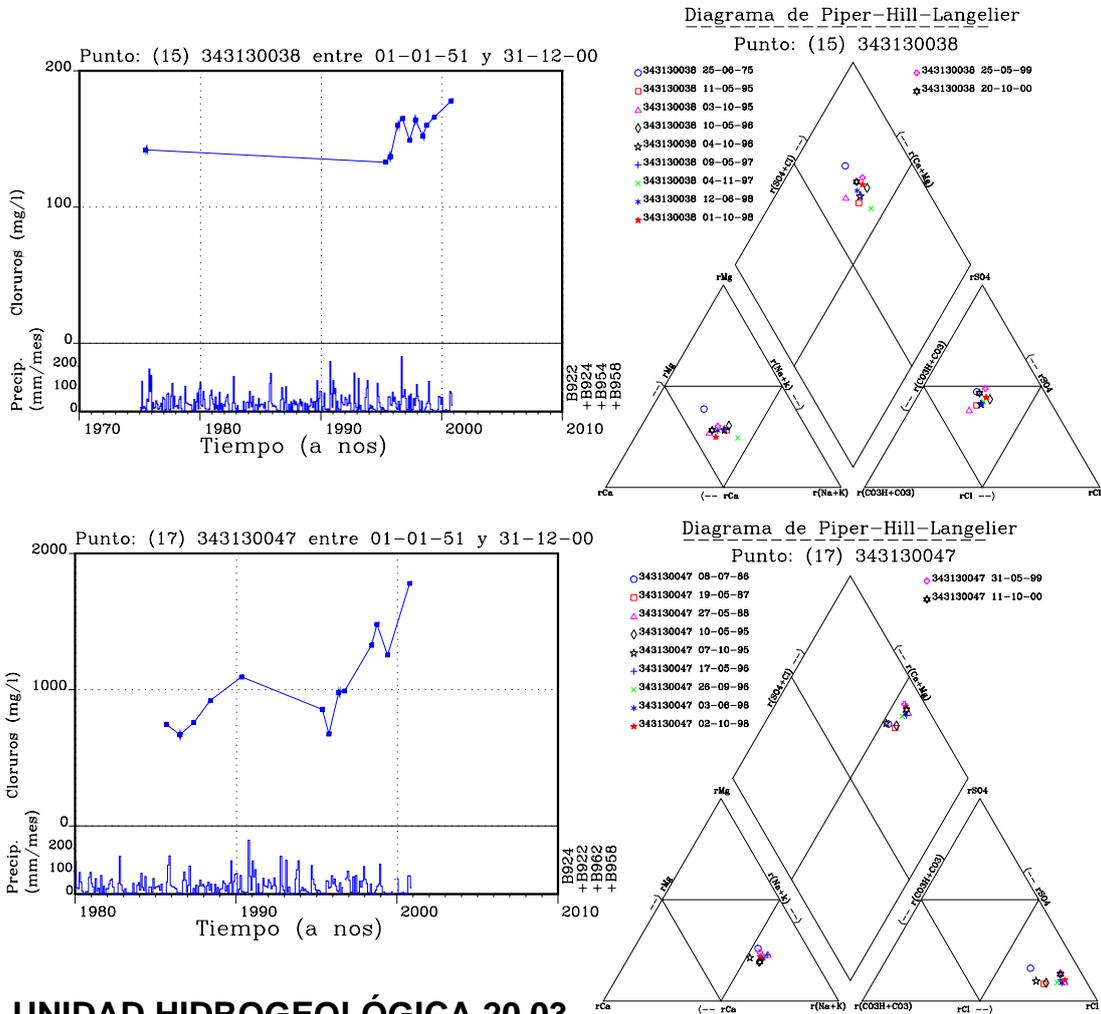
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02

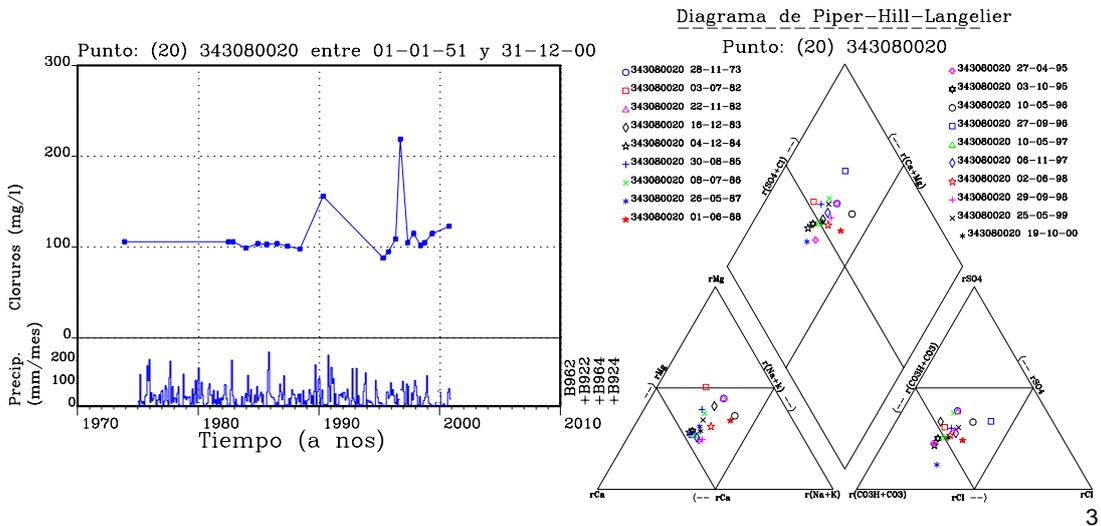


DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.02 (continuación)



UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.03 (continuación)

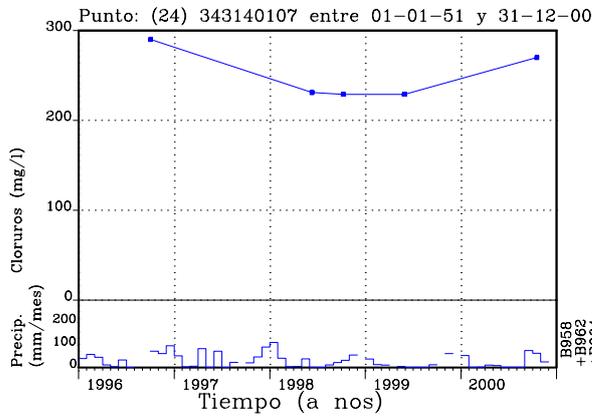


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

Punto: (24) 343140107

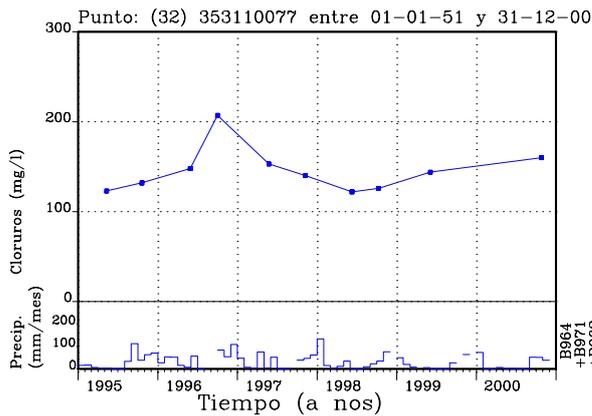
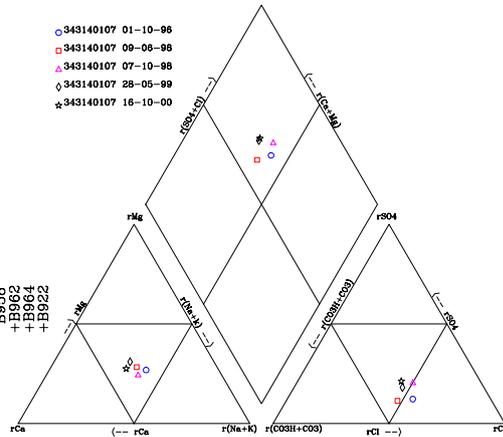


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

Punto: (32) 353110077

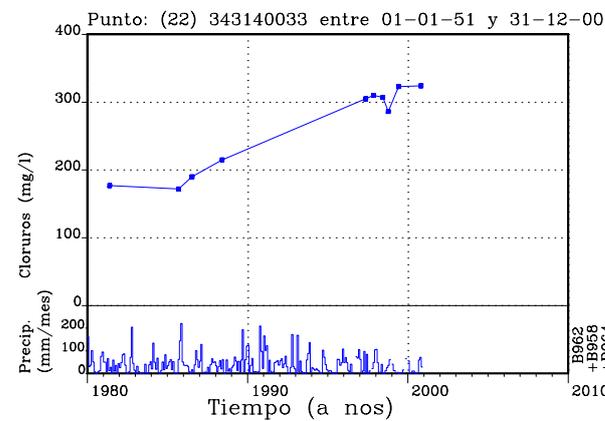
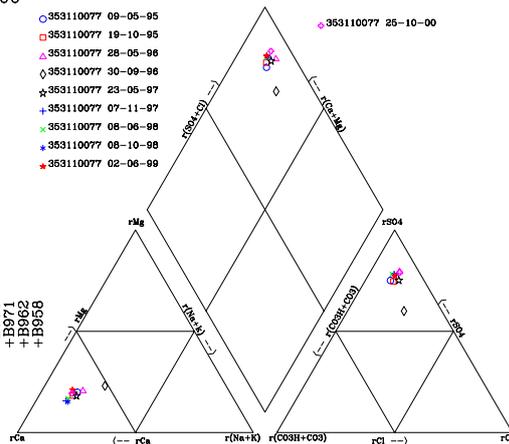
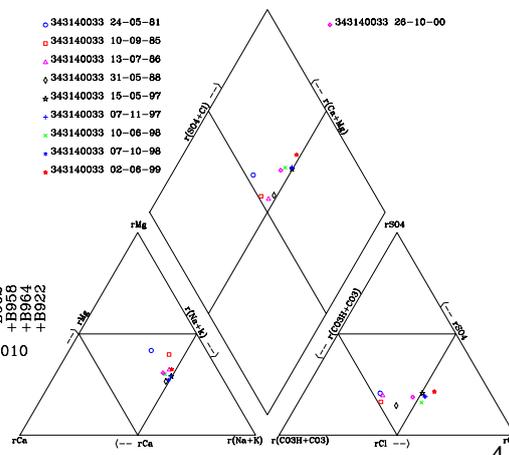


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

Punto: (22) 343140033



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.04

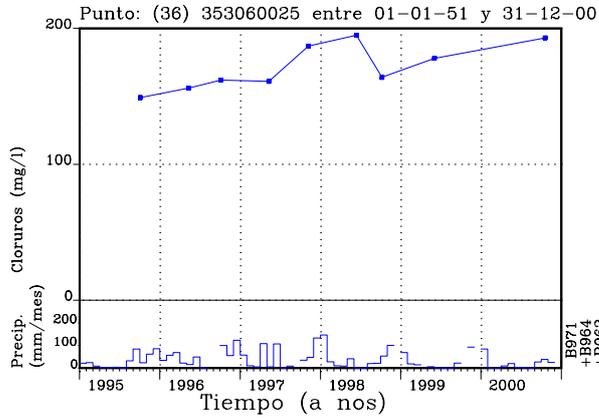


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: (36) 353060025

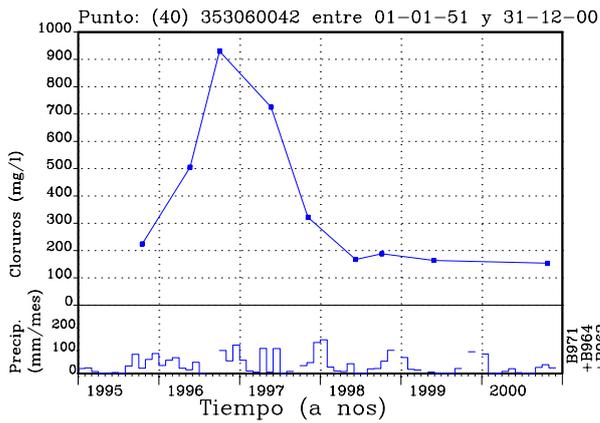
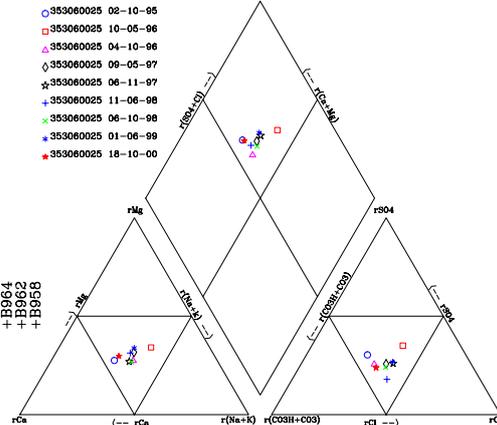
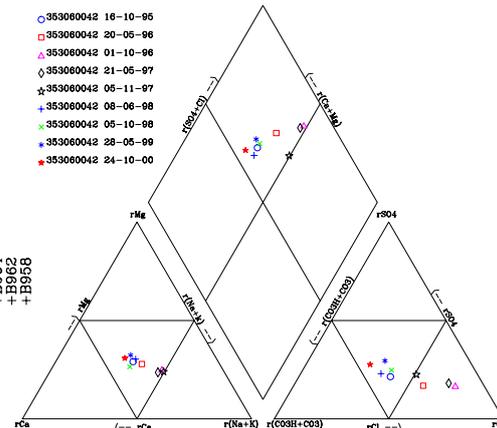


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: (40) 353060042



UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.05

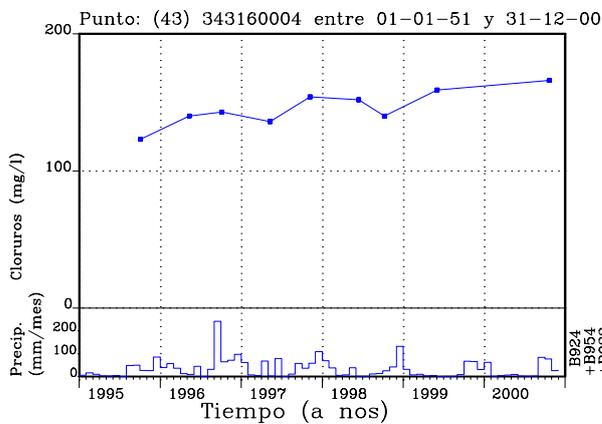
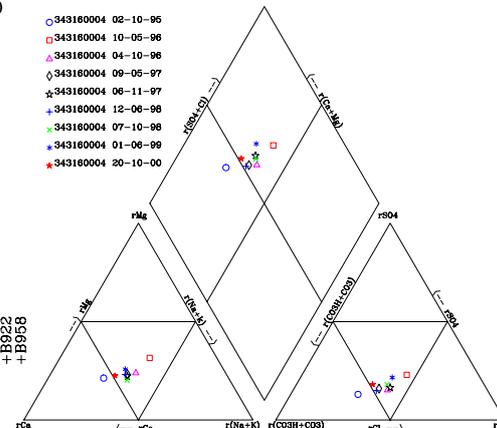


Diagrama de Piper-Hill-Langelier
Punto: (43) 343160004



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.06

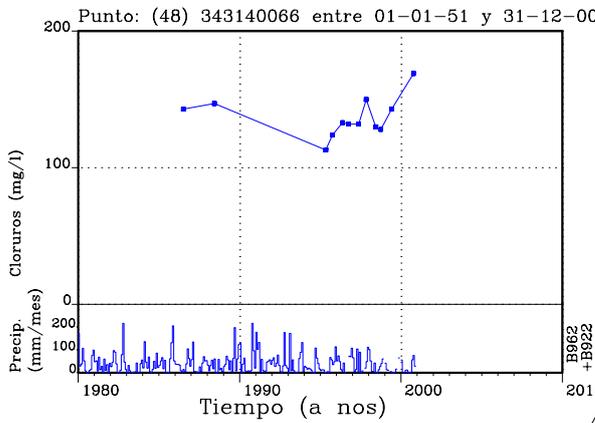


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

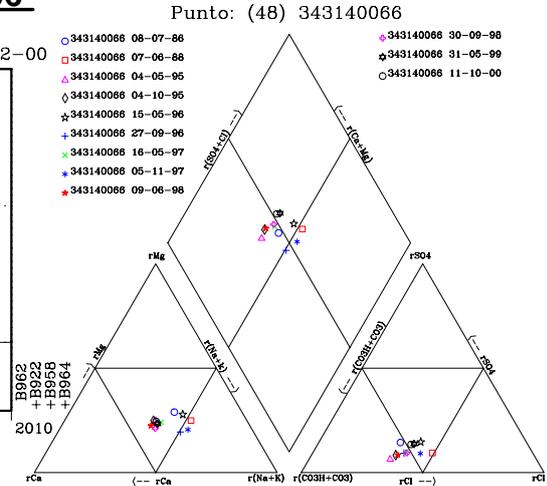


Diagrama de Piper-Hill-Langelier

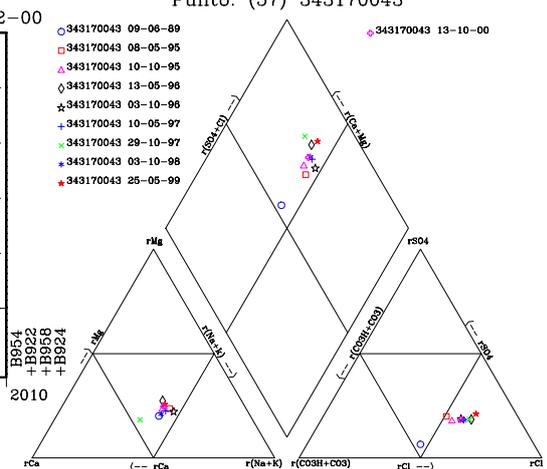
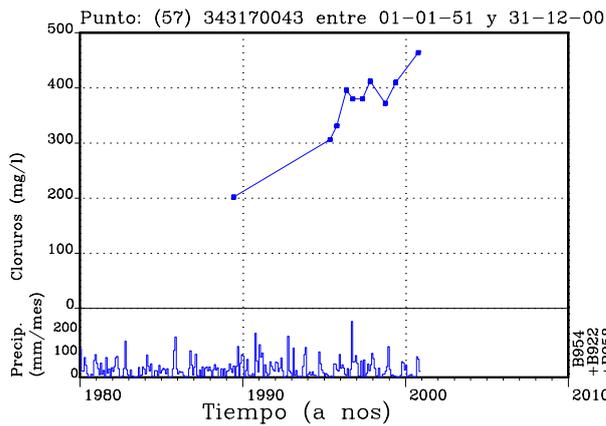
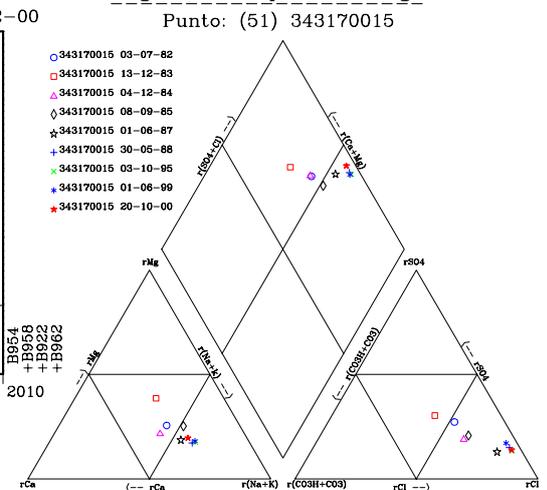
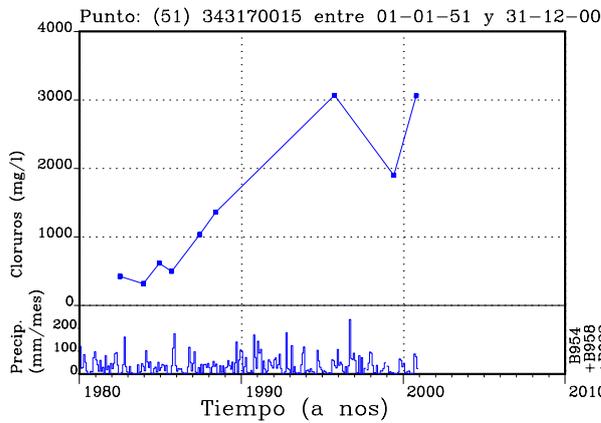


Diagrama de Piper-Hill-Langelier



DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 20.06 (continuación)

