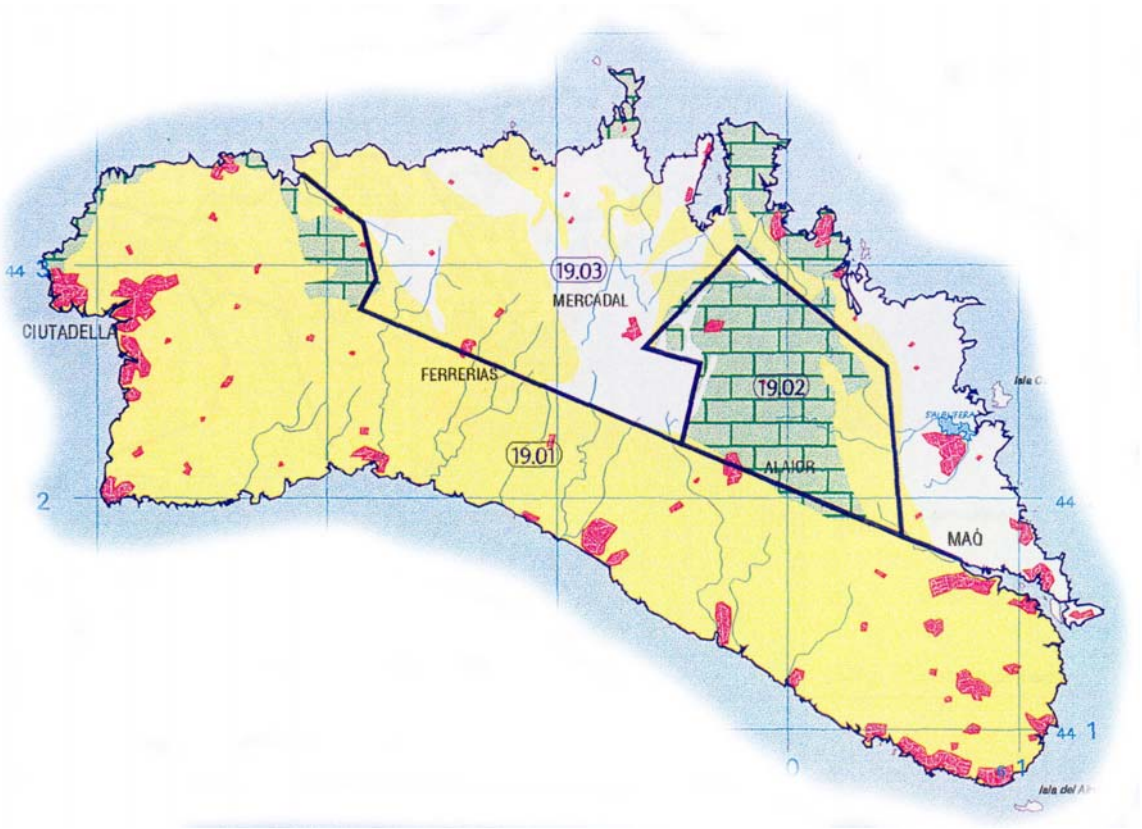
GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics

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 Mª López García
Dña. Rosa Mª 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.

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 km^2, 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 biocalcarenitas 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 km^2, 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 hm^3 anuales. Las extracciones por bombeos para abastecimiento y regadío se estiman en 21,1 hm^3 anuales, y en 1,5 hm^3 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 km^2, 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 km^2 de afloramientos permeables, más un pequeño aporte vestigial correspondiente a los retornos de riego, estimándose un total de 3,7 hm^3 anuales. Las extracciones por bombeo para abastecimiento y regadío se cifran en 0,7 hm^3/año, quedando 3 hm^3 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 km^2 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

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 km^2, estimándose en un volumen anual de 1,6 hm^3, 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 hm^3/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 limnígrafos 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 Santandría. 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 µS/cm en toda la unidad, y valores entre 3.000 y 4.000 µS/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 µS/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 µS/cm en la unidad, que se ven alterados por la presencia del punto afectado por sulfatos, donde se superan los 4.500 µS/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 µS/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 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 Trías, 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

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**

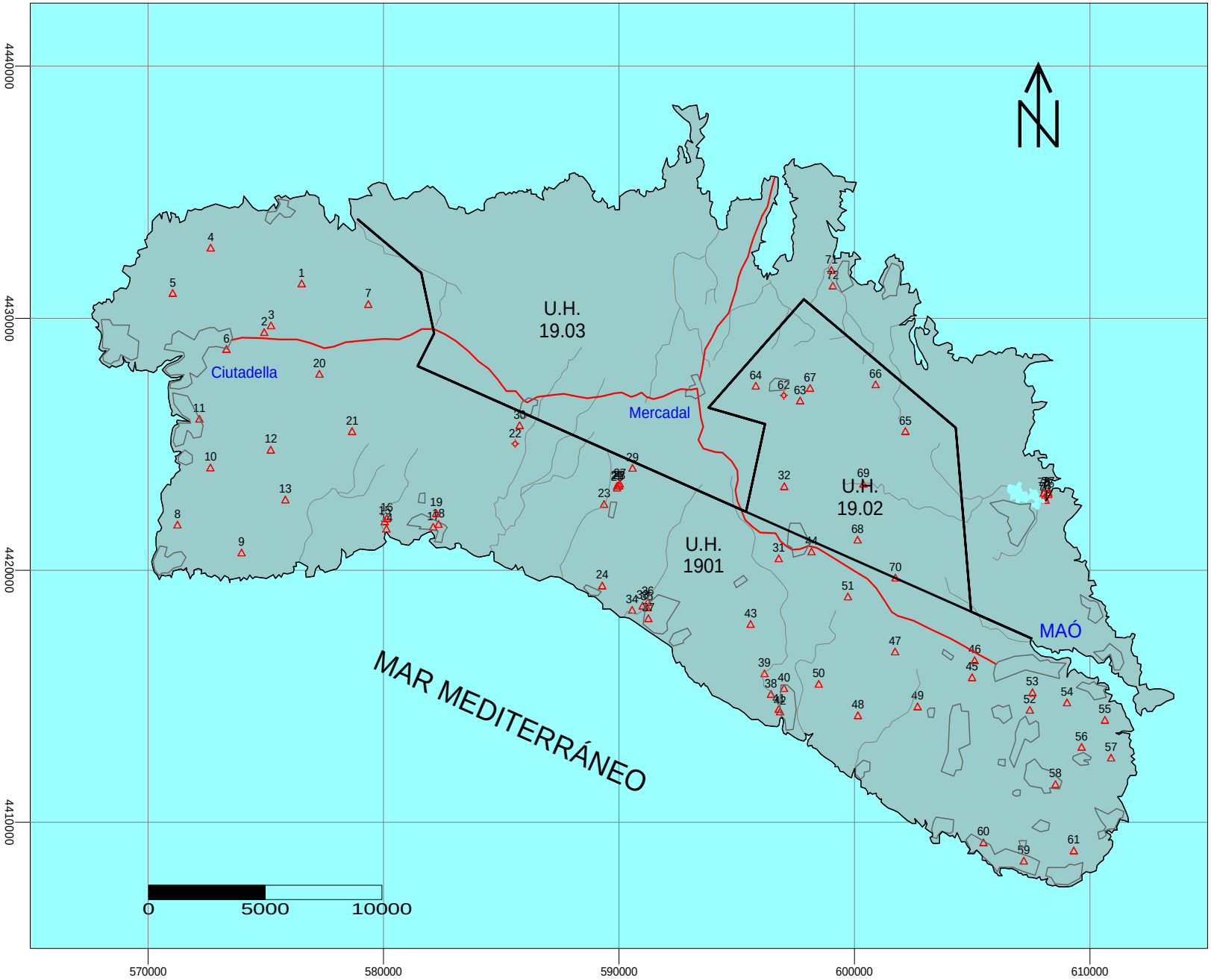
GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics

Instituto Geológico
y Minero de España

TABLA I. RED DE CONTROL PIEZOMETRICO MENORCA (MAYO 2.000)				
N° ID	NOMBRE IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM
1	Binigarfill	19,01	576524	4431387
2	3 Es Caragoli	19,01	574935	4429452
3	13 Es Caragoli	19,01	575224	4429721
4	15 Son Bernardi	19,01	572661	4432805
5	14 Son Salomó	19,01	571047	4431003
6	7 Matadero	19,01	573327	4428783
7	27 Son Planas	19,01	579350	4430565
8	11 Son Oliaret	19,01	571247	4421815
9	16 Son Vell	19,01	573971	4420710
10	9 Pare Ia Vell	19,01	572648	4424083
11	17 Es Pilaret	19,01	572179	4426015
12	18 San Juan de Missa	19,01	575211	4424786
13	Son Atcha	19,01	575831	4422808
14	24 Macarella	19,01	580123	4421655
15	25 Macarella	19,01	580052	4421943
16	26 Macarella	19,01	580142	4422065
17	22 Cala Galdana	19,01	582111	4421727
18	23 Cala Galdana	19,01	582336	4421842
19	19 Cala Galdana	19,01	582234	4422276
20	Binigaiba	19,01	577279	4427798
21	28 Bella Ventura	19,01	578665	4425525
22		19,01	585590	4425020
23	2 Ajuntament	19,01	589366	4422631
24	7 Sant Tomas	19,01	589285	4419396
25	1 Federico Moll	19,01	589918	4423285
26	9 Son Xorda	19,01	589918	4423356
27	10 Son Xorda	19,01	590032	4423446
28	11 Son Xorda	19,01	590008	4423360
29	5 Fort Rodones	19,01	590575	4424065
30	2 Son Telin	19,01	585781	4425762
31	18 Depuradora	19,01	596784	4420476
32	29 Sant Tomas	19,01	597019	4423340
33	24 Ses Canessies	19,01	591005	4418600
34	25 Son Benet	19,01	590555	4418435
35	8 Torre Soll	19,01	591182	4418537
36	23 Ses Canessies	19,01	591225	4418752
37	9 Torre Soll	19,01	591248	4418101
38	21 Hort Rosselb	19,01	596451	4415097
39	22 Hort Tinoner	19,01	596178	4415915
40	6 Cala'n Porter	19,01	597011	4415332
41	19 Cala'n Porter	19,01	596785	4414508
42	20 Cala'n Porter	19,01	596842	4414403
43	27 Torre de n Gaumes	19,01	595590	4417874
44	4 La Trotta	19,01	598178	4420753
45	6 Turó Amagat	19,01	604994	4415761
46	3 Millars	19,01	605104	4416433
47	18 Morple	19,01	601726	4416783
48	19 Bini Calaf	19,01	600148	4414251
49	20 Depu. Sant Climent	19,01	602683	4414604
50	7 Son Domiget	19,01	598485	4415501
51	26 Torraba de n Salort	19,01	599722	4418962
52	1 Malbiguer	19,01	607449	4414468
53	16 Malbiguer	19,01	607560	4415164
54	1 Trepico	19,01	609029	4414763
55	2 Torre Nova	19,01	610635	4414071
56	3 Toraka nou	19,01	609645	4412999
57	4 Binissakia de sa creu	19,01	610899	4412572
58	5 Depuradora	19,01	608536	4411521
59	9 Binibeguer	19,01	607193	4408484
60	7 Binibeguer	19,01	605476	4409212
61	11 Sant Domingo	19,01	609315	4408890
62		19,02	597000	4426938
63	9 Sa Roca	19,02	597692	4426739
64	1 L'Enzell	19,02	595811	4427325
65	30 Binimasoc	19,02	602164	4425529
66	28 Binifabini	19,02	600900	4427381
67	8 Sa Roca	19,02	598115	4427241
68	31 Bella Ventura	19,02	600131	4421217
69	32 Santa Barbara	19,02	600374	4423432
70	33 Santa Rosa de Lima	19,02	601744	4419716
71	6 Son Parc	19,03	599026	4431916
72	7 Son Parc	19,03	599082	4431301
73	12 Abrevadero des Grau	19,03	608112	4422797
74	13 Abrevadero des Grau	19,03	608073	4422908
75	14 Abrevadero des Grau	19,03	608046	4423078
76	9 Platja des Grau	19,03	608235	4423023
77	11 Platja des Grau	19,03	608238	4423096

TABLA II. RED DE CONTROL DE CALIDAD MENORCA (MAYO 2.000)				
N° ID	NOMBRE IGME/DGRH	UH	X UTM	Y UTM
1	412480001	19,01	568296	4428967
2	412480004	19,01	569474	4428480
3	412480005	19,01	569422	4428584
4	412480008	19,01	569406	4429579
5	412480009	19,01	569360	4429371
6	412480011	19,01	568470	4429540
7	422450002	19,01	574662	4429521
8	422450004	19,01	569536	4428741
9	422450005	19,01	576513	4433470
10	422450006	19,01	574040	4429918
11	422450007	19,01	575608	4428749
12	422450009	19,01	576267	4431532
13	422450013	19,01	574943	4429250
14	422450015	19,01	575061	4429646
15	422450016	19,01	575515	4429541
16	422450018	19,01	574876	4429318
17	422450021	19,01	573782	4431047
18	422450026	19,01	569980	4429280
19	422450027	19,01	569880	4429220
20	422510005	19,01	574981	4424429
21	422510006	19,01	574486	4421855
22	422510011	19,01	573762	4426225
23	422510013	19,01	576208	4422733
24	422510014	19,01	572796	4425421
25	422510022	19,01	572865	4421009
26	422510029	19,01	575140	4422130
27	422530030	19,01	584837	4422703
28	422530033	19,01	589842	4423329
29	422530035	19,01	585707	4425730
30	422530037	19,01	589830	4423570
31	422530039	19,01	585533	4425281
32	422530048	19,01	589420	4423140
33	422530049	19,01	585630	4425130
34	422540005	19,01	591856	4423263
35	422540006	19,01	595512	4421839
36	422570001	19,01	590690	4418430
37	422580001	19,01	592254	4417211
38	422580006	19,01	595500	4417690
39	422580007	19,01	596904	4415265
40	432550004	19,01	602164	4410719
41	432550005	19,01	602020	4414283
42	432550013	19,01	604913	4415796
43	432550081	19,01	603439	4414198
44	432550087	19,01	603610	4411030
45	432560001	19,01	607451	4411998
46	432560003	19,01	610971	4414503
47	432560004	19,01	610713	4414071
48	432560006	19,01	608960	4412442
49	432560008	19,01	607415	4415263
50	432560009	19,01	607848	4413676
51	432560011	19,01	606438	4416286
52	432560017	19,01	606199	4416454
53	432560018	19,01	610042	4414823
54	432560020	19,01	605261	4415316
55	432560022	19,01	606506	4414525
56	432560031	19,01	607074	4410347
57	432560037	19,01	606192	4417589
58	432560075	19,01	609104	4415055
59	432560112	19,01	610232	4410564
60	432560113	19,01	608913	4414648
61	432560114	19,01	609702	4415001
62	432560115	19,01	608638	4414598
63	432560136	19,01	607200	4411580
64	432610004	19,01	603292	4409572
65	432620001	19,01	606556	4408528
66	432620002	19,01	605614	4409350
67	432620005	19,01	608488	4409400
68	432620024	19,01	606130	4410030
69	432620028	19,01	607220	4409430
70	432550093	19,01	599650	4414850
71	432550094	19,01	599510	4414710
72	422540008	19,02	597768	4426622
73	432450005	19,02	598302	4428920
74	432510002	19,02	599004	4424894
75	432510007	19,02	603967	4424696
76	422530051	19,03	584300	4427440

SITUACIÓN DE LA RED DE PIEZOMETRÍA (mayo 2.000)

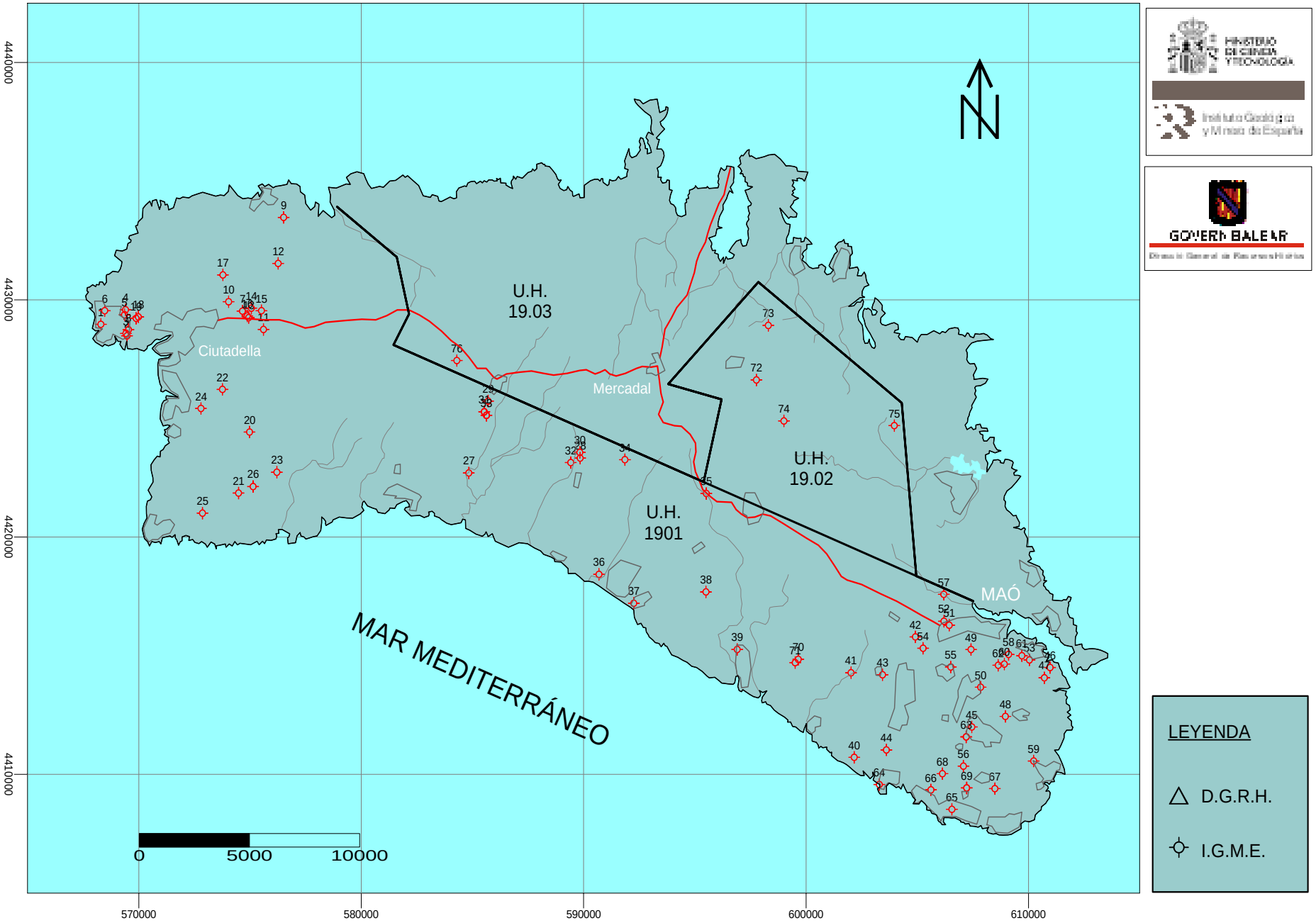


LEYENDA

△ D.G.R.H.

⊕ I.G.M.E.

SITUACIÓN DE LA RED DE CALIDAD (Mayo 2.000)



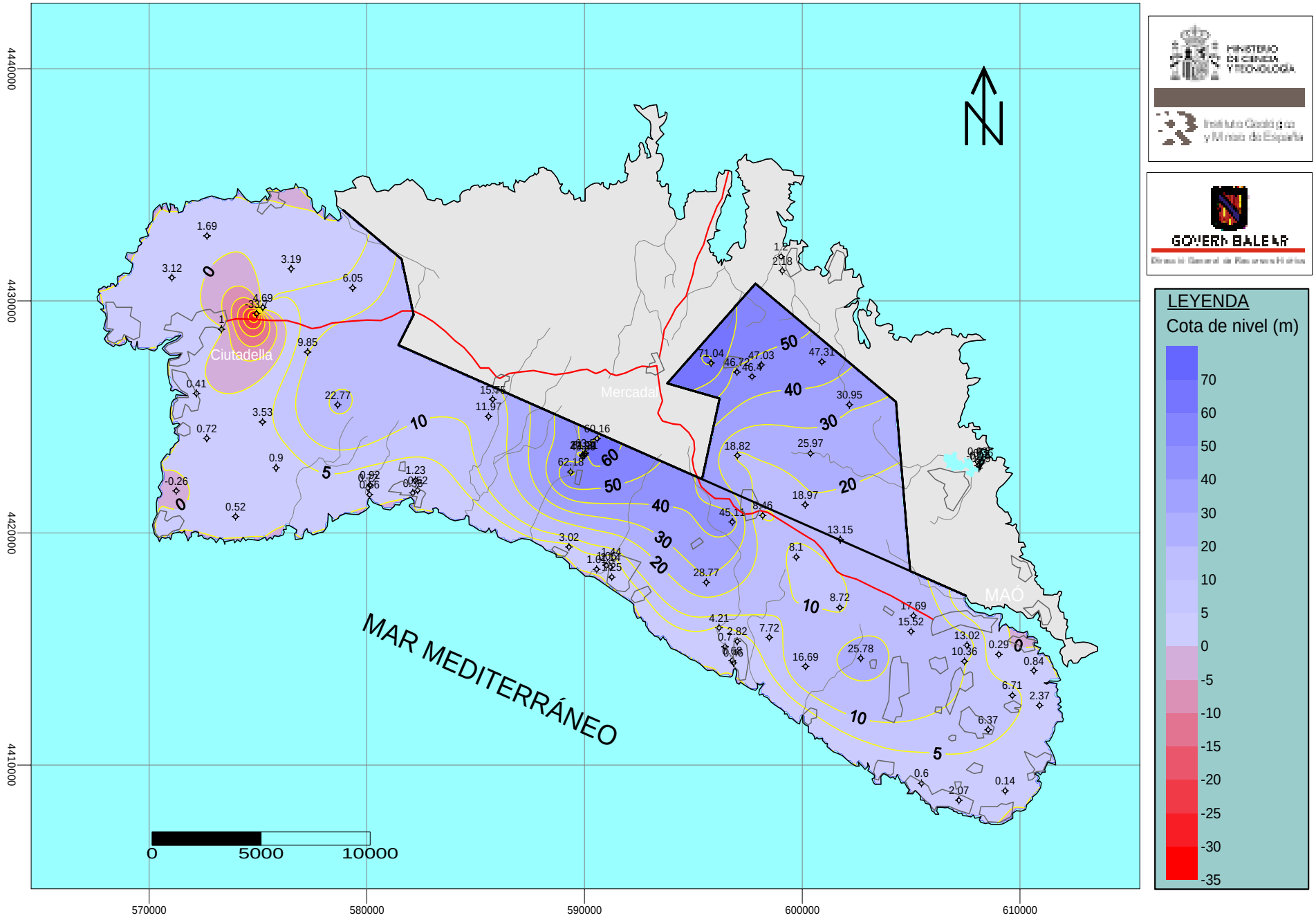
ANEXO II

- **Mapa de piezometría**

GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics

Instituto Geológico
y Minero de España

MAPA DE PIEZOMETRÍA (mayo 2.000)

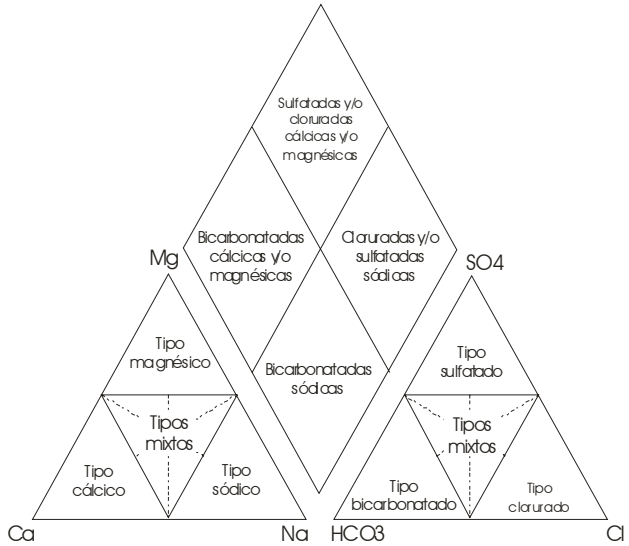


ANEXO III

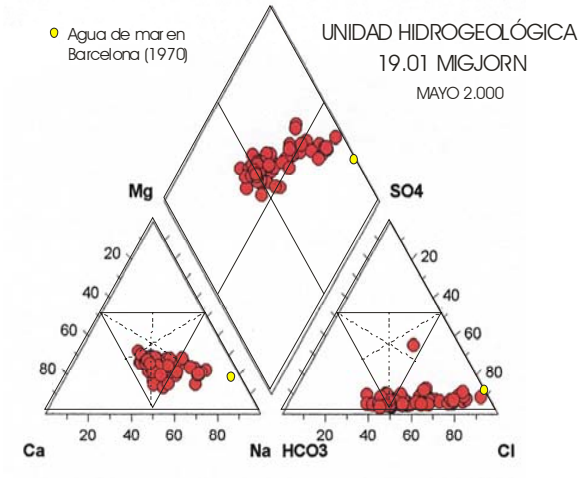
- **Diagramas de Piper (facies hidroquímica)**
- **Mapa de isoconductividad**
- **Mapa de isocloruros**
- **Mapa de isonitratos**
- **Mapa de isosulfatos**

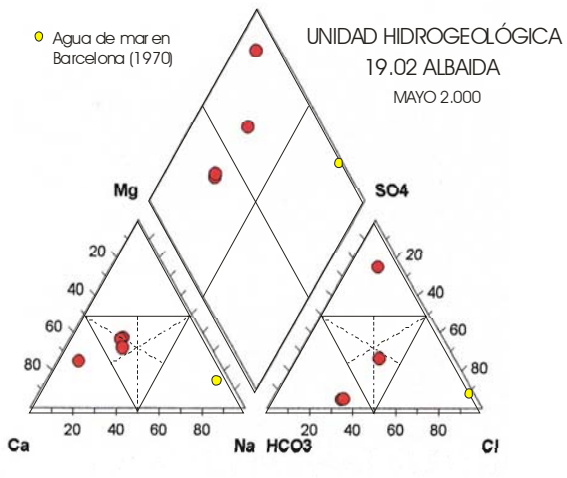
GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics

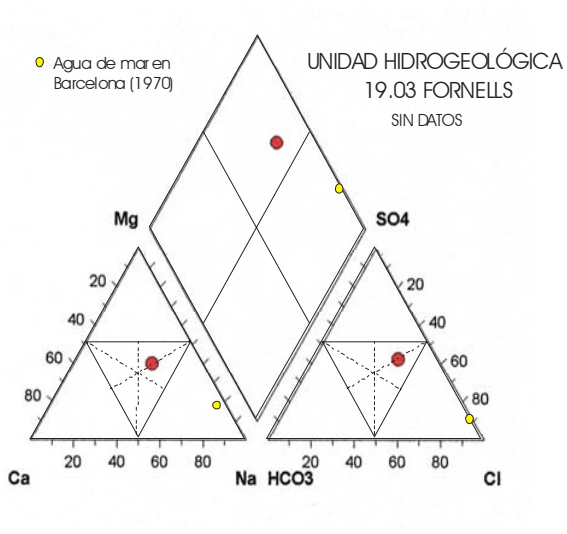
Instituto Geológico
y Minero de España



Tipos de aguas deducidas de un diagrama triangular de Piper

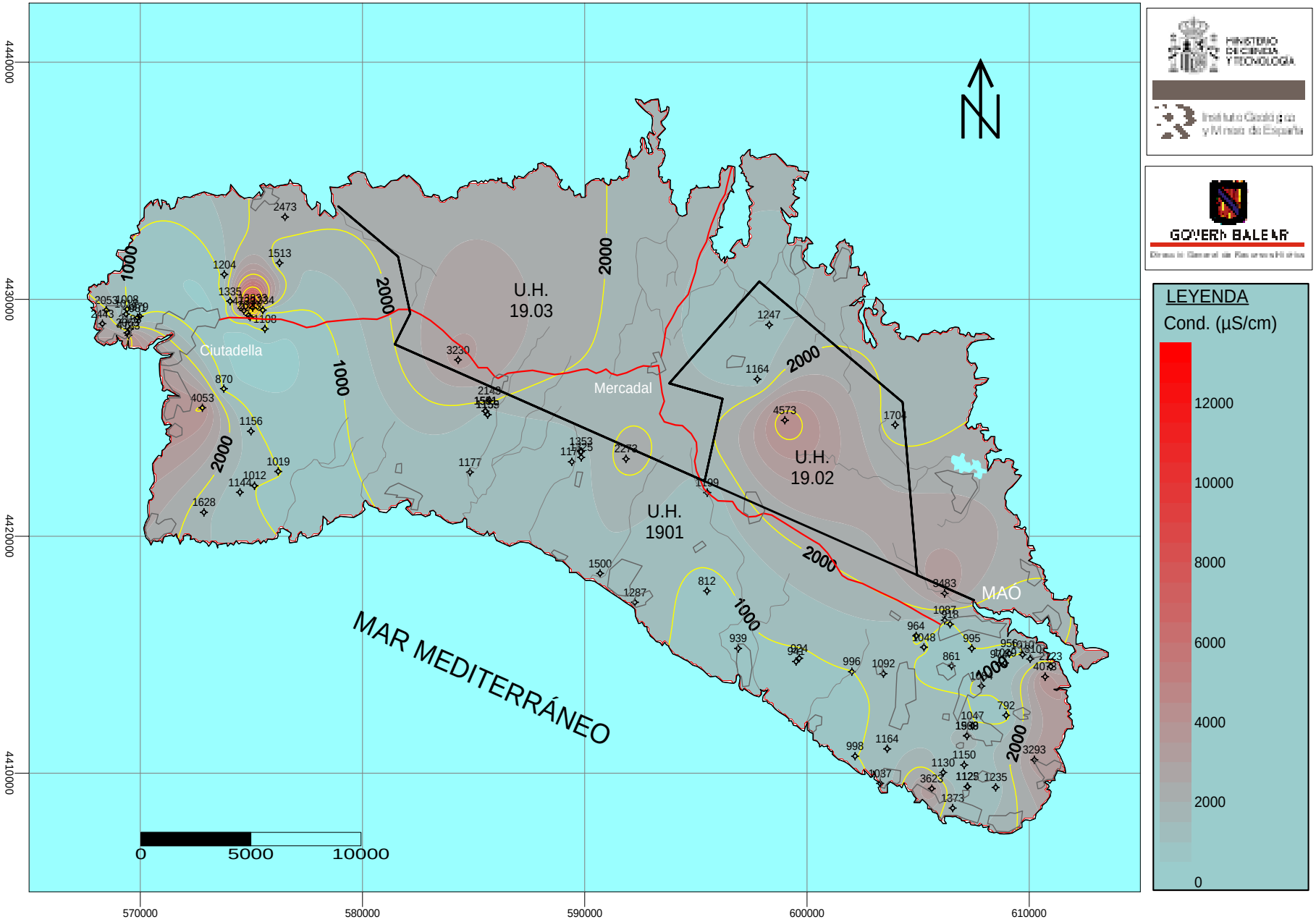




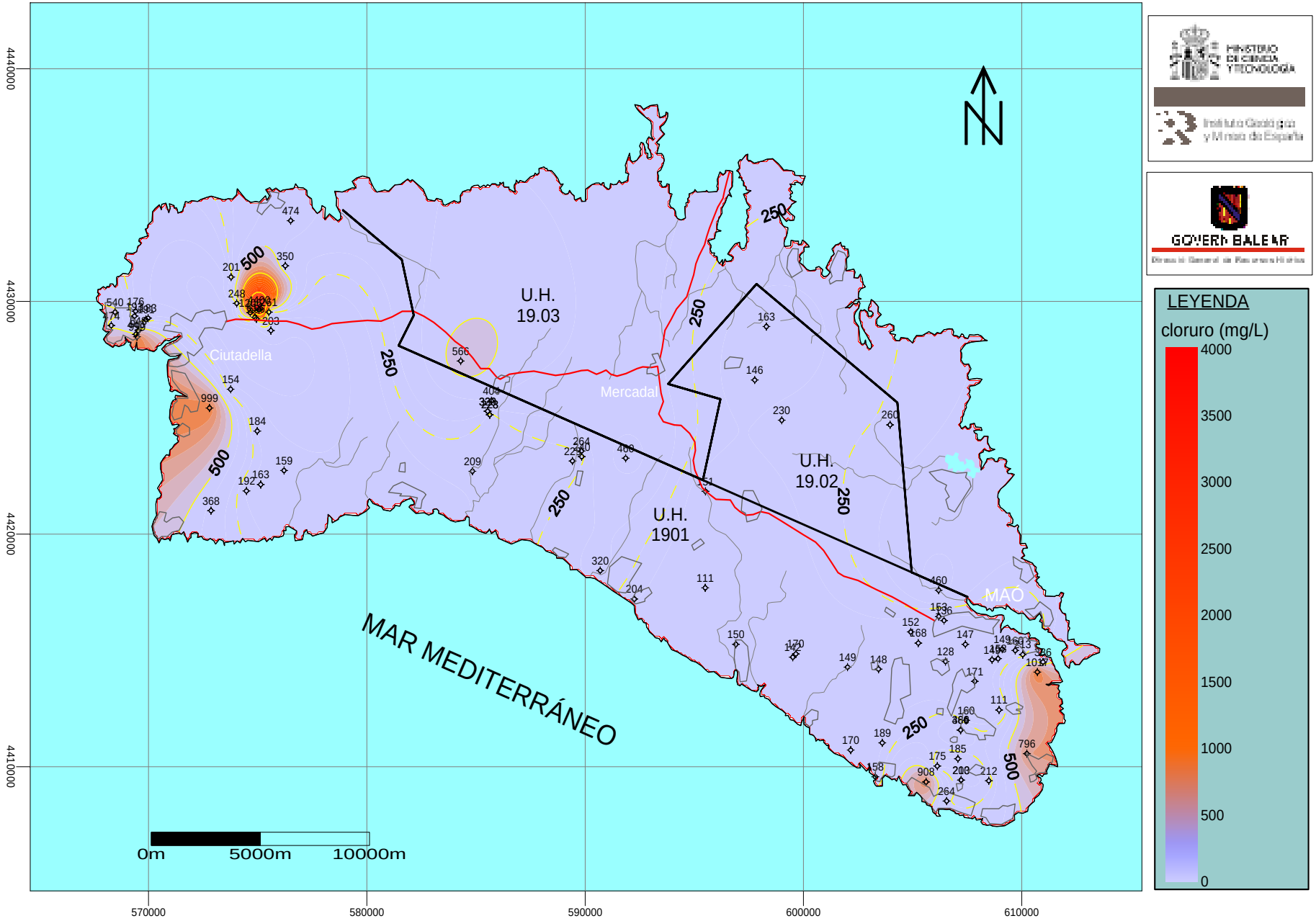


TIPOLOGÍA DE AGUAS DE MENORCA - AÑO 2.000. CLASIFICACIÓN DE PIPER

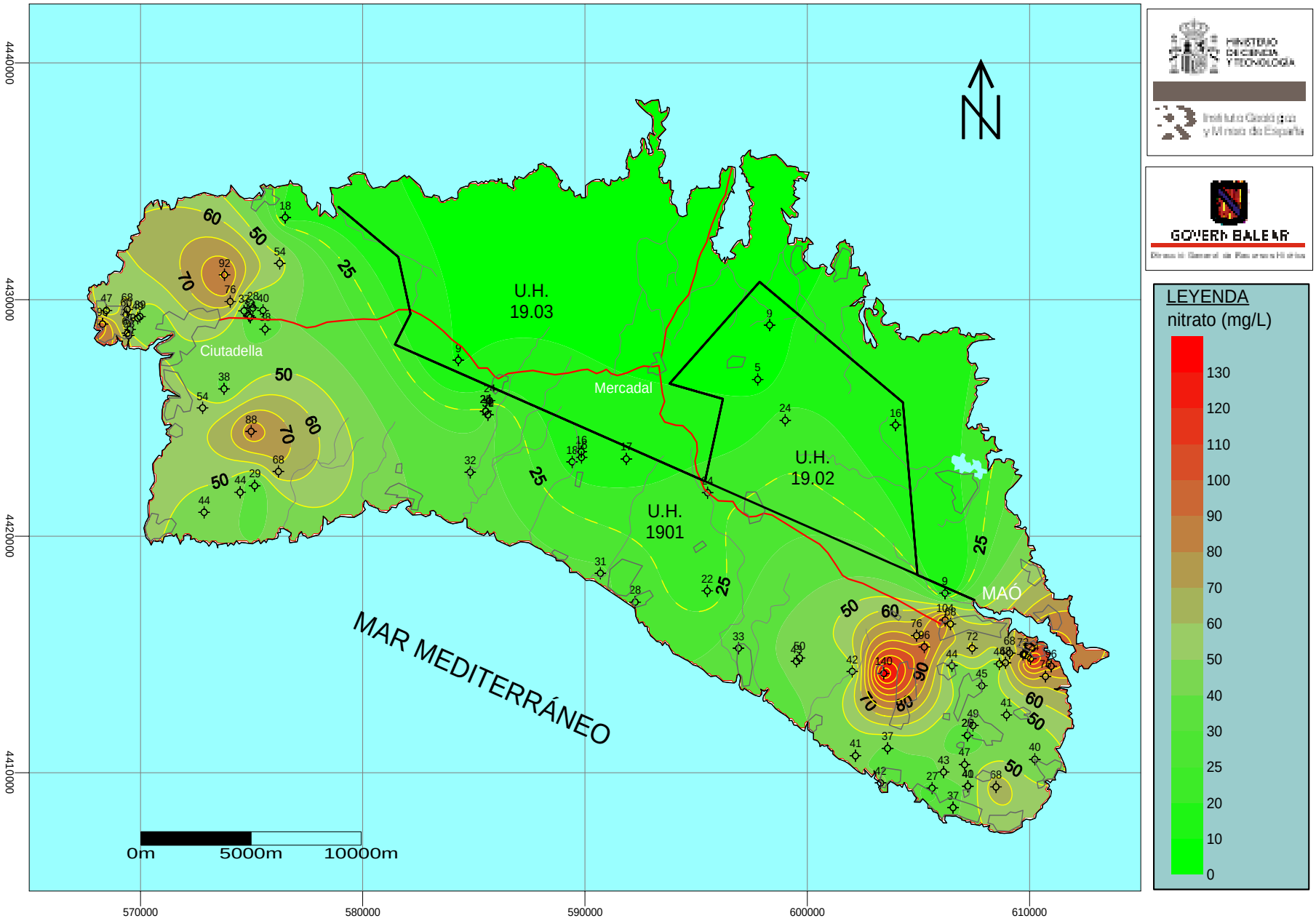
MAPA DE ISOCONDUCTIVIDAD (mayo 2.000)



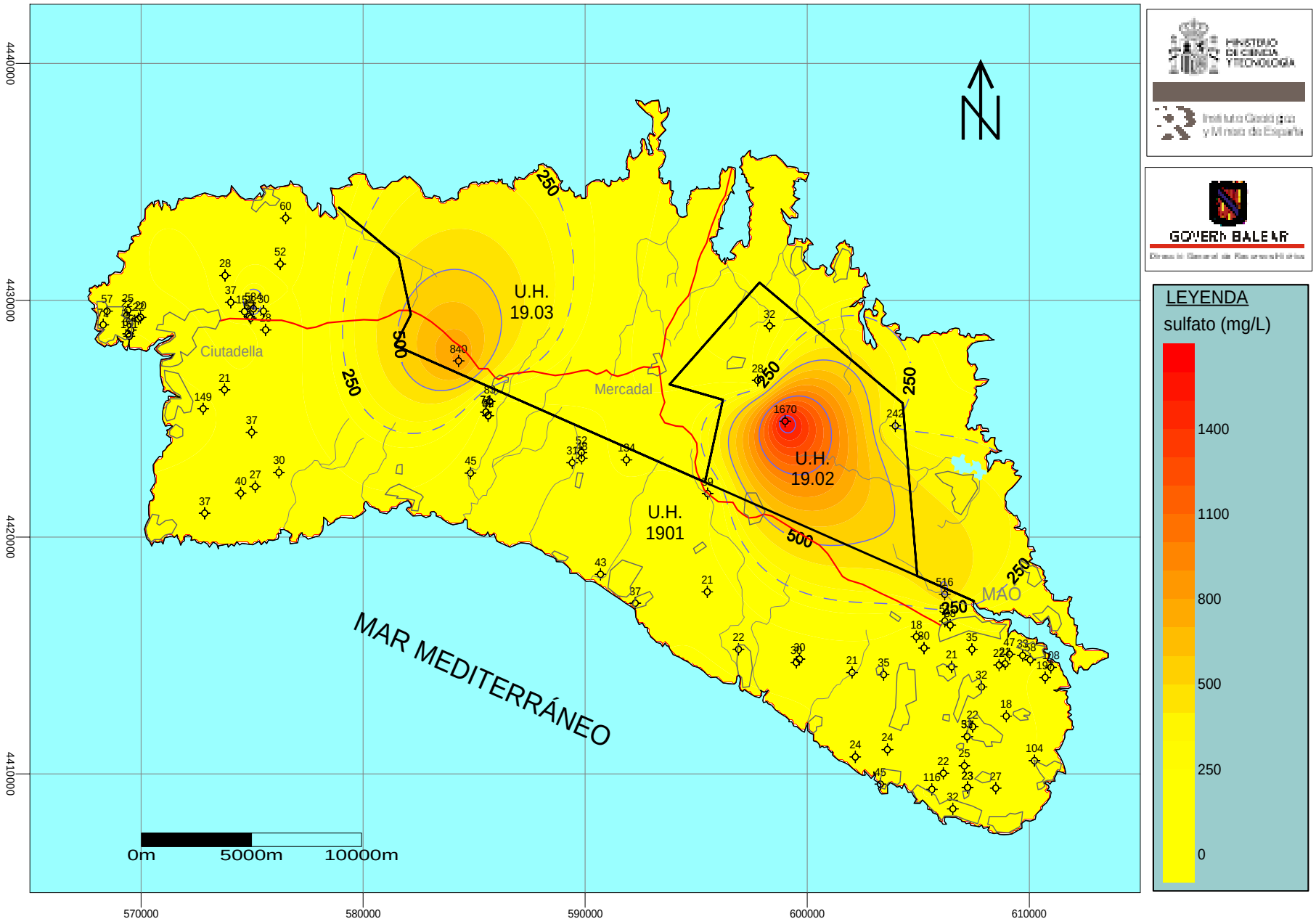
MAPA DE ISOCLORUROS (mayo 2.000)



MAPA DE ISONITRATOS (mayo 2.000)



MAPA DE ISOSULFATOS (mayo 2.000)



ANEXO IV

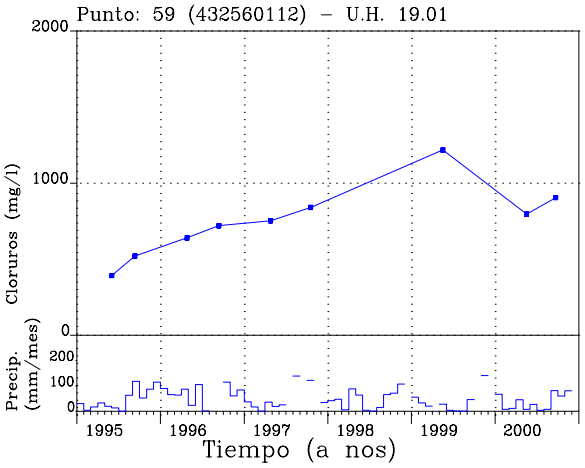
- **Diagramas de evolución hidrogeoquímica**

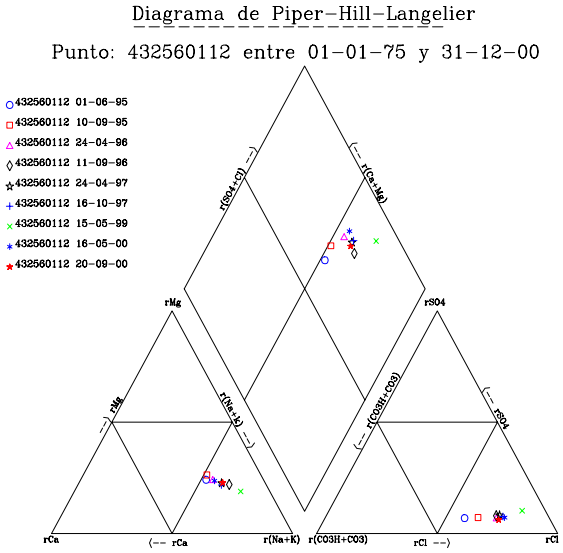
GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics

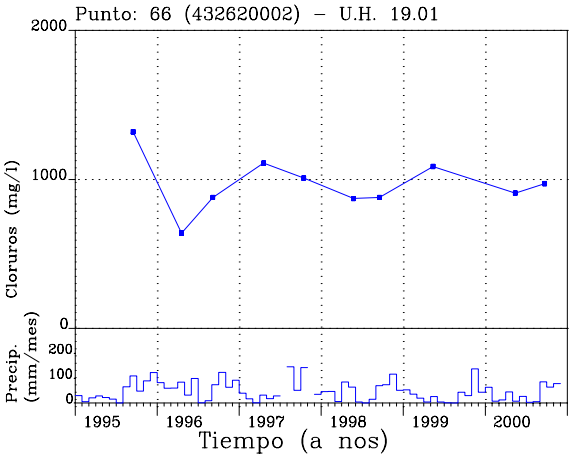
Instituto Geológico
y Minero de España

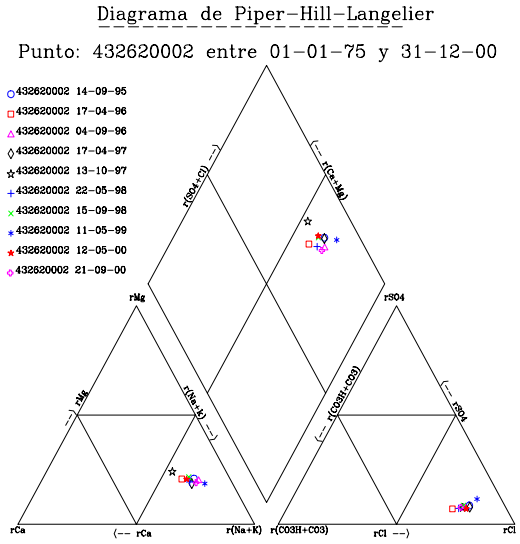
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

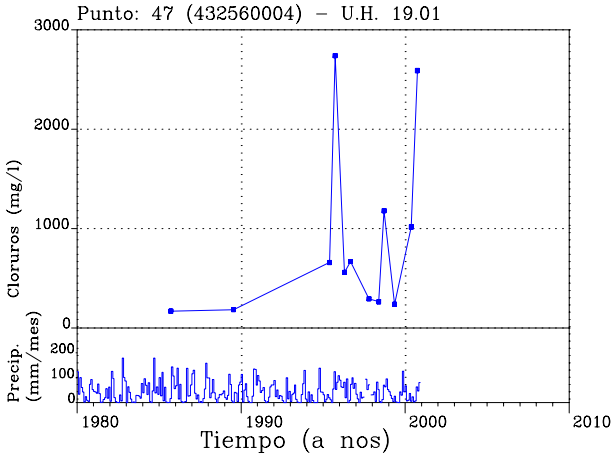
SECTOR ORIENTAL (MAÓ)

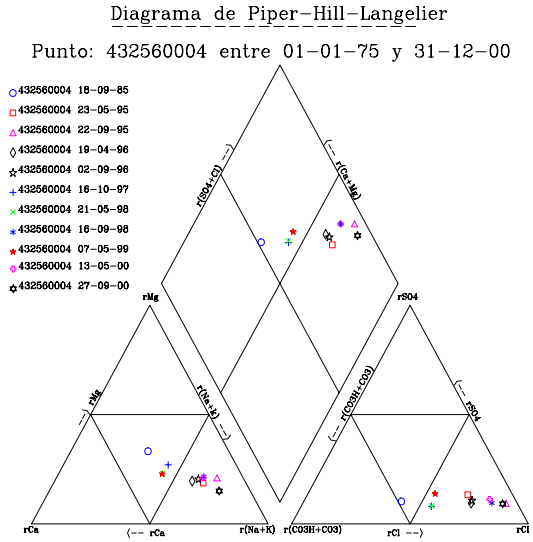






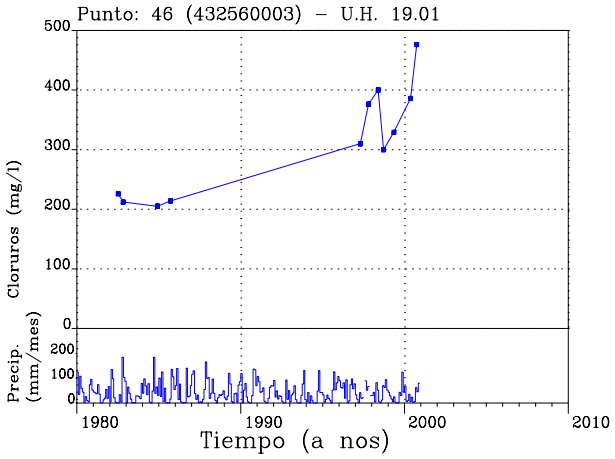


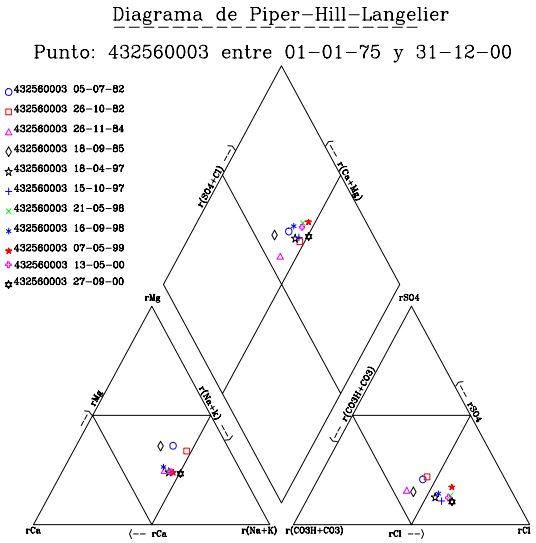


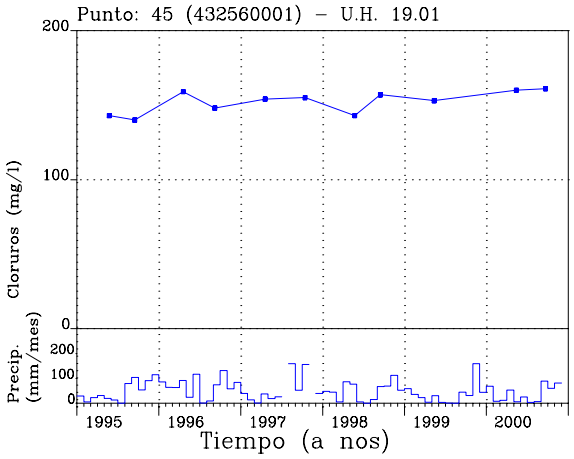


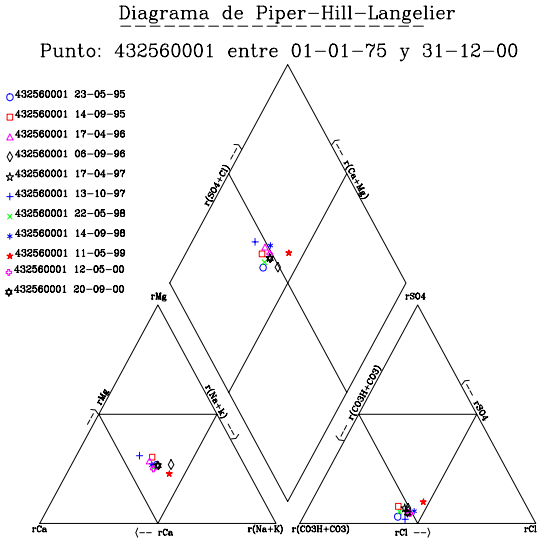
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

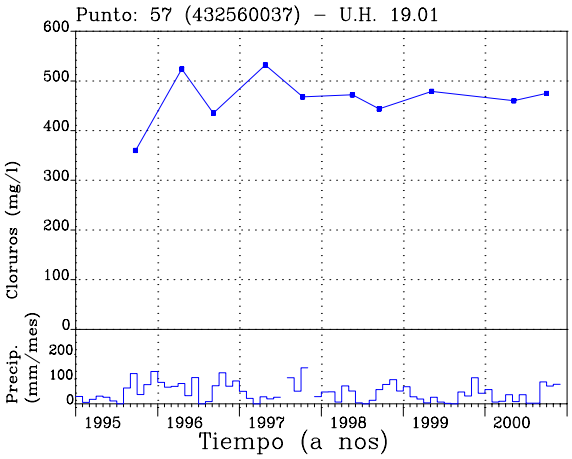
SECTOR ORIENTAL (MAÓ) (continuación)

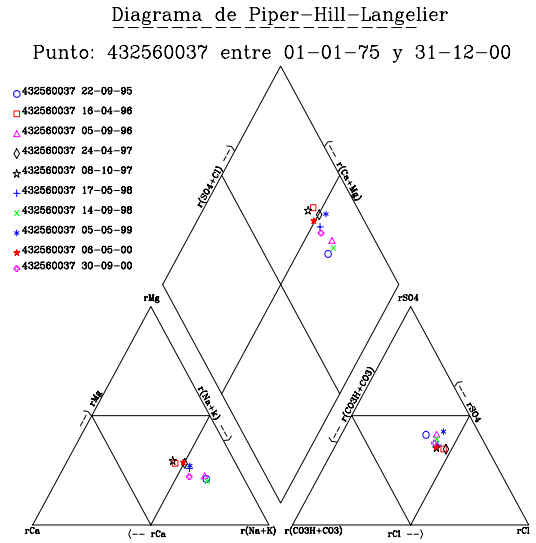






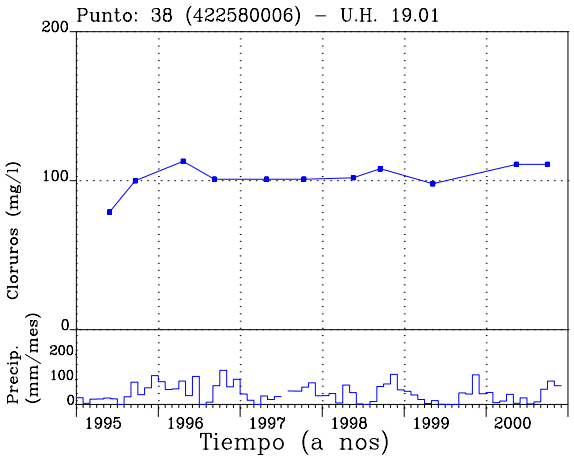


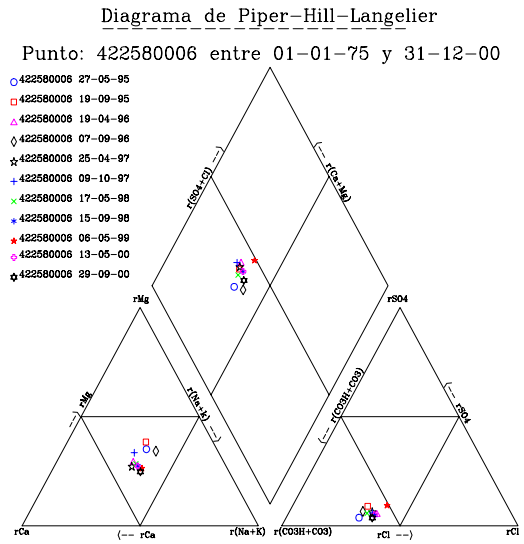


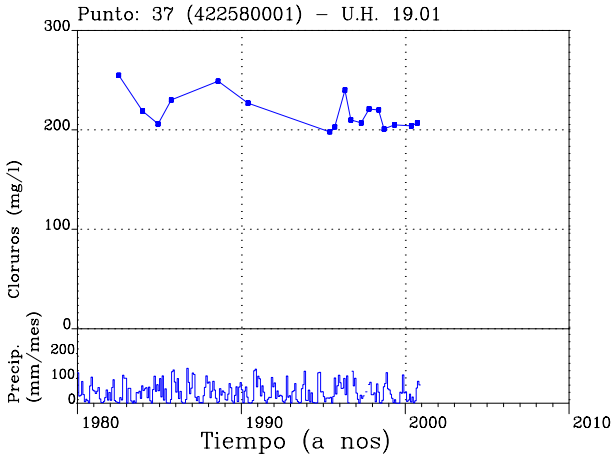


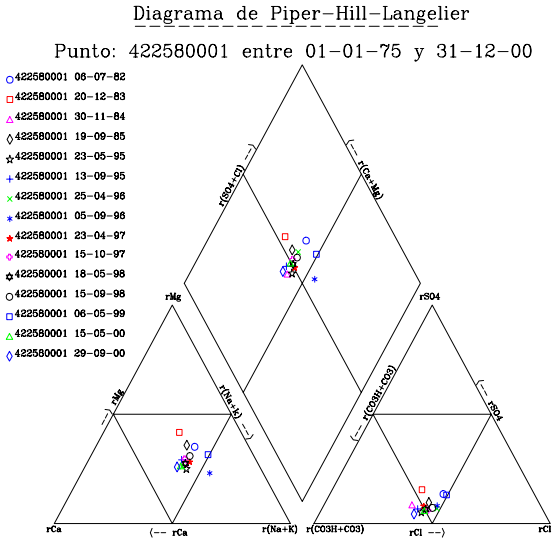
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

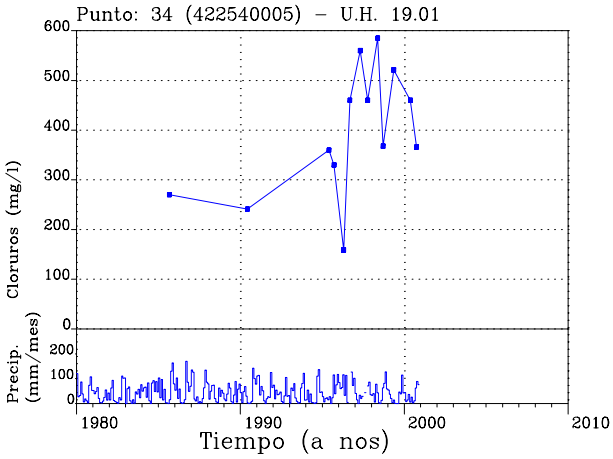
SECTOR CENTRAL (Es Migjorn Gran)

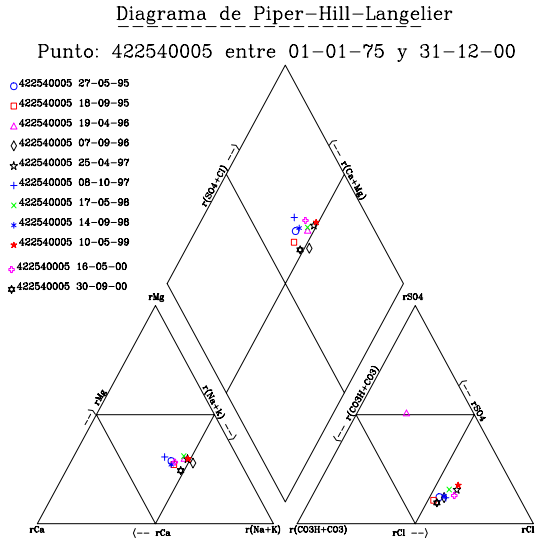






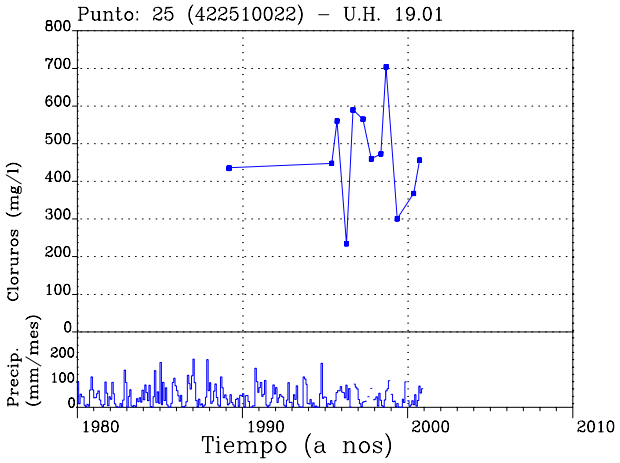


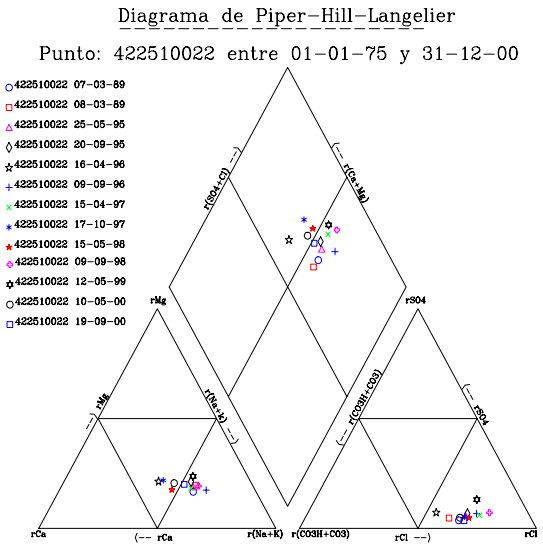


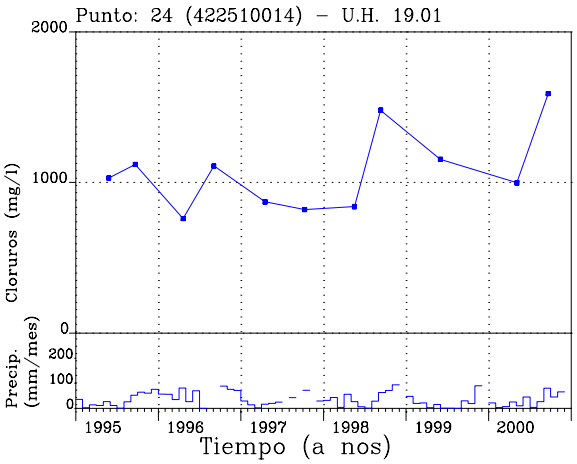


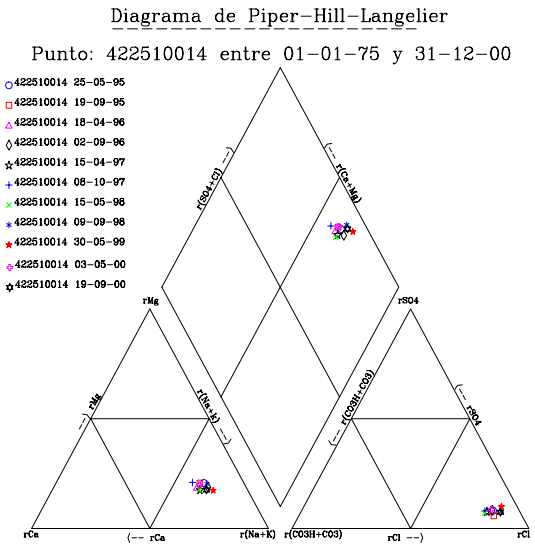
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

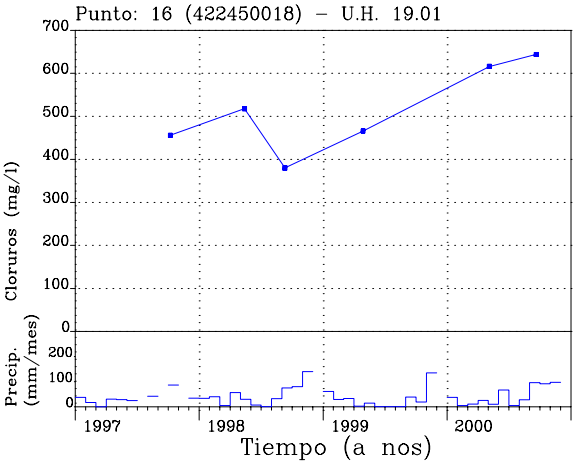
SECTOR OCCIDENTAL (Ciutadella)

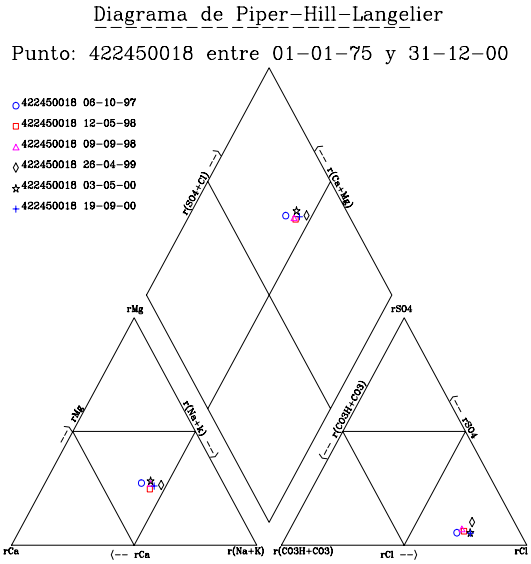






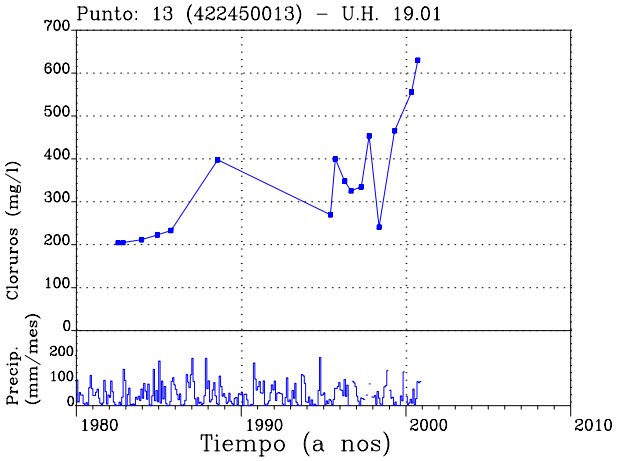


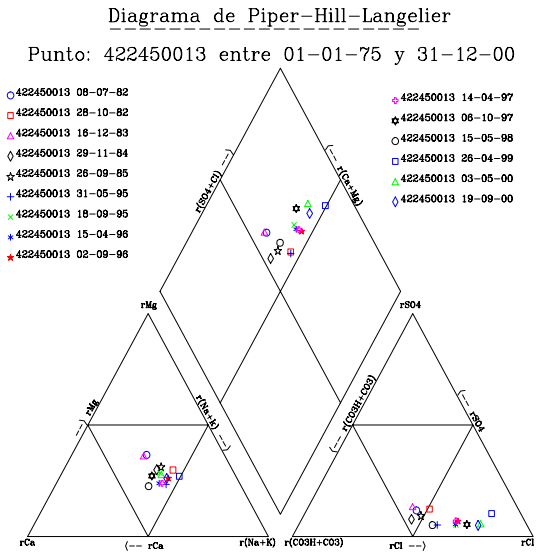


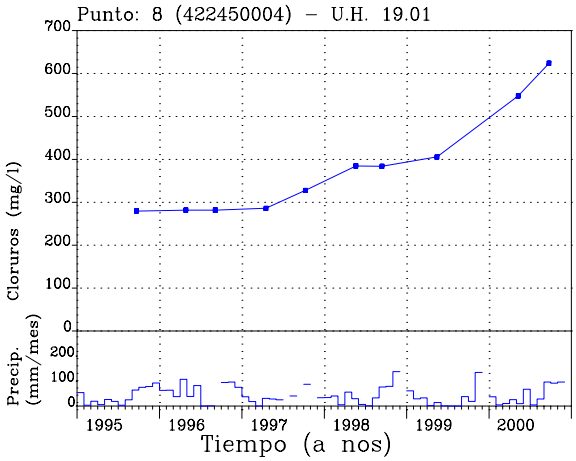


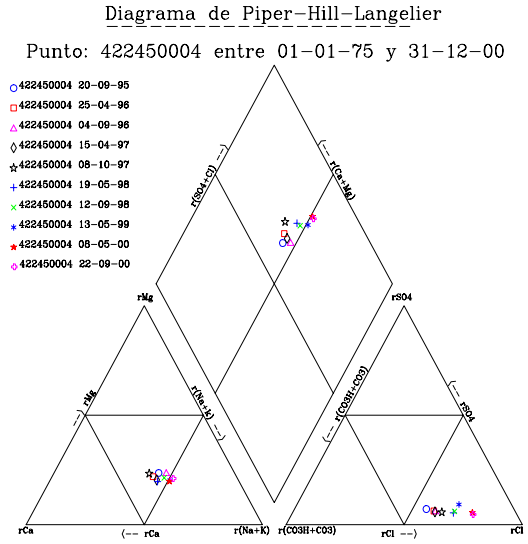
DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.01

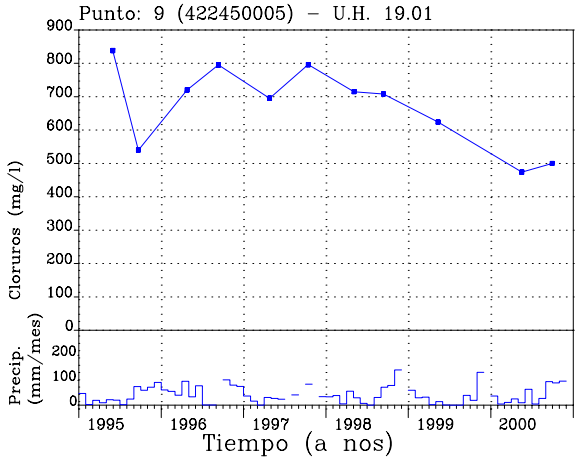
SECTOR OCCIDENTAL (Ciutadella)

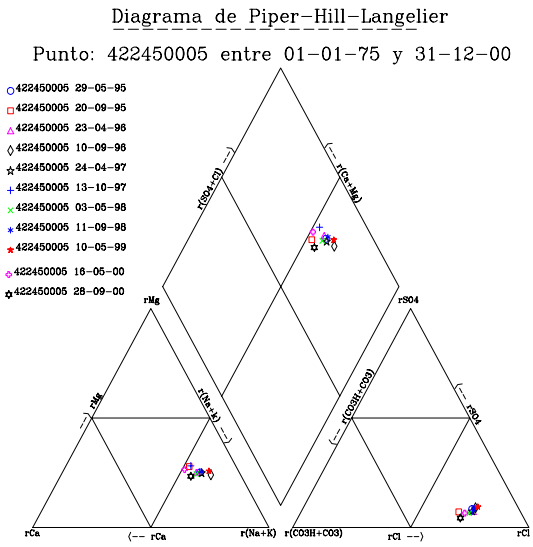
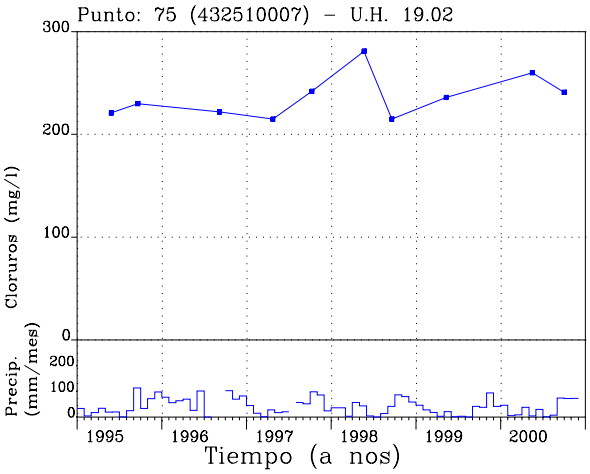
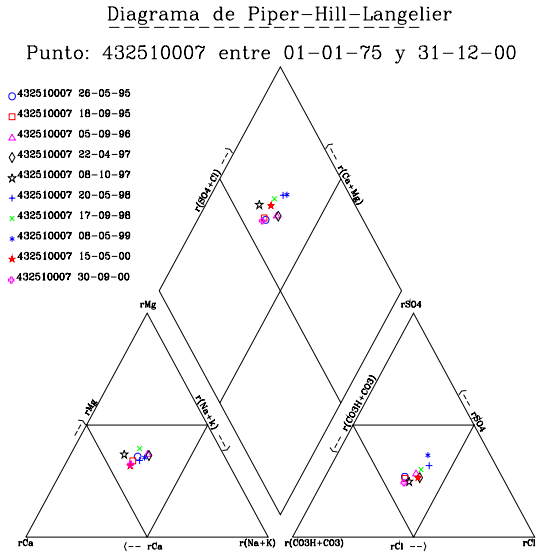
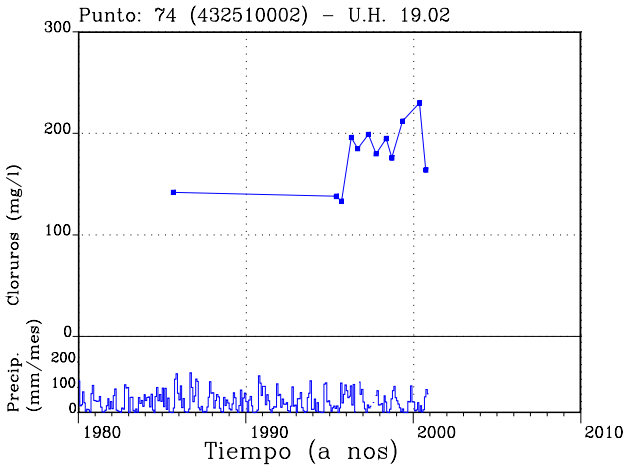
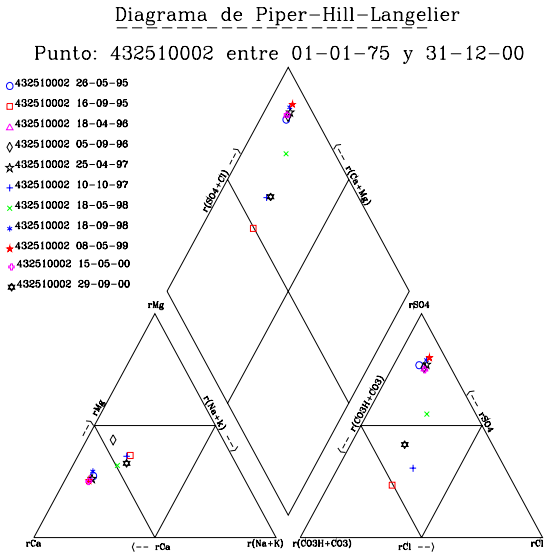












DIAGRAMAS DE EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD HIDROQUÍMICA
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 19.02