

**ANALISIS DE POSIBLES ZONAS DECLARABLES COMO
VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN DIFUSA DE
ORIGEN AGRARIO**

RESUMEN

En Menorca, isla más septentrional del archipiélago balear de 701,8 km², sus habitantes se abastecen del agua subterránea existente en las 3 unidades hidrogeológicas llamadas U.H. Migjorn, U.H Albaida y U.H. Fornells. Son las dos primeras las unidades más importantes donde se estima que el 85% del total de las extracciones se obtienen del acuífero de Migjorn, mientras que del acuífero de Albaida se extrae un 9% (AQUANET, 2004). En el presente estudio se ha realizado el análisis de las posibles zonas declarables como vulnerables a la contaminación difusa de origen agrario de los acuíferos de Albaida y Migjorn.

La incorporación al Ordenamiento Jurídico Español de la Directiva 91/676, que se ha establecido mediante el Real Decreto 261/1996 de 16 de febrero, sobre la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias, define como aguas subterráneas contaminadas aquéllas cuya concentración en ión nitrato sea superior a 50 mg/l.

En Menorca las causas de la contaminación por nitratos son diversas siendo el sector agrario el más destacable. La utilización abusiva de abonos nitrogenados en los campos propicia que una parte del nitrógeno sea lavado por el agua y se infiltre en los acuíferos. Debido a que las zonas de regadío utilizan el agua de los acuíferos de Migjorn y Albaida, se tiene el siguiente ciclo: extracción- evaporación-concentración-infiltración-extracción con lo que el agua se va concentrando en sales con la sola dilución de los aportes de lluvia.

La conclusión final de este estudio, realizado mediante un seguimiento en la concentración de nitratos a lo largo de los años y a partir de 115 muestras analizadas en el periodo noviembre-diciembre 2006 es que actualmente se puede hablar de deficiencias en la calidad de las aguas, que afectan básicamente a los términos municipales de Ciutadella, Mahon, Es Castell y San Luís, los cuales soportan una importante carga de compuestos nitrógeno que se traduce en la presencia generalizada de nitrato en las aguas subterráneas. A nivel global, en el acuífero de Migjorn, de 391 km² de superficie, un 47,2% de las muestras contienen concentraciones iguales o superiores a 50 mg/l NO₃⁻, concentración máxima admisible para consumo humano. Por el contrario sólo un 11,1% de las muestras analizadas en el acuífero de Albaida, de 74,4 km² de superficie, supera dicha concentración.

Asimismo desde el año 1974 hasta el 2006 han incrementado las zonas afectadas por contaminación en nitrato siendo más notable alrededor de las dos poblaciones más importantes que son Mahon y Ciutadella.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	4
3. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	4
4. INTRODUCCION GENERAL Y GEOLOGICA DEL AREA DE ESTUDIO.....	5
4.1 Generalidades.....	5
4.2 Contexto geológico regional	5
5. HIDROGEOLOGÍA.....	7
5.1. Unidad Hidrogeológica de Migjorn.....	7
5.1.1 Funcionamiento del sistema acuífero.....	7
5.2. Unidad Hidrogeológica de Albaida.....	7
5.2.1 Funcionamiento del sistema acuífero.....	7
6. CONTAMINACIÓN DIFUSA POR NITRATOS	9
7. ACTIVIDADES AGRÍCOLAS Y GANADERAS	11
7.1 Actividades agrícolas	11
7.2 Fertilizantes	13
7.3 Actividades ganaderas	14
7.3.1 Censo Agrario en Menorca	14
7.4. Actuación agrícola de las zonas afectadas	18
8. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CONTENIDO DE NITRATOS EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS.....	18
8.1 Gráficos de evolución histórica.....	18
8.2 Planos de isonitratos años 1974 y 2000.	25
9. CONTENIDO DE NITRATOS AÑO 2006	28
9.1. Selección de los puntos de muestreo	28
9.2 Toma de muestras	28
9.3. Resumen del contenido de nitratos.....	29
9.4 Plano de isonitratos año 2006	31
10. USO HUMANO DEL AGUA.....	32
11. CARTOGRAFÍA DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS DE MENORCA.....	32
12. ZONAS DECLARABLES COMO VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN DIFUSA POR NITRATOS DE ORIGEN AGRARIO	34
12.1 Contaminación por nitratos en la unidad hidrogeológica de Migjorn.....	35
12.2. Contaminación por nitratos en la unidad hidrogeológica de Albaida.....	36
13. BIBLIOGRAFIA	37

1. INTRODUCCIÓN

A petición del Departament de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears, el **Centro de Investigación y Fomento de la Calidad de Pime Menorca** ha elaborado el presente estudio hidrogeológico sobre el “ANÁLISIS DE POSIBLES ZONAS DECLARABLES COMO VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS DE ORIGEN AGRARIO DE MENORCA”.

El presente estudio se ha encargado por tal de valorar el estado actual de las aguas subterráneas y determinar la causa del contenido en nitratos en las aguas subterráneas mediante el estudio de la evolución de dicha contaminación a lo largo de los años, evaluando así la posibilidad de contaminación difusa de origen agrario. Este estudio comprende las Unidades Hidrogeológicas del acuífero de Migjorn y el acuífero de Albaida y quedan incluidos los siguientes municipios: Ciutadella de Menorca, Ferreries, Es Migjorn Gran, Es Mercadal, Alaior, Mahón, Es Castell y San Luís.

2. OBJETIVOS DE ESTUDIO

El objeto del estudio es definir el grado de vulnerabilidad a la contaminación difusa por nitratos de origen agrario de los acuíferos de Migjorn y Albaida, de Menorca, en base a las actividades agrícolas y ganaderas que se produzcan en su territorio, teniendo en cuenta también la posible contaminación debida a las aguas de consumo humano (pozos negros, pérdidas en la red de alcantarillado, etc.) Como consecuencia de los resultados de los trabajos se propondrá, en su caso, la declaración de zona o zonas vulnerables.

3. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

El estudio ha constado de distintas fases las cuales se enumeran a continuación:

- Recopilación y síntesis de la siguiente información
 - Análisis de aguas en cuanto a sus contenidos en NO_3^- de distintas fechas, por tal de poder representar la evolución histórica del contenido en nitratos presente en las aguas subterráneas, ya sea mediante la elaboración de gráficos de evolución histórica como mediante la elaboración de distintos mapas de isonitratos.
 - Recopilación de la información de las actividades agrícolas en Menorca.
 - Recopilación de las actividades ganaderas.
- Actualización y completado de la información
 - Realización de 115 análisis de agua y realización de nuevos planos de isonitratos.
- Uso humano del agua
- Elaboración de la información
- Propuesta de declaración de zonas vulnerables.

4. INTRODUCCION GENERAL Y GEOLOGICA DEL AREA DE ESTUDIO

4.1 Generalidades

La isla de Menorca es la más septentrional y oriental del Archipiélago Balear, y la segunda por su extensión (701.8 km²) y población. La distancia máxima entre el extremo occidental y oriental (Ciudadela y Mahón) es de 47 kilómetros. La costa de San Luís, en el extremo oriental de la isla, es el primer punto de España donde sale el Sol.

Geológicamente la isla se divide en dos mitades simétricas pero muy diferentes: el norte, con una costa agreste y desigual, de escasa vegetación y muy accidentada, con numerosos islotes y playas de arena rojiza u oscura; y el sur, formado por roca calcárea, con suaves acantilados, barrancos esculpidos por el agua y calas de arena blanca rodeadas de pinos. La máxima elevación de la isla es el monte Toro, de 357 metros sobre el nivel del mar.

Geomorfológicamente también se ven diferenciadas las zonas de Tramontana y de Migjorn (ITGE 646,1989).

En la región de Tramontana el relieve se resuelve en una serie de elevaciones topográficas compartimentadas y discontinuas. Las laderas presentan un cierto abarrancamiento con fondo en uve, no muy inciso, que pasa de forma inmediata a confluir a cauces que cruzan fondos de valle amplios, aplanados, pero no planohorizontales y anegables.

Sin embargo la región de Migjorn se presenta mucho más planar en su conjunto, pero también presenta superficies de erosión que cortan las estructuras deposicionales. Los cauces en la red de avenamiento se presentan según formas típicas de geomorfología cársica. Así, en el tercio occidental abundan cauces difusos, orientados hacia la costa oeste o hacia la costa sur. En los otros dos tercios de Migjorn, además de cauces difusos que a veces pasan a cauces de incisión lineal, inciden abundantes barrancos de fondo plano que se convierten después de un corto recorrido en verdaderos cañones sinuosos que van a parar a la costa sur. Por su fondo pocas veces o casi nunca circula agua de escorrentía superficial. En cambio pueden drenar aguas subterráneas, como el caso del cañón que va a parar a Cala Galdana. El litoral por su parte se resuelve generalmente según un acantilado entre decamétrico y métrico.

El **clima** de la isla es típicamente mediterráneo, destaca por sus suaves temperaturas, cuya media anual se sitúa entre los 16 y los 17 grados centígrados. Se estima que la precipitación media anual es de unos 588 mm/a y que entre los meses de septiembre y enero se produce el 65 % de la precipitación anual, con un estiaje muy acusado con un mínimo absoluto en el mes de julio y un máximo en el mes de octubre (según el Plan Hidrológico de las Islas Baleares).

La **economía** de la población se ha movido tradicionalmente en base a la ganadería básicamente al ganado vacuno, enfocando su producción a la leche. El 85% de la agricultura está destinada a la producción de pastos para el ganado vacuno. Las principales industrias de Menorca son la fabricación de artículos de bisutería, y la industria quesera, estrechamente ligada a la tradición ganadera de la isla. En los últimos años la explotación turística está siendo una parte fundamental de los ingresos económicos de la isla.

4.2 Contexto geológico regional

Estructuralmente la isla de Menorca es un Horst tectónico complejo originado en la edad alpina. Durante la compresión se generó una falla de zócalo inversa, de edad alpina y de dirección

aproximada N-S y con varias escamas asociadas. Las fracturas de dirección NW-SE, que condicionaron el hundimiento del área de Migjorn y el posterior desarrollo de las formaciones miocenas, fueron originadas durante el periodo de distensión (Clemente Saenz, 1983).

En Menorca, la diferenciación geológica anteriormente descrita, da lugar a una clara separación de dominios hidrogeológicos, en la que 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 las formaciones calcáreas mesozoicas que dan lugar a los relieves más destacados en los que existe una importante circulación cárstica que forman la unidad hidrogeológica de **Albaida**. El resto de la isla coincide con el dominio geológico del sector paleozoico septentrional, donde los acuíferos son de escasa entidad y de interés únicamente local, y dan lugar a la unidad hidrogeológica de **Fornells**.

En la figura 1 está representado el esquema geológico que caracteriza las unidades hidrogeológicas de Menorca.

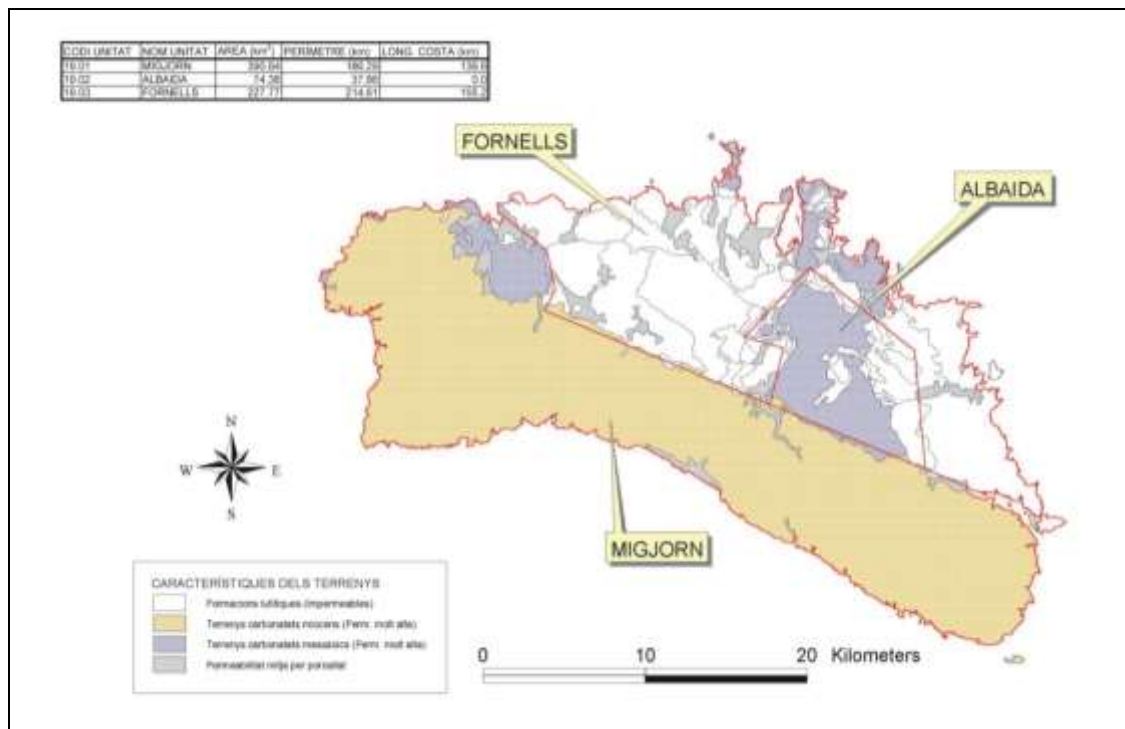


Figura 1. Distribución de las unidades hidrogeológicas de la isla de Menorca (Fuente: Plan Hidrológico de las islas Baleares).

5. HIDROGEOLOGÍA

La distribución de las unidades hidrogeológicas de la isla de Menorca se halla estrechamente relacionada con la existencia de las dos regiones claramente diferenciadas citadas anteriormente, Tramontana y Migjorn, esta última, por su composición litológica y estructura constituye en sí una unidad, siendo el principal acuífero de la isla.

En la región de Tramontana, los afloramientos permeables de materiales mesozoicos constituyen una unidad hidrogeológica individualizada (Albaida), quedando el resto de la región septentrional con acuíferos de menor importancia, englobado en una única unidad, Fornells.

5.1. Unidad Hidrogeológica de Migjorn

El acuífero de Migjorn constituye la unidad hidrogeológica más extensa de la isla de Menorca, cubriendo toda la mitad meridional de la isla, con una superficie total de 391 km², cuya superficie permeable es de 375 km² (PHIB). Está formado por las calcarenitas miopliocenas, que constituyen un acuífero libre, de características algo diferentes dependiendo de las distintas facies (A. Barón, 1983). Las más permeables son las arrecifales bioconstruidas, y las calcarenitas con porosidad primaria o secundaria bien desarrollada, y con poca matriz limosa. Las limonitas o calcarenitas de grano muy fino constituyen acuíferos más pobres, o incluso acuitardos.

5.1.1 Funcionamiento del sistema acuífero

El funcionamiento natural del acuífero se caracteriza por un flujo subterráneo de estructura radial hacia el mar, con un desagüe directo a la línea de costa (A. Barón; 1983). Se conocen dos zonas de circulación según la vertical: una superficial de poco espesor y renovación rápida, y otra profunda con renovación lenta de las aguas.

En la figura 2 se ha representado un mapa con las isopiezas donde se observa que a causa de las extracciones realizadas por el hombre se han producido conos de bombeo puntuales en Ciutadella y en las cercanías del término municipal de Mahón.

5.2. Unidad Hidrogeológica de Albaida

Se trata de un acuífero carbonatado del triásico-jurásico situado al nordeste de Mahón. De los 74,38 km² de superficie, se estima que 41 km² son permeables, infiltrando el 15% de la precipitación media anual (PHIB).

5.2.1 Funcionamiento del sistema acuífero.

En este caso el funcionamiento del acuífero de Albaida se caracteriza por un flujo subterráneo en sentido N-S cuyas aguas circulan en dirección al acuífero de Migjorn tal y como se puede apreciar en la figura 2.

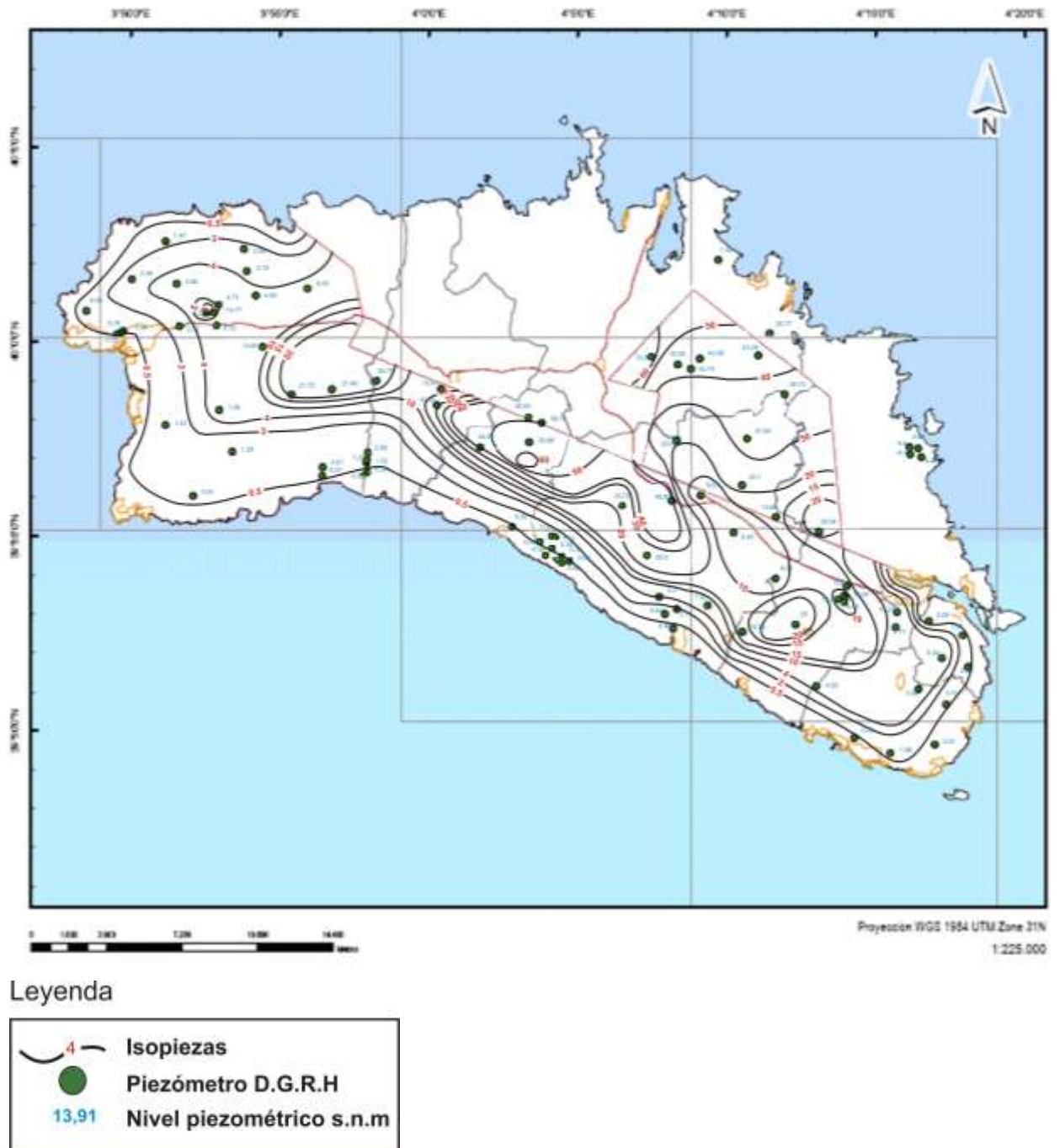


Figura 2. Mapa piezométrico de las unidades hidrogeológicas de Migjorn y de Albaida para el mes de Diciembre de 2006.

6. CONTAMINACIÓN DIFUSA POR NITRATOS

La composición natural de las aguas subterráneas se ve, en ocasiones, modificada por el hombre, causado por su actividad urbana, agrícola e industrial no siempre bien planificada. El resultado es su contaminación, quedando limitada su utilización para ciertos usos, en especial el relacionado con el abastecimiento humano, cuyas exigencias de calidad vienen determinadas en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el cual se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

La contaminación difusa derivada de la agricultura es probablemente la amenaza más seria de las aguas subterráneas en Europa en términos de volumen de recurso y de número de captaciones afectadas (Arenas Cuevas, M., 1998). Es debida a que las principales zonas de recarga de acuíferos importantes en muchos países se usan también ampliamente como zonas agrícolas, y que éstas han experimentado una notable intensificación de los cultivos bajo el estímulo de las políticas nacionales y europeas durante los últimos 20-30 años.

De las actividades potencialmente contaminantes, las prácticas agrícolas constituyen, por superficie ocupada y cantidad de productos aplicados para mejora de la producción, la causa más relevante de la posible alteración de la composición natural de las aguas subterráneas; contaminación que tiene su origen en la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados o productos fitosanitarios, utilizados conjuntamente con relativa frecuencia. La contaminación originada por esos compuestos es difusa, es decir ocupa grandes extensiones de superficie y volúmenes de agua, no obstante en ocasiones se produce localmente, debido al vertido que se produce en los centros de almacenamiento y lugares de manejo o preparación de estos productos.

La información disponible sobre la presencia de compuestos nitrogenados en el agua subterránea es muy abundante, por su fácil detección y sencillez de las técnicas analíticas disponibles para la cuantificación de estos compuestos. Algo más compleja es la analítica requerida para distinguir si estos proceden de prácticas agrarias o si su origen está relacionado con la actividad urbana: lixiviados y aguas residuales (ver figura 3).

Es evidente que el incremento de la concentración de compuestos nitrogenados puede alcanzar niveles que suponen un riesgo y limitan su uso humano si se utilizan sin el tratamiento adecuado. Esta pérdida de aptitud para el consumo humano origina numerosos problemas de índole económico y social, ya que supone la inhabilitación de un recurso para uno de los usos más importantes. Ello exige la búsqueda de fuentes alternativas y el control, protección y recuperación de este recurso.

La máxima preocupación en torno a la contaminación del agua por nitratos estriba en el efecto que pueda tener sobre la salud humana la ingesta de nitratos. Resulta conveniente mencionar los posibles efectos negativos sobre la salud humana a los que hace referencia "La Directiva de Nitratos", que cita textualmente: *"aunque los nitratos son un producto normal del metabolismo humano el agua con altas concentraciones en nitratos representa un riesgo para la salud, especialmente en los niños. Si se bebe agua con elevadas concentraciones de nitratos la acción de determinados microorganismos en el estómago puede transformar los nitratos en nitritos, que al ser absorbido en la sangre convierte la hemoglobina en metahemoglobina. La metahemoglobina se caracteriza por inhibir el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible, sí puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños. Pero los nitratos también pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas compuestos que pueden ser cancerígenos."*



Mecanismo de propagación desde la zona no saturada (Ejemplo: fosas sépticas)



Mecanismo de propagación desde la superficie (Ejemplo: un vertedero)

Figura 3. Diversos casos de contaminación puntual (Fuente: J.M Fornés, et al 2001)

El Real Decreto 261/1996, que transpone la Directiva 91/676/CEE a la normativa española, constituye el marco legal para intentar reducir este problema, estableciendo una serie de medidas que tienen como finalidad la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario.

7. ACTIVIDADES AGRÍCOLAS Y GANADERAS

7.1 Actividades agrícolas

En la figura 4 queda representada la cartografía estadística del regadío en las unidades hidrogeológicas de Migjorn y Albaida de Menorca realizada a finales del año 2005 por el Centro de Investigación y Fomento de la Calidad de PIME Menorca. En ella se han cuantificado el total de hectáreas dedicadas al cultivo intensivo, extensivo y agrojardinería.

- Extensivo: Moldea la mayor parte del paisaje en Menorca y son todos aquellos campos donde hay conreo de forraje, secano y de pasturas. Estos terrenos están explotados por el sector agrario, básicamente destinado a la ganadería para la producción de leche. Nos encontramos campos muy limpios y cuidados con instalaciones para poder realizar riego de apoyo, y a su vez parcelas que están cuidadas pero que tienen una elevada presencia de manto bajo y que están destinadas básicamente a la pastura. Se han cuantificado un total de 15.166 hectáreas para el acuífero de Migjorn y 2.682 hectáreas para el de Albaida.
- Intensivo: Parcelas agrícolas donde se cultiva básicamente maíz, sorgo y alfalfa y aquellas parcelas situadas sobre todo en el fondo de los torrentes donde se cultivan árboles frutales. Se han cuantificado un total de 612 hectáreas para el acuífero de Migjorn, concentrándose la mayor parte en el término municipal de Ciutadella, y 89 hectáreas para el de Albaida.
- Agrojardinería: Esta tipología se encuentra a caballo entre zona urbanizada y cultivo intensivo. Quedan incluidas todas aquellas viviendas o casas de aperos donde es habitual el cultivo de hortalizas, mayoritariamente de uso particular. Se han cuantificado un total de 612 hectáreas para el acuífero de Migjorn y 89 hectáreas para el de Albaida.

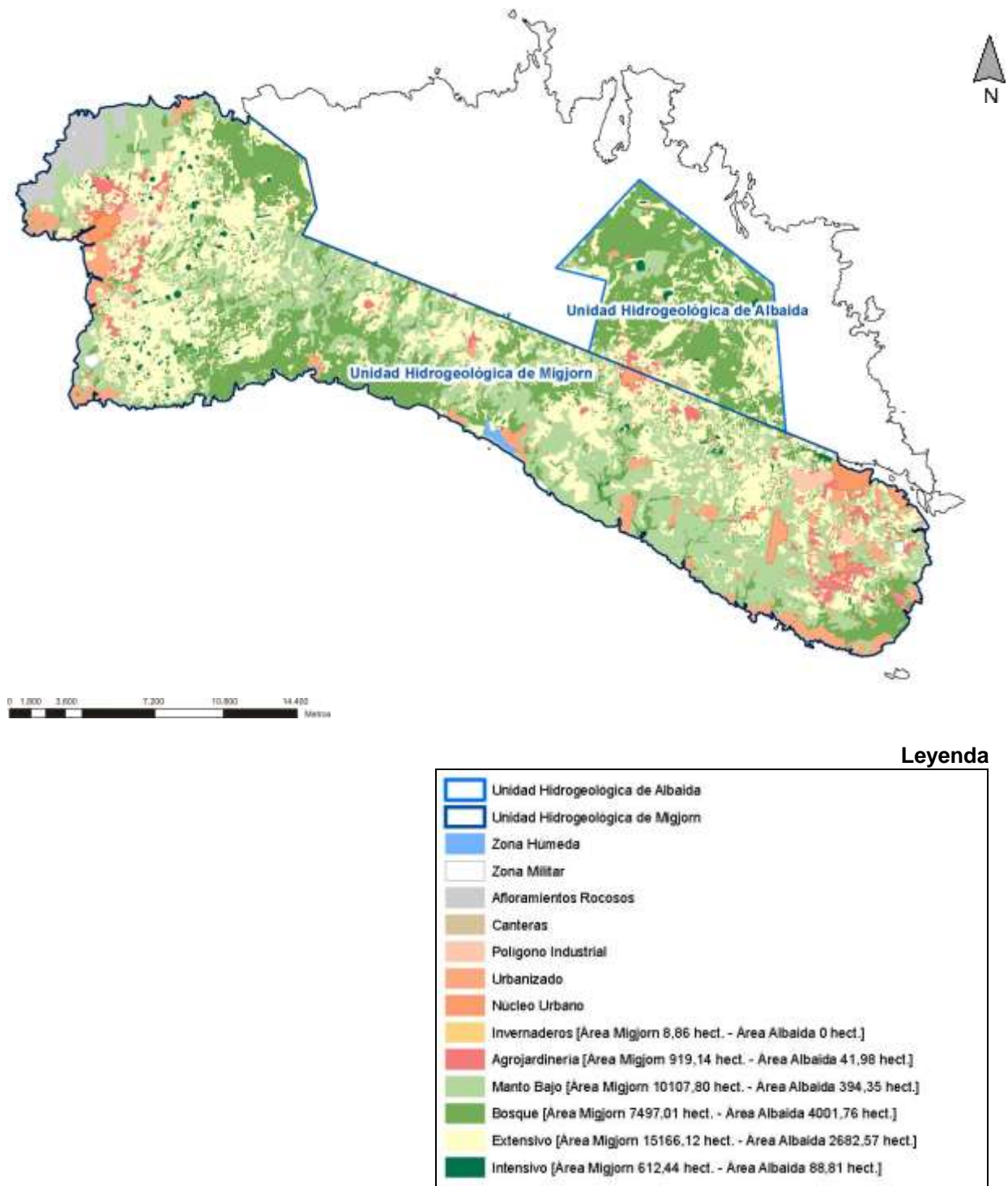


Figura 4. Cartografía estadística del regadío en las unidades hidrogeológicas de Migjorn y Albalda, en Menorca (PIME Menorca, 2005)

7.2 Fertilizantes

Los elementos que nutren las plantas pueden añadirse al suelo bien de forma orgánica o química, pero en ambos casos las formas químicas de los elementos son las mismas y por lo tanto serán igual de contaminantes. Se trata de aplicarlas correctamente y para ello hay que seguir las indicaciones de los planes de fertilización (Código de Buenas Prácticas Agrarias).

Debido a una mala gestión por parte de los agricultores y según el proyecto AQUANET elaborado en 2004, podemos afirmar que en Menorca nos encontramos los suelos de los cultivos muy cargados en fósforo y potasio, puesto que estas moléculas se fijan fácilmente a la arcilla, y prácticamente exentos de nitratos debido a que este es muy soluble y se filtra fácilmente hacia los acuíferos.

Es importante entender que cada cultivo tiene unas necesidades nutricionales específicas, y que en caso de encontrar un suelo excesivamente cargado de nutrientes se puede elegir una especie de cultivo con unas necesidades más elevadas por tal de reducir estos niveles. También se puede pensar en estos cultivos cuando exista un exceso de residuos orgánicos en la explotación.

Según la Memoria del PHIB se estima para el acuífero de Migjorn un aporte de nitrógeno procedente de los fertilizantes de 1060 tm/año. Básicamente los fertilizantes más utilizados en Menorca son químicos de los cuales son las características de los fertilizantes nitrogenados las que más interesan para este estudio:

Fertilizantes más utilizados en Menorca:

- De los distintos tipos de fertilizantes nitrogenados, en Menorca se suelen aplicar por excelencia los abonos con N ureico, en menor medida utilizan abonos con N exclusivamente amoniacal y abonos con N de liberación lenta. Y para la agricultura ecológica los abonos con N exclusivamente en forma orgánica.
 - Abonos con N ureico. La forma ureica del N no es por si misma directamente asimilable por la planta (AQUANET, 2004). Debe ser transformada por obra de la enzima ureasa primero en nitrógeno amoniacal y sucesivamente, por la acción de los microorganismos del terreno, en N nítrico para poder ser metabolizado por las plantas. El N ureico tiene, por tanto, una acción levemente más retardada que el N amoniacal. Pero se debe tener en cuenta que la forma ureica es móvil en el suelo y muy soluble en agua. El producto fundamental es la urea (N = 46%) el abono comercial sólido de mayor riqueza en N. Este abono se aplica después de la siembra.
 - Abonos con N exclusivamente amoniacal. Los iones amonio, a diferencia de los nítricos, son retenidos por el suelo y por ello no son lavables y/o lixiviables. La mayor parte de las plantas utilizan el N amoniacal después de su nitrificación. En Menorca utilizan el sulfato amónico (N = 20-21%) y está pensado para aplicarlo después de la siembra.
 - Abonos con N de liberación lenta. Son abonos de acción retardada cuya característica principal es liberar su N lentamente para evitar pérdidas por lavado y adaptarse así al ritmo de absorción de la planta. En Menorca utilizan el “Nitrofosca azul”, con un 12% de N, o el “Entec”, con un 20% de N.
 - Abonos con N exclusivamente en forma orgánica. (AQUANET, 2004). En los abonos orgánicos el N en forma orgánica está principalmente en forma proteica. La estructura de las proteínas que lo contienen es más o menos complicada y por ello la disponibilidad del N para la nutrición de las plantas está más o menos diferenciada en el tiempo, de algunas semanas hasta algunos meses.

7.3 Actividades ganaderas

El sistema que se utiliza en Menorca en prácticamente la totalidad de las explotaciones es el sistema semiextensivo semintensivo. Se caracteriza (AQUANET, 2004) porque dependiendo de la época del año el ganado está más o menos tiempo en las zonas de pastoreo de las fincas, pero siempre se establecen unas horas al día para el ordeño y de una parte de la ración de la alimentación que se les proporciona, por lo tanto las dimensiones de las infraestructuras necesarias para la gestión de los residuos tienen que estar dimensionadas a dicho sistema de manejo.

En Menorca prácticamente la totalidad de las fincas se dedican a la producción de leche mediante ganado bovino frisón y se dividen en tres líneas de comercialización diferentes:

- Producción de leche
- Producción de queso artesano
- Producción de cuajada

Según el Proyecto AQUANET de 2004, las principales deficiencias que se consideran en las fincas agropecuarias de la isla, y que por lo tanto influyen en la calidad de las aguas subterráneas son:

- Falta de infraestructuras adecuadas para sostener la carga ganadera de las explotaciones, en concreto, la falta de disponibilidad de plataformas hormigonadas y fosas para la retención de estiércol y sus lixiviados.
- Aportes desmesurados de nutrientes en los campos de cultivo, principalmente debido a la falta de información y de disponibilidad de un plan de fertilización orientativo.
- La maquinaria para fertilizar los campos con estiércol orgánico es, en muchos casos, precaria e inexacta, aportando más cantidad de lo recomendado.

7.3.1 Censo Agrario en Menorca

Partiendo de los datos del censo agrario de Menorca proporcionados por el Govern de les Illes Balears, se ha podido elaborar un cálculo estimativo de la cantidad de residuos ganaderos anuales que se producen en Menorca en función del número de cabezas de ganado. A continuación se presenta una tabla resumen del censo agrario por cada término municipal donde quedan representadas las explotaciones más importantes (tabla 1), así como una tabla con la relación de kg N producidos en cada término municipal a lo largo de un año (tabla 2).

A partir de dichas tablas se observa que la mayor producción de Kg de N corresponde al término municipal de Ciutadella, seguido con diferencia por Es Mercadal, Mahon, Alaior y Ferreries. Aun así, se entiende que la contaminación de las aguas causada por los residuos ganaderos va muy ligada a la carga ganadera de cada finca. En el gráfico 2 queda representado el número de fincas existentes en cada término municipal en función de la carga ganadera. En esta tabla se ha tenido en cuenta únicamente la carga ganadera de bovino, por ser este el mayor productor en kg de N tal y como se puede observar en la tabla 2.

TIPO DE GANADO	TÉRMINO MUNICIPAL							
	Alaior	Ferrieres	Es Castell	Ciutadella	Mahon	Es Mercadal	Es Migjorn Gran	San Luís
Bovino	2561	2336	241	7702	2532	4604	760	278
Caprino	709	124	42	755	513	482	78	319
Ganado equino	267	250	69	786	384	160	145	114
Gallinas	2199	1402	697	29300	3055	2512	554	61320
Ovino	4970	2315	760	10610	4422	3163	1248	927
Porcino	1051	1089	132	4417	651	726	233	739

Tabla 1. Relación entre el tipo de ganado y las explotaciones en cada término municipal

TIPO DE GANADO	Kg N/plaza/año	Cálculo del contenido en nitrógeno (kgN/plaza/año) según la administración Catalana (orden 22/10/98) en función del tipo de ganado existente en cada término municipal							
		Alaior	Ferrieres	Es Castell	Ciutadella	Mahon	Es Mercadal	Es Migjorn Gran	San Lúis
Bovino	51,10 (*)	130867	119369,6	12315,1	393572,2	129385,2	235264,4	38836	14205,8
Caprino	3.60 (**)	2552	446,4	151,2	2718	1846,8	1735,2	280,8	1148,4
Ganado equino	63.80	17035	15950	4402,2	50146,8	24499,2	10208	9251	7273,2
Gallinas	0.50	1099	701	348,5	14650	1527,5	1256	277	30660
Ovino	3.00	14910	6945	2280	31830	13266	9489	3744	2781
Porcino	6.00	6306	6534	792	26502	3906	4356	1398	4434
TOTAL Kg/N/año		172769,6	149946	20289	519419	174430,7	262308,6	53786,8	60502,4

Tabla 2. Producción del total de kg de nitrógeno en función del tipo de ganado y según la Orden 22/10/98 de la administración catalana.

(*) Se considera vaca lechera

(**) Se considera caprino de reposición.

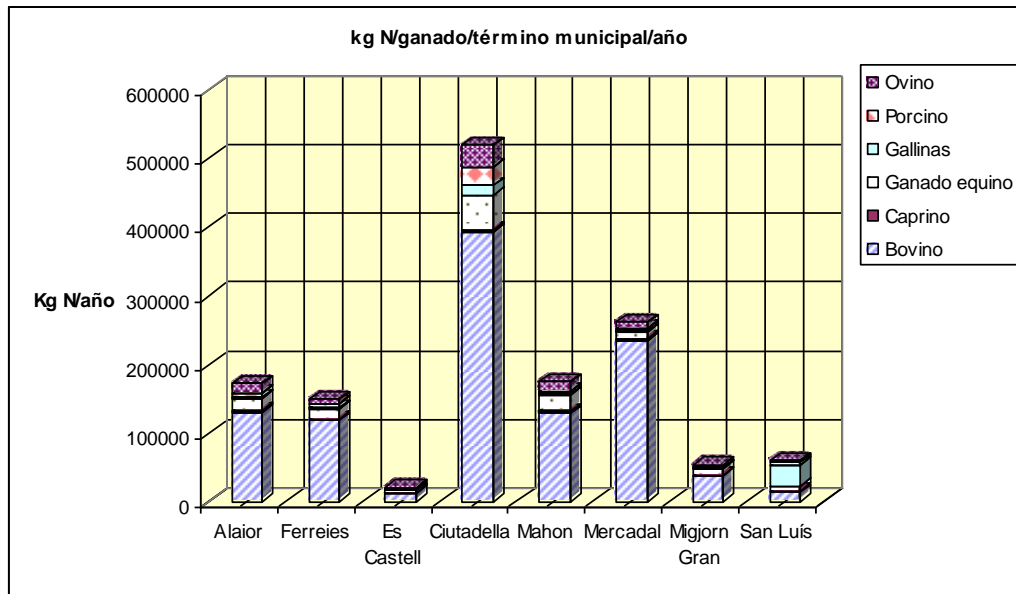


Gráfico 1. Relación de la producción anual en kg de N por término municipal en función del tipo de ganado.

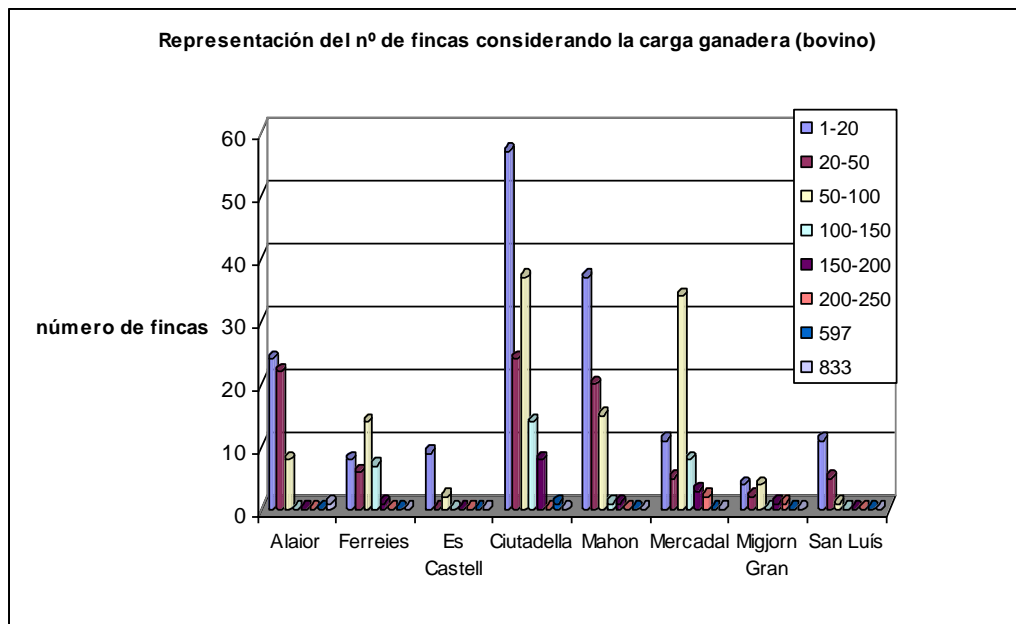


Gráfico 2. Representación del número de fincas existentes en cada término municipal en función de la carga ganadera.

7.4. Actuación agrícola de las zonas afectadas

La Directiva 91/676/CEE refleja la necesidad de elaborar y aplicar un programa de acción destinado a la protección de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos (Arenas Cuevas, M.,1998). Una de las acciones básicas para el cumplimiento de este programa consiste en el control y adecuación de los focos emisores: sean de tipo puntual como las instalaciones ganaderas, las fosas sépticas y los pozos negros, sean de tipo difuso, como la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales y la reutilización de aguas residuales urbanas y los subproductos de su depuración.

En el caso de emisiones difusas, la programación del abonado y del riego permite racionalizar la aportación de nutrientes a los suelos y evitar su incorporación en las aguas subterráneas, y a la vez, reducir los costes de explotación de los cultivos. Con este objetivo, en aquellas áreas con sobreconcentración de nitratos en el acuífero, una posible contribución a la recuperación consiste en valorar la aportación de nitrógeno que se realiza a través de las aguas de riego.

8. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CONTENIDO DE NITRATOS EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS

El nitrógeno orgánico está presente en los suelos de forma natural, puede ser oxidado por las bacterias y posteriormente lixiviar a través de la zona radicular en función de las condiciones ambientales. Sin embargo, es habitual aplicar fertilizantes inorgánicos o estiércol para el crecimiento de las plantas. El nitrógeno aplicado sufre un complejo proceso, dependiendo generalmente de la mineralización y el lixiviado de las dosis suministradas. Debido a que el nitrato es muy móvil una vez alcanzado el acuífero tiende a ser transportado por el agua sin ninguna atenuación.

8.1 Gráficos de evolución histórica

En el plano de la siguiente figura quedan ubicados aquellos pozos en los que se ha realizado un seguimiento de la concentración de nitratos a lo largo de los años. Dicho seguimiento es constante en la mayoría de los casos desde 1997 hasta 2006, aun así, de algunos pozos existen los valores de las analíticas de años anteriores (1974 y 1993) que se han considerado interesantes incluir.

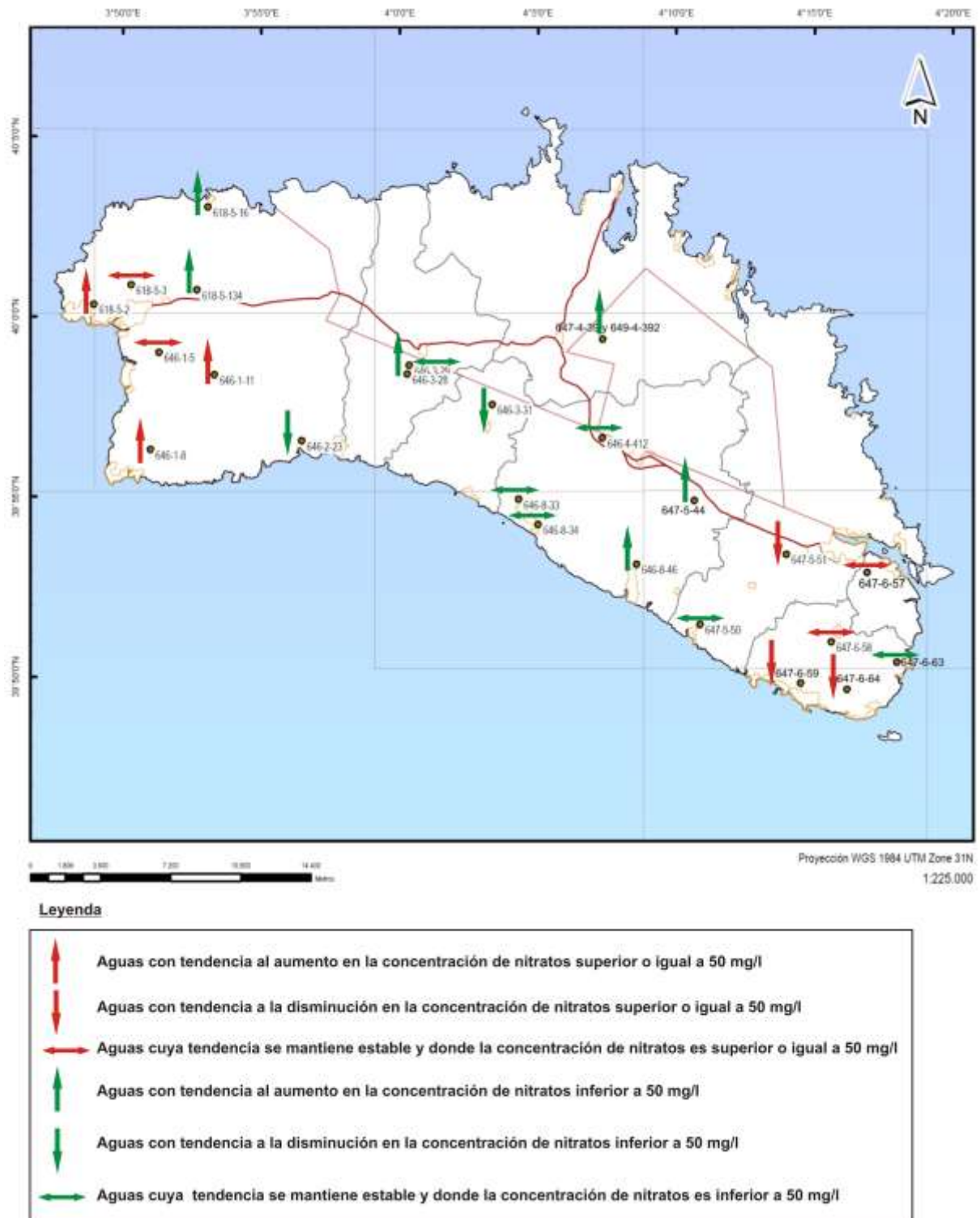


Figura 4. Mapa de ubicación de los pozos en los cuales se ha representado la evolución histórica del contenido en nitratos. En esta figura queda indicada la tendencia del contenido en nitratos que ha sufrido cada pozo mayoritariamente en el intervalo de tiempo 1997-2006.

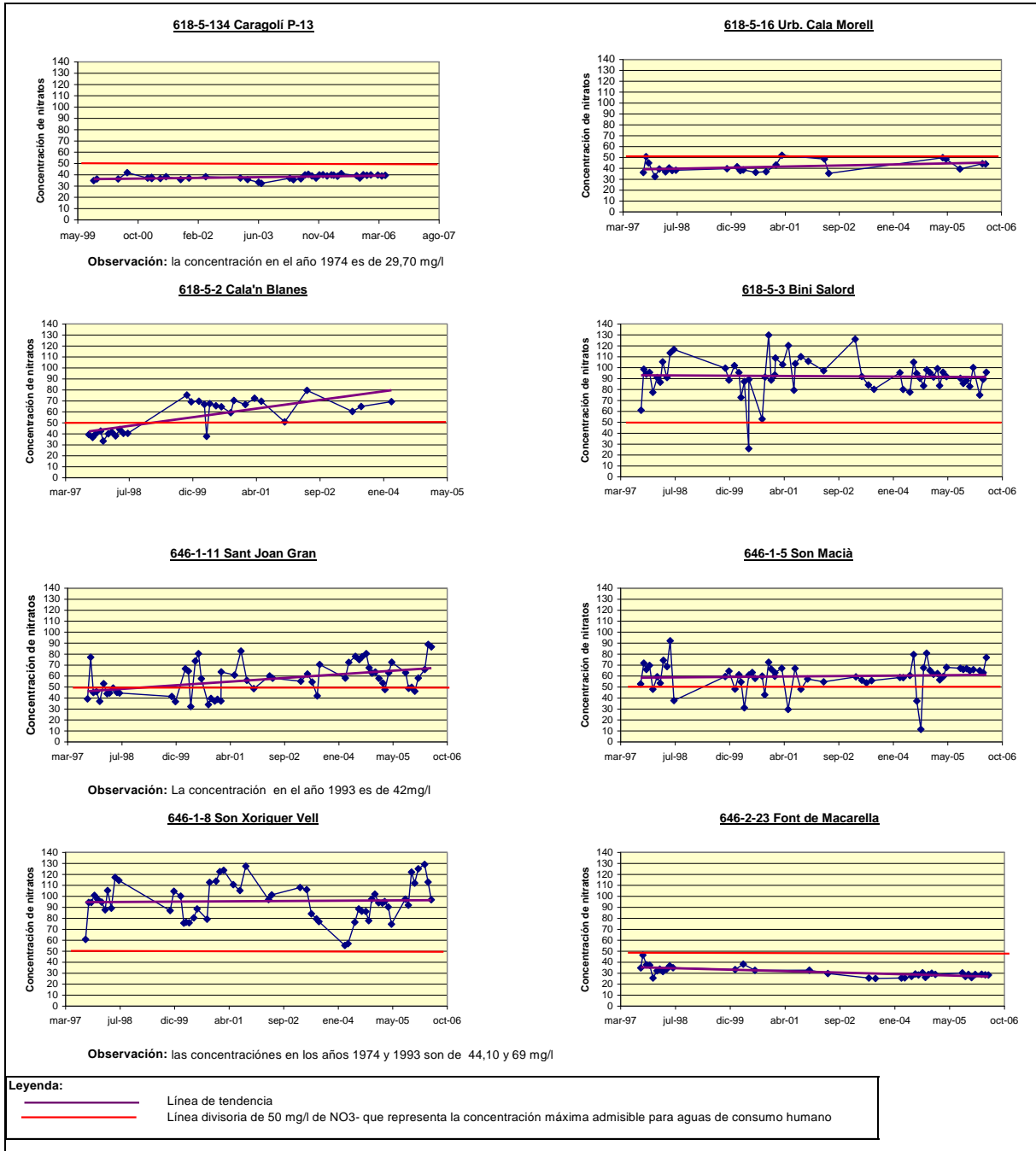


Figura 5. Gráficos de evolución histórica de pozos representativos del término municipal de Ciutadella.

Ciutadella de Menorca:

A partir de los gráficos donde se representa la evolución histórica del contenido de nitratos en las aguas subterráneas se observa la tendencia al aumento en la concentración de nitratos que sufren dichas aguas en la zona de Ciutadella.

Ciudadella se caracteriza por ser el municipio de Menorca donde se concentra una mayor cantidad de granjas así como número de cabezas de ganado. Tal y como se observa en la figura 4, en los puntos analizados cuya concentración tiende a aumentar por encima de 50 mg/l NO₃⁻ corresponden a zonas donde se practica la agricultura con riego intensivo o bien agrojardinería lo que conlleva la necesidad de aplicar fertilizantes y a su vez la existencia de fosas sépticas. Sin embargo los pozos de “Cala Morell” y “Caragolí”, que no llegan a alcanzar concentraciones de 50 mg/l pero cuya tendencia es al aumento, se encuentran sobre suelo urbanizado. La fuente de “Cala Macarella” ha invertido tendencia en cuanto a la concentración en nitratos; esta zona se encuentra alejada de las granjas y sitios donde se practica riego intensivo.

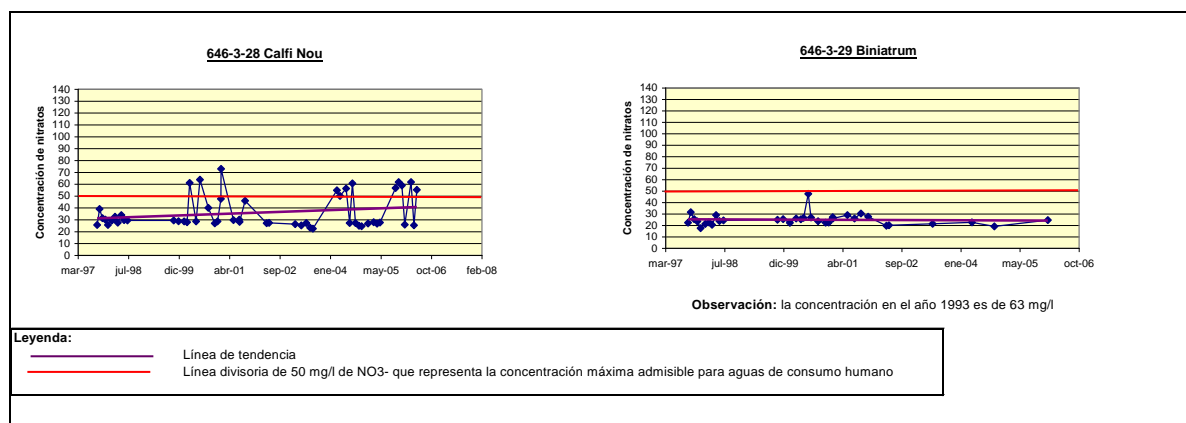


Figura 6. Gráficos de evolución histórica de pozos representativos del término municipal de Ferreries.

Ferreries

En Ferreries a pesar de que el pozo de Calafí Nou presenta una tendencia al alza con una concentración en nitratos inferior a 50 mg/l se observa que las últimas analíticas superan dicha concentración. Esta es debida a contaminación puntual. En general las aguas de Ferreries se encuentran con concentraciones inferiores a 50 mg/l.

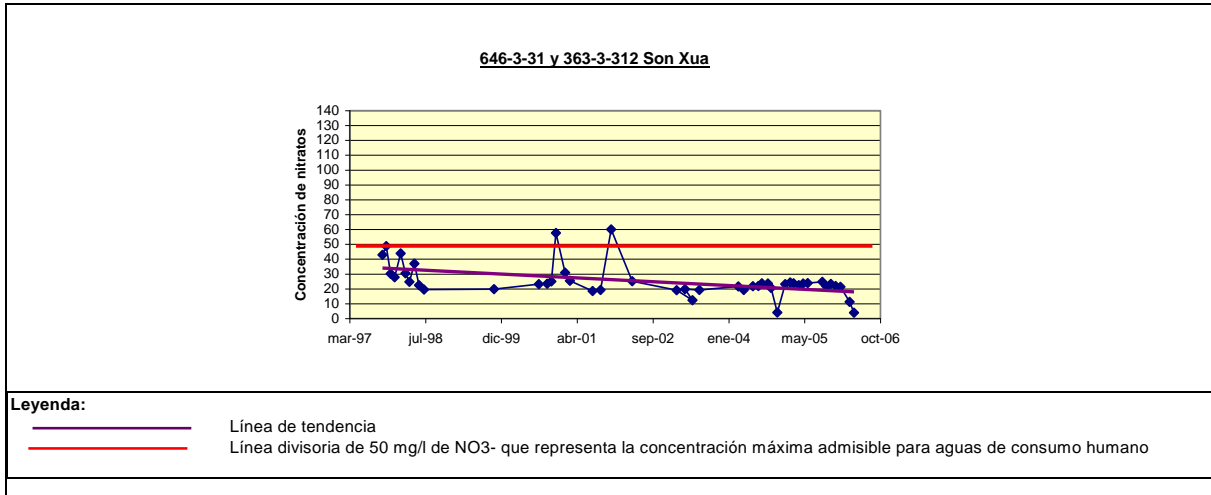


Figura 7. Gráfico de evolución histórica de un pozo representativo del término municipal de Es Migjorn Gran.

Es Migjorn Gran

Es Migjorn Gran no se caracteriza por una elevada actividad agraria pero sí por tener una amplia zona con agrojardinería, asimismo dicho término municipal se encuentra situado sobre una zona del acuífero con vulnerabilidad media. En este caso se observa que en el pozo estudiado, cuya concentración se encuentra por debajo de los 50 mg/l, se está produciendo una inversión en la tendencia de la concentración de nitratos.

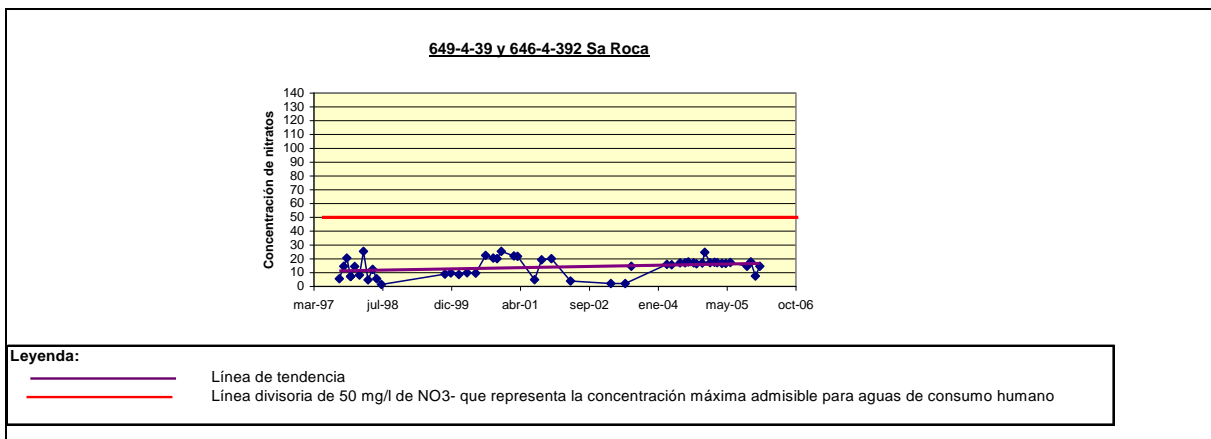


Figura 8. Gráfico de evolución histórica de un pozo representativo del término municipal de Es Mercadal.

Es Mercadal

Las aguas analizadas en este pozo de Es Mercadal pertenecen al acuífero de Albaida. Este acuífero se caracteriza por tener unas aguas cuya concentración en nitratos no suele superar los 50 mg/l a excepción de algún caso de contaminación puntual. En el pozo de "Sa Roca", a pesar que la tendencia es al alza la concentración se mantiene muy por debajo de los 50 mg/l no llegando a alcanzar los 30 mg/l.

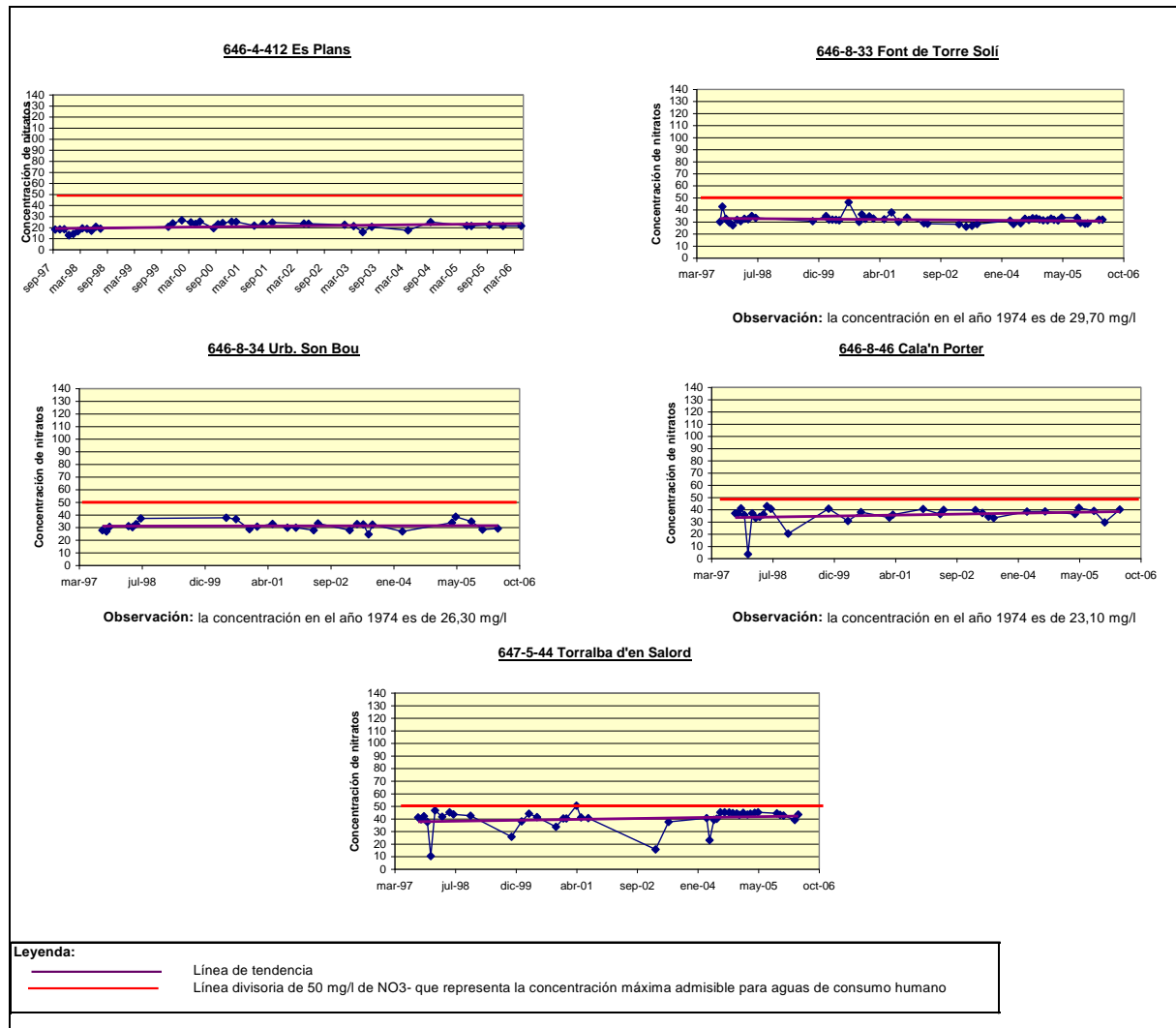


Figura 9. Gráficos de evolución histórica de pozos representativos del término municipal de Alaior.

Alaior

En Alaior las aguas se encuentran con concentraciones inferiores a los 50 mg/l y las tendencias o bien se mantienen estables o bien tienden al alza (ver figura 9). Se trata de una zona donde el acuífero es medianamente vulnerable a sufrir contaminación. La ligera tendencia al aumento en el pozo de “Torralba d’en Salord” se relaciona con la actividad agraria que hay aguas arriba de esta zona, encontrándose también urbanizaciones donde se practica la agrojardinería. En “Cala en Porter” el aporte de nitratos también podría tener su origen en las fosas sépticas.

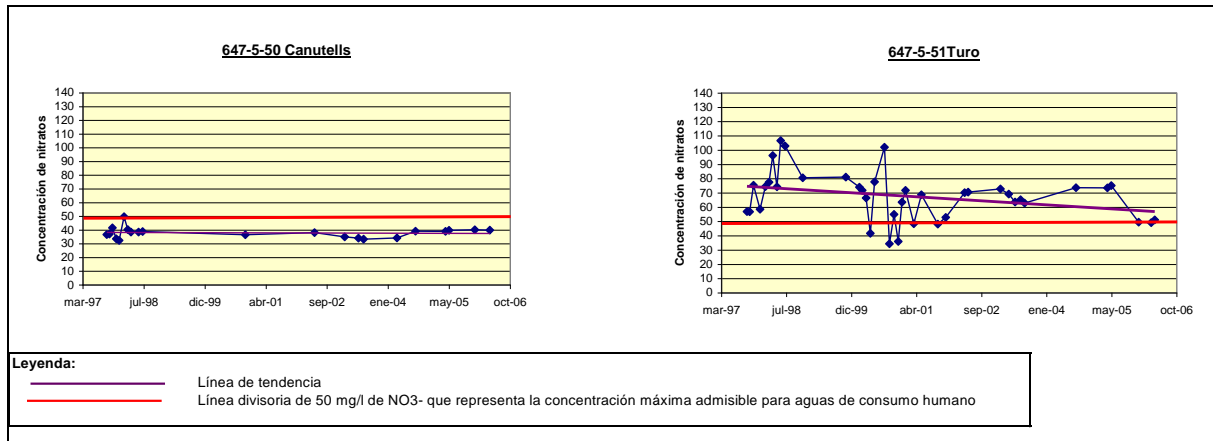


Figura 10. Gráficos de evolución histórica de pozos representativos del término municipal de Mahon.

Mahon

En Mahon el acuífero presenta una vulnerabilidad a la contaminación media a media-alta (figura 16). El pozo de “Turo”, donde se está produciendo una disminución en el contenido de nitratos, se encuentra sobre una zona donde se practica la agrojardinería y donde la vulnerabilidad a la contaminación es media-alta. Es probable que dicha disminución en la concentración de nitratos sea debida al abandono de campos de cultivo en la zona. En el pozo de “Canutells” no se alcanzan los 50 mg/l y los valores se mantienen estables en el transcurso de los años.

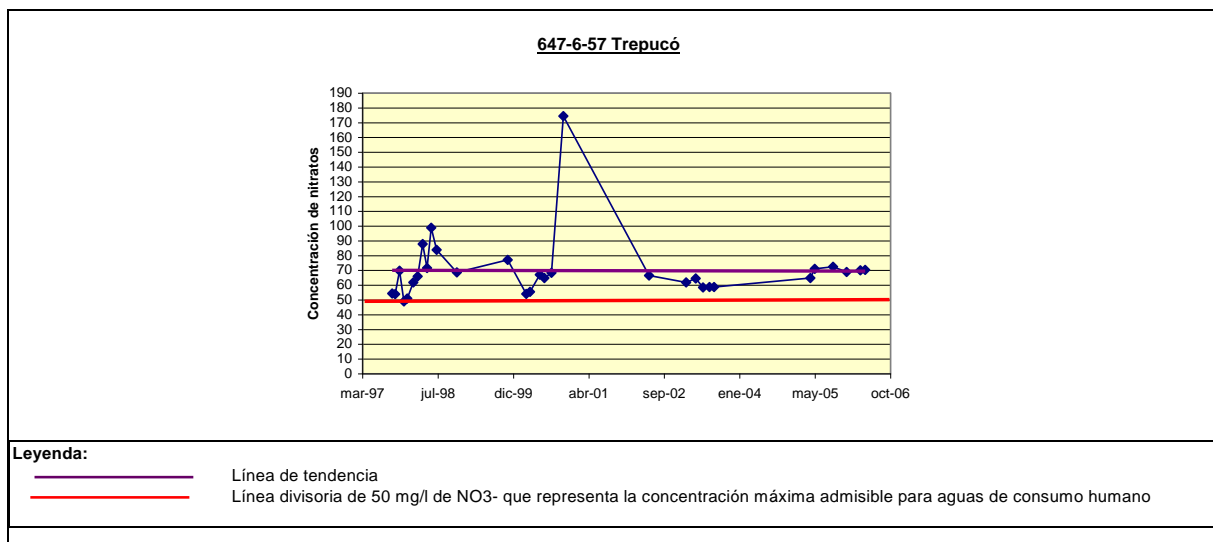


Figura 11. Gráfico de evolución histórica de un pozo representativo del término municipal de Es Castell.

Es Castell

Este pozo refleja que a pesar de las distintas fases de contaminación se mantiene una tendencia alrededor de los 70 mg/l en NO_3^- . Este valor se encuentra dentro del rango de contaminación de gran parte de los valores hallados en las aguas de Es Castell en el año 2006.

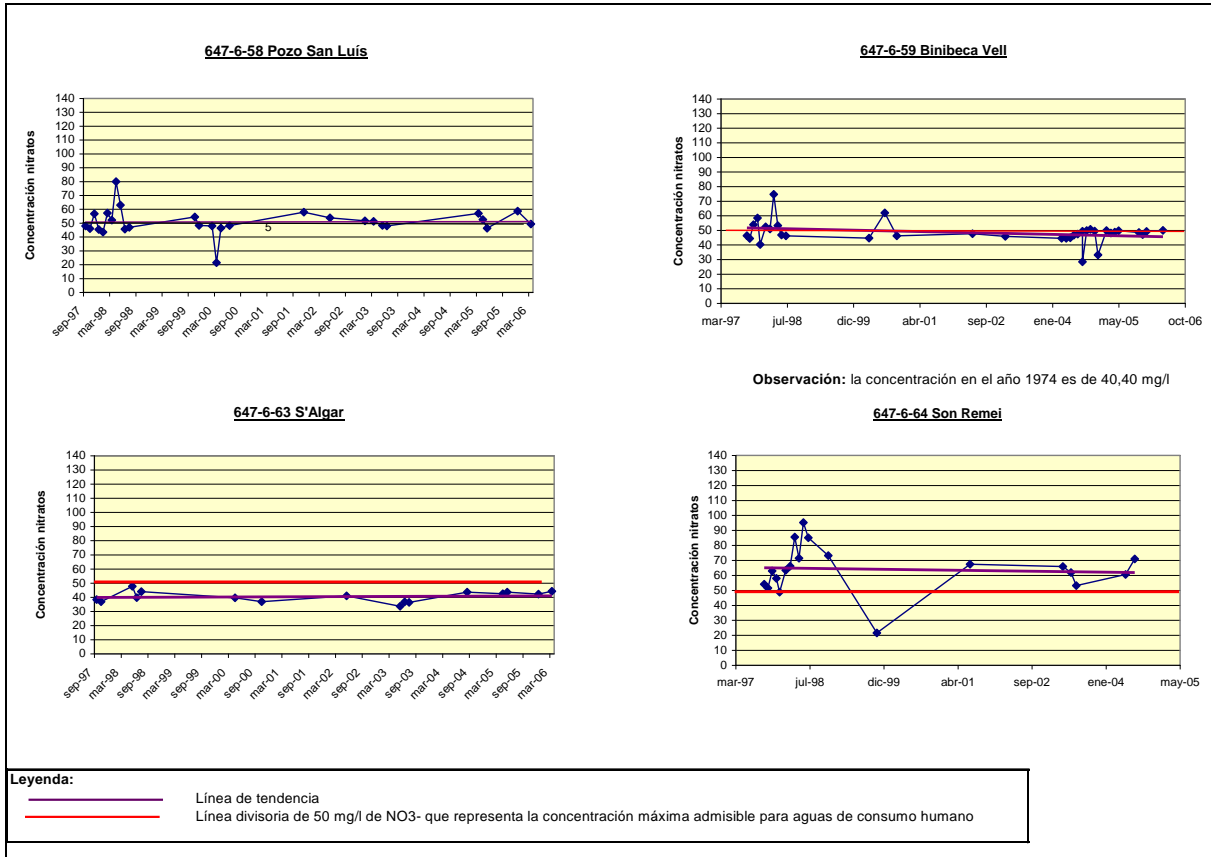


Figura 12. Gráficos de evolución histórica de pozos representativos del término municipal de San Luís.

San Luís

3 de 4 de los pozos del término municipal de San Luís de los que se ha hecho un seguimiento a lo largo de los años han alcanzado la concentración máxima admisible para consume humano. “S’Algar” y “Binibeca Vell” tratan de zonas urbanizadas. “Binibeca Vell” muestra una ligera tendencia a la disminución en la concentración de nitratos. “San Luís” se mantiene estable en los 50 mg/l y “Son Remei”, que es un predio, tiende a una ligera disminución, no obstante, desde 1997 sus valores se encuentran sobre los 50 mg/l exceptuando el año 1999.

8.2 Planos de isonitratos años 1974 y 2000.

De todos los datos proporcionados por miembros de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears, se han escogido los datos pertenecientes a los años 1974 y 2000 por tal de representar la evolución del contenido de nitratos en las aguas subterráneas de los acuíferos de Migjorn y Albaida. De 1974 se disponen de un total de 77 puntos de muestreo pertenecientes únicamente al acuífero de Migjorn, y del año 2000 93 muestras pertenecen al acuífero de Migjorn y 5 al acuífero de Albaida.

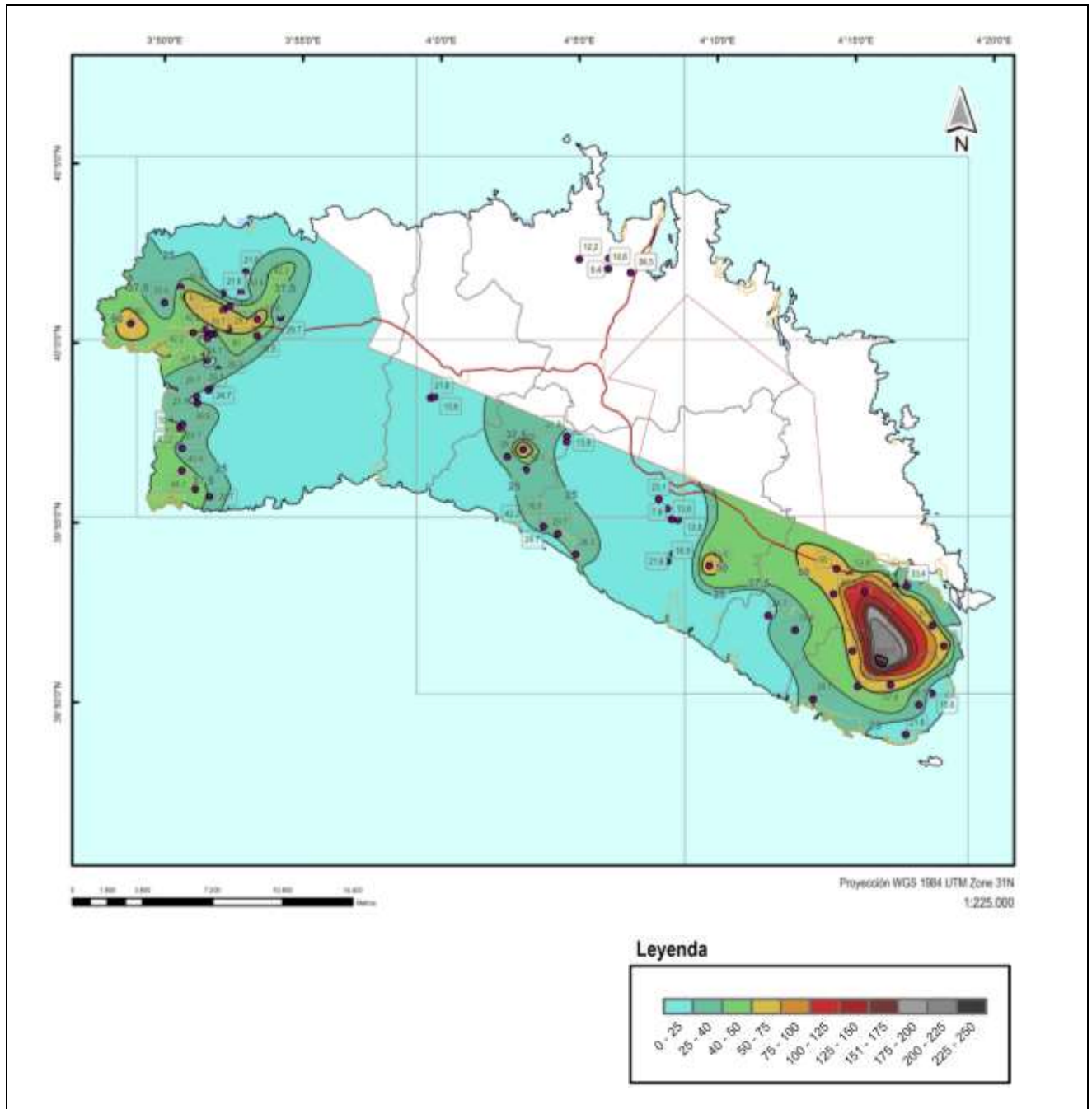


Figura 13. Plano de isonitratos del acuífero de Migjorn para el mes de Noviembre del año 1974.

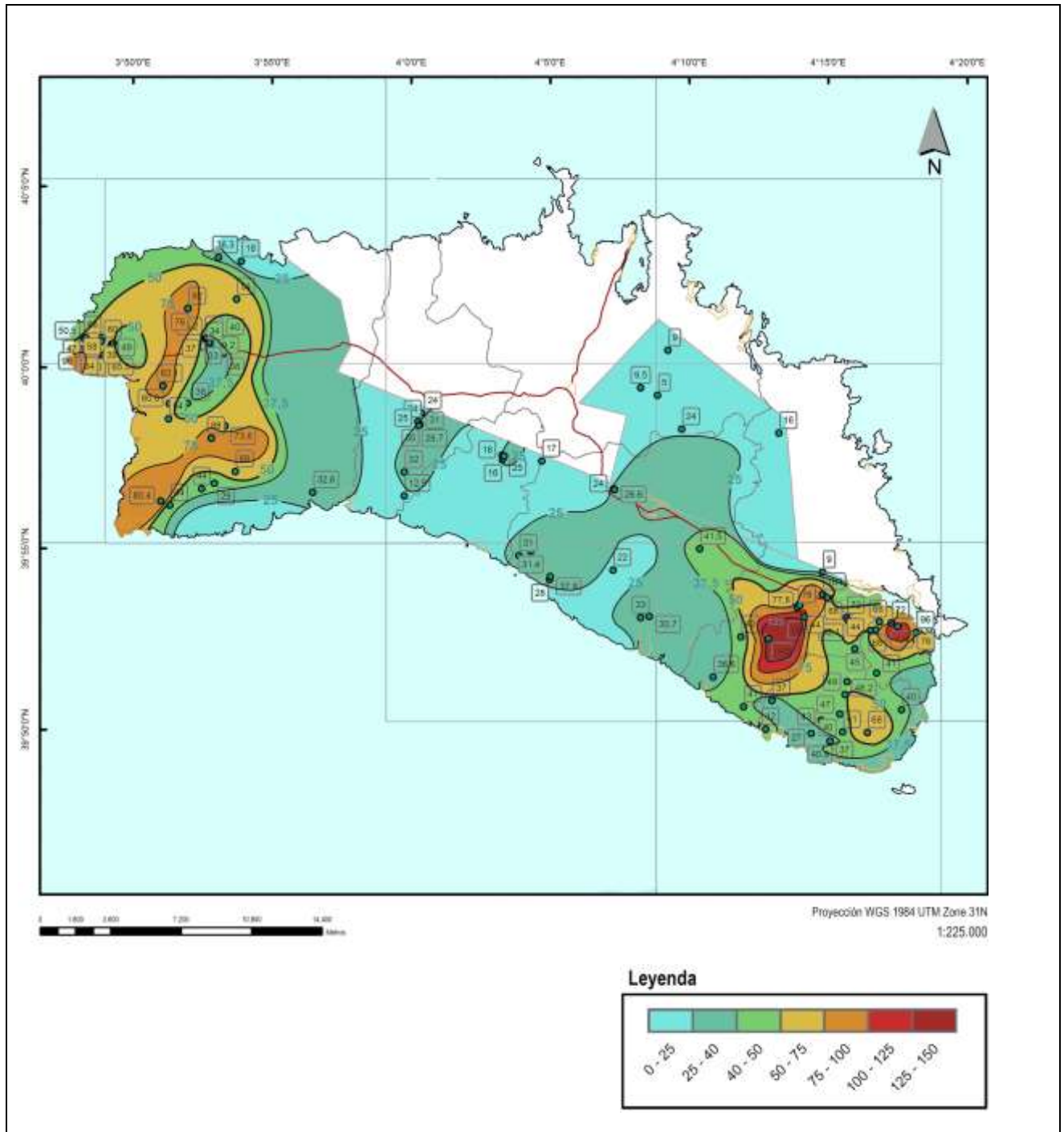


Figura 14. Plano de isonitratos para el mes de Mayo del año 2000.

9. CONTENIDO DE NITRATOS AÑO 2006

9.1. Selección de los puntos de muestreo

En general, la mayor disponibilidad de datos coincide con las zonas donde se sitúan los principales problemas por contaminación en nitratos detectados ya en los años 1974 y 2000 que vienen a ser los términos municipales de Ciutadella en el extremo oeste de la isla, y de Mahon, San Luís y Es Castell en el extremo este. De las 115 muestras analizadas 106 pertenecen al acuífero de Migjorn y 9 al acuífero de Albaida. La distribución porcentual de las muestras analizadas en cada término municipal para el acuífero de Migjorn viene a ser la siguiente:

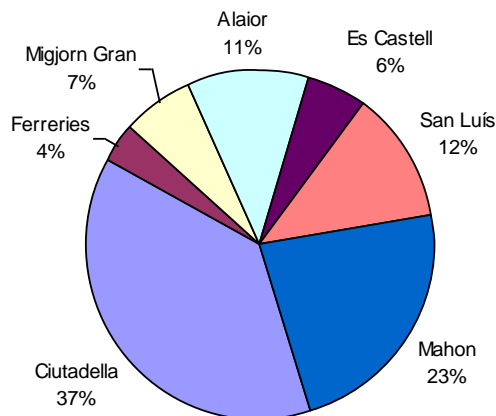


Gráfico 3. Distribución porcentual de las muestras analizadas en cada término municipal para el acuífero de Migjorn.

En el acuífero de Albaida las muestras analizadas corresponden al término municipal de Es Mercadal.

9.2 Toma de muestras

La toma de muestras se realizó durante el menor periodo de tiempo posible con el fin que las analíticas de los puntos de muestreo no se vieran afectadas por episodios de lluvia importantes entre las fechas de toma de muestras.

Previamente a la toma de muestras de agua en los pozos se bombeó un cierto volumen de agua con el fin de evitar analizar posible agua estancada de aquellos pozos que no han sido utilizados recientemente cuyas aguas habrían podido sufrir alteraciones físico-químicas.

9.3. Resumen del contenido de nitratos

Resulta interesante clasificar las muestras analizadas en función de las concentraciones de ión nitrato NO_3^- . Para ello nos basamos en los siguientes intervalos:

- **50 mg/l:** todas aquellas muestras cuya concentración en nitrato sea igual o superior a 50 mg/l se consideran contaminadas en base al Anexo I de la Directiva 2006/118/CE, donde se establecen las normas de calidad para las aguas subterráneas.
- **37,5 mg/l:** Este valor corresponde al 75 % de 50 mg/l. Según la Directiva 2006/118/CE, en el Anexo IV Parte B concreta que *“el punto de partida para aplicar medidas destinadas a invertir tendencias significativas y sostenidas al aumento será el momento en el cual la concentración del contaminante alcance el 75 % de los valores paramétricos de las normas establecidas en el Anexo I”*.
- **< 37,5 mg/l:** Todas aquellas muestras cuya concentración sea inferior a 37,5 mg/l no se considerarán contaminadas.

Acuífero de Migjorn:

Porcentaje de muestras clasificadas en función de la concentración de ión nitrato (mg/l NO_3^-)	Número de muestras pertenecientes a cada término municipal	Porcentaje que representa sobre el total de muestras analizadas en cada término municipal
47,2 % \geq 50 mg/l NO_3^-	Ciudadella: 24	60 %
	Ferrerries: 1	25 %
	Migjorn Gran: 1	14,3 %
	Alaior: 1	8,3 %
	Es Castell: 5	83,3 %
	San Luís: 3	23,1 %
	Mahon: 15	62,5 %
26,4 % entre 37,5 y 50 mg/l NO_3^-	Ciudadella: 9	22,5 %
	Ferrerries: -	--
	Migjorn Gran: 1	14,3 %
	Alaior: 3	25 %
	Es Castell: 1	16,7 %
	San Luís: 7	53,8 %
	Mahon: 7	29,2 %
26,4 % < 37,5 mg/l NO_3^-	Ciudadella: 7	17,5 %
	Ferrerries: 3	75 %
	Migjorn Gran: 5	71,4 %
	Alaior: 8	66,7 %
	Es Castell: --	--
	San Luís: 3	23,1 %
	Mahon: 2	8,3 %

Tabla 3. Tabla resumen de la distribución de las concentraciones de nitratos en función de cada término municipal, para el acuífero de Migjorn.

- En base a los datos reflejados en la tabla 3, únicamente el 26,4% de las muestras no presentan contaminación por nitratos. Estas muestras se encuentran localizadas básicamente en los términos municipales del interior de la isla y son: Ferrerries, Es Migjorn Gran y Alaior.
- En el 26,4 % de las muestras se deberán invertir las tendencias, sobretudo en las muestras analizadas en San Luís.

- La mayoría de las muestras, es decir, el 47,2 % se encuentran contaminadas. Localizamos muestras contaminadas a lo largo de todos los términos municipales situados sobre el acuífero de Migjorn, pero destacan de forma notable los términos municipales de Ciutadella, Mahon y Es Castell. Aun así hay una clara diferenciación en las concentraciones obtenidas en Ciutadella o en Mahon y Es Castell. Mientras que en Ciutadella 8 muestras superan los 100 mg/l llegando incluso a valores de 137 mg/l (al noroeste) y de 142 mg/l al sureste, Mahon únicamente localizamos una muestra con una concentración de 106 mg/l y en Es Castell el valor máximo detectado es de 85 mg/l. Estos valores se pueden observar claramente en el mapa de isonitratos representado en la figura 15.

Acuífero de Albaida:

Porcentaje de muestras en función de la concentración de ión nitrato (mg/l NO ₃ ⁻)	Número de muestras pertenecientes a cada término municipal	Porcentaje que representa sobre el total de muestras analizadas en cada término municipal
11,1 % ≥ 50 mg/l NO ₃ ⁻	Es Mercadal: 1	11,1 %
88,9 % < 37,5 mg/l NO ₃ ⁻	Es Mercadal: 8	88,9%

Tabla 4. Tabla resumen de la distribución de las concentraciones de nitratos en el término municipal de Es Mercadal, para el acuífero de Albaida.

- El acuífero de Albaida se caracteriza por ser un acuífero con las aguas muy poco o casi no contaminadas por nitratos. En este caso, de 9 muestras 1 presenta contaminación por nitratos, lo que se interpreta como contaminación puntual.

9.4 Plano de isonitratos año 2006

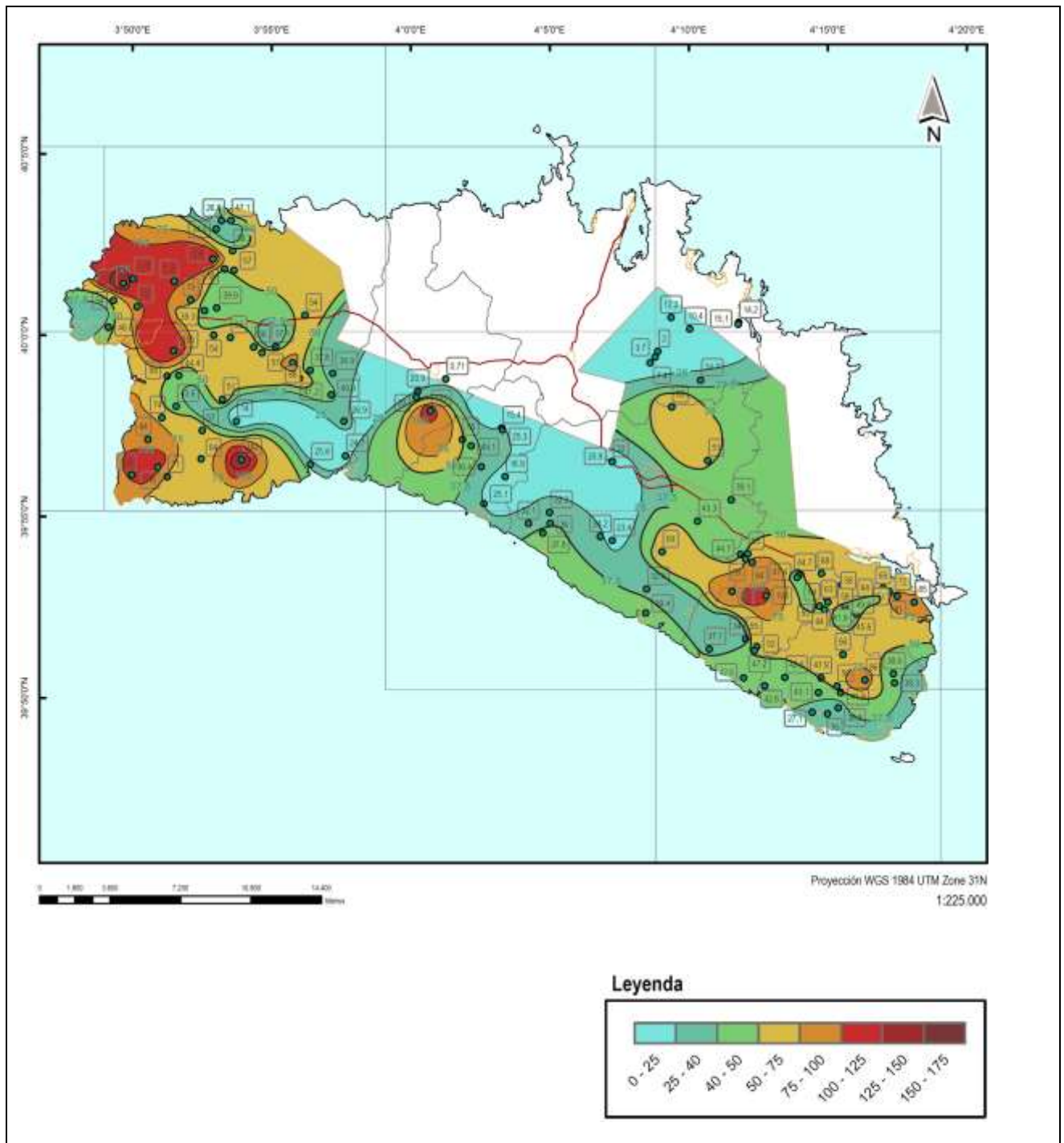


Figura 15. Plano de isonitratos para el periodo de Noviembre-Diciembre del año 2006.

10. USO HUMANO DEL AGUA

En la figura 4 se ha grafiado la situación de los núcleos urbanos, de los rurales llamado agrojardinería y de las viviendas aisladas en suelo rústico. Los núcleos urbanos disponen de red de alcantarillado, sin embargo la mayoría de los núcleos rurales y de las viviendas aisladas situados en suelo rústico no disponen de red de alcantarillado, evacuando las aguas sucias a pozos negros o fosas sépticas.

11. CARTOGRAFÍA DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS DE MENORCA

En las aguas subterráneas el poder depurador del terreno, en especial en acuíferos detríticos con porosidad intergranular y elevado contenido en minerales de arcilla o materia orgánica en la zona no saturada, puede atenuar o reducir a niveles aceptables el deterioro de la calidad. Este hecho constituye un factor positivo de protección natural de los acuíferos.

La vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación refleja la sensibilidad de las aguas subterráneas a una alteración de la calidad originada por actividades humanas. Dicha vulnerabilidad es función, en gran medida, de una serie de características intrínsecas del acuífero, referidas a la porción del terreno situada sobre la superficie piezométrica. Estas características incluyen aspectos mineralógicos, nivel de consolidación y figuración y grado de desarrollo del suelo vegetal.

La evaluación de la vulnerabilidad en un acuífero depende en buena medida del conocimiento de los parámetros físicos que condicionan la evolución del contaminante en el terreno. Es por ello que se ha considerado el método DRASTIC puesto que es el método que tiene en cuenta mayor número de variables.

DRASTIC está formado por las siguientes variables: **Depth** (profundidad del nivel del agua), **Recharge** (recarga neta), **Aquifer** (naturaleza del acuífero), **Soil** (tipo de suelo), **Topography** (topografía, pendientes máximas), **Impact** (impacto de la zona no saturada), **Hidraulic Conductivity** (permeabilidad hidráulica).

DRASTIC asume la presencia de un contaminante con las siguientes características:

- tiene la movilidad del agua
- es introducido a través de la superficie del terreno
- se incorpora al agua subterránea por la recarga procedente de la precipitación o los retornos de riego.
-

El valor del índice DRASTIC en Menorca se ha obtenido a partir del estudio de la *CARTOGRAFIA DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS DE LA ISLA DE MENORCA* realizado en 2002 por la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears. Si atendemos a la figura 16, observamos que las zonas más vulnerables se encuentran situadas en la costa este de la isla, Mahón, Es Castell y San Luís, así como la costa oeste de la isla, comprendiendo la práctica totalidad de la costa del término municipal de Ciutadella, y las costas de Ferreries y Es Migjorn Gran. Dichas zonas pertenecen al acuífero de Migjorn. Por el contrario, en el acuífero de Albaida no se hallan zonas tan vulnerables.

La vulnerabilidad a la contaminación de los dos acuíferos objeto de estudio, según la *Monografía de las unidades hidrogeológicas*, se especifica a continuación:

- Acuífero de Albaida, formado por las Dolomías y calizas del Lías, es vulnerable por la fisuración que presentan las Dolomías, pero reducen el riesgo de contaminación la escasa presencia de actividades humanas (únicamente algunas vaquerías) y el uso limitado que se hace de este acuífero.
- Sin embargo el acuífero de Migjorn, que es el principal acuífero de la isla y está formado básicamente por calcarenitas y calizas arrecifales de Mioceno es notablemente vulnerable por las siguientes razones:
 - Posee una importante permeabilidad, tanto por porosidad como por carstificación.
 - El nivel piezométrico se halla relativamente poca profundidad.
 - Se practica un uso intensivo del acuífero, para abastecimiento, agricultura y ganadería, amén del uso industrial.

Dejando de un lado la contaminación difusa de origen agrario, resulta interesante conocer que, según la *Monografía de las Unidades Hidrogeológicas*, existen en la Unidad de Migjorn 90 focos potenciales de contaminación inventariados: 15 estaciones depuradoras de aguas residuales, 10 vertederos de residuos sólidos, chatarra o escombros, 4 puntos de vertido de residuos industriales, 21 vertidos de aguas residuales sin depurar, 11 depósitos de carburantes, 7 cementerios, 20 granjas y 2 mataderos. Once de estos focos son de potencialidad nula, cuatro son de potencialidad baja o muy baja, 48 lo son de moderada-media y 26 de potencialidad alta-muy alta, a ellos se deben añadir los situados en el acuífero de Albaida que son: un vertedero de escombros y una granja, ambos de potencialidad moderada-media.

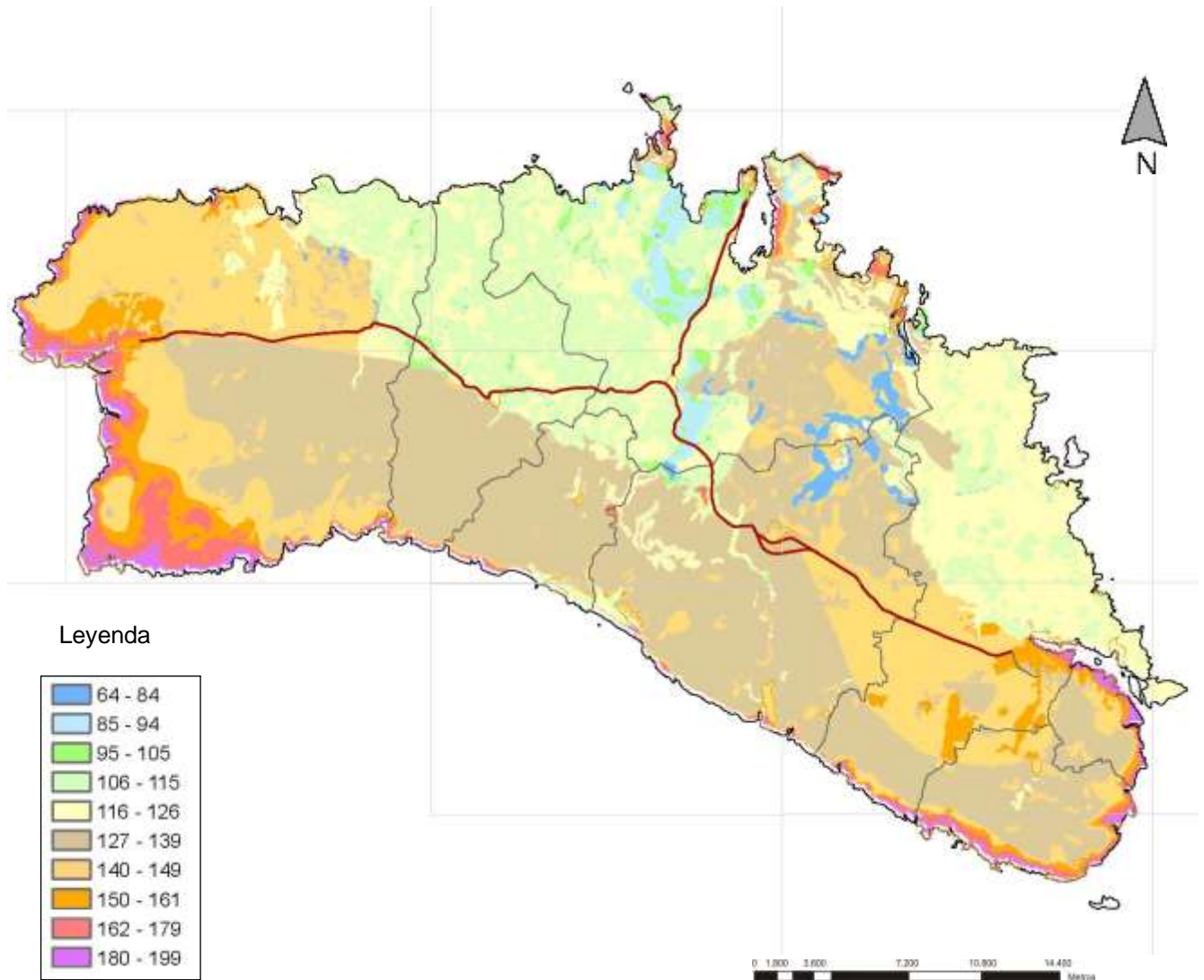


Figura 16. Representación cartográfica de la vulnerabilidad de los acuíferos de Menorca mediante el cálculo del índice DRÁSTIC (Modificado de la Direcció General de Recusos Hídrics, 2002).

12. ZONAS DECLARABLES COMO VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN DIFUSA POR NITRATOS DE ORIGEN AGRARIO

La incorporación al Ordenamiento Jurídico Español de la Directiva 91/676, que se ha establecido mediante el Real Decreto 261/1996 de 16 de Febrero, sobre la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias, teniendo como objetivo fundamental el de prevenir y corregir la contaminación de las aguas continentales y litorales por nitratos de origen agrario.

El ámbito físico de actuación corresponde a las denominadas **zonas vulnerables**, definidas como las superficies conocidas de territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas afectadas por este tipo de contaminación (más de 50 mg/l de NO_3^-) o las susceptibles de serlo.

En Menorca las causas de la contaminación por nitratos son diversas siendo el sector agrario el más destacable. La utilización abusiva de abonos nitrogenados en los campos propicia que una parte del nitrógeno sea lavado por el agua y se infiltre en los acuíferos. Debido a que las zonas de regadío utilizan el agua de los acuíferos de Migjorn y Albaida, se tiene el siguiente ciclo: extracción- evaporación-concentración-infiltración-extracción con lo que el agua se va concentrando en sales con la sola dilución de los aportes de lluvia.

En resumen y analizando con detenimiento la información recopilada hasta el momento, se puede hablar de deficiencias en la calidad de las aguas, que afectan básicamente a los términos municipales de Ciutadella, Mahon, Es Castell y San Luís, los cuales soportan una importante carga de compuestos nitrógeno que se traduce en la presencia generalizada de nitrato en las aguas subterráneas. A nivel global, en el acuífero de Migjorn, de 391 km² de superficie, un 47,2% de las muestras contienen concentraciones iguales o superiores a 50 mg/l NO₃⁻, concentración máxima admisible para consumo humano. Por el contrario sólo un 11,1% de las muestras analizadas en el acuífero de Albaida, de 74,4 km² de superficie, supera dicha concentración.

12.1 Contaminación por nitratos en la unidad hidrogeológica de Migjorn

El estado de las aguas en la unidad hidrogeológica de Migjorn presenta heterogeneidades, según se observa en la figura 15. A grandes rasgos se puede decir que existen tres situaciones de similar entidad: favorable, intermedia y deficiente.

En una serie de términos municipales que son Es Migjorn Gran, Ferreries y Alaior, la mayor parte de sus puntos, que en total representan el 22% de las muestras analizadas en dicho acuífero, se distribuyen en los intervalos inferiores a 50 mg/l, sin embargo hay un reducido porcentaje correspondiente a un único punto en todos los casos, que se encuentra por encima de 50 mg/l, por lo que no puede hablarse de deficiente situación, pero sí de presencia esporádica de puntos contaminados. En base a los gráficos de evolución histórica se observa que en los tres términos municipales las concentraciones de las aguas se han mantenido por debajo de los 50 mg/l, exceptuando el pozo de Calafí Nou de Ferreries donde probablemente se esté produciendo contaminación de carácter puntual. Alaior y Es Migjorn Gran se pueden catalogar como aguas de situación favorable y Ferreries como aguas de situación intermedia.

Una situación algo más deficiente, con mayor proporción de muestras con contenidos superiores a 50 mg/l, pero sin sobrepasar los 100 mg/l es la de los términos municipales de San Luís y de Es Castell, siendo peor la calidad de las aguas en el término municipal de Es Castell pues el 83% de los puntos analizados en dicho municipio alcanzan concentraciones superiores a 50 mg/l. El conjunto de las muestras analizadas en ambos municipios representan un 18% sobre el total.

Los términos municipales cuya situación es más deficiente son el de Ciutadella y Mahón, siendo Ciutadella y Mahon las dos poblaciones más importantes de la isla de las cuales el 60% y 62% respectivamente de las muestras analizadas presentan concentraciones superiores a 50 mg/l. El conjunto de las muestras analizadas en ambos municipios representan un 60% sobre el total. Los gráficos de evolución histórica indican una tendencia clara al aumento en concentración en nitrato a lo largo de todo el término municipal de Ciutadella superando en la mayoría de los casos la concentración de 50 mg/l. En Mahon los pozos de los que se disponía información histórica indican una disminución en las concentraciones, pero observando las figuras 13,14 y 15 vemos que la tendencia general de las aguas subterráneas en el término municipal de Mahon ha sido a un aumento en la concentración de nitrato. No obstante viene a ser destacable el elevado porcentaje de muestras que superan los 100 mg/l en el término municipal de Ciutadella, lo que se corresponde también ya que Ciutadella presenta la mayor presencia de campos de cultivo donde se practica el riego intensivo,

asimismo es el término municipal con mayor presencia de cabezas de bovino y por lo tanto de mayor producción anual en kg de N coincidiendo además con ser una de las zonas con mayor vulnerabilidad a la contaminación tal y como se observa en la figura 16. Es el término municipal de Ciutadella el que presenta una mayor tendencia al aumento en la concentración de nitrato tal y como se demuestra en las figuras 13, 14 y 15.

Por lo general, el acuífero de Migjorn ha sufrido a lo largo de la historia un empeoramiento en la calidad de sus aguas estando más marcado dicho empeoramiento alrededor de las dos poblaciones más importantes que son Mahon y Ciutadella. Por lo tanto, la situación de las aguas subterráneas para abastecimiento urbano puede calificarse de inadecuado dado que por debajo de la concentración máxima admisible para aguas de consumo humano sólo se encuentra un 52,8% de las 106 muestras analizadas, por lo que es elevado el porcentaje de aguas que exceden dicho valor.

12.2. Contaminación por nitratos en la unidad hidrogeológica de Albaida.

Esta unidad hidrogeológica no presenta indicios destacables de contaminación siendo obvio que el único punto donde se ha hallado una concentración superior a 50 mg/l en NO_3^- es debido a contaminación puntual, pues en el resto de los puntos analizados las concentraciones no llegan a alcanzar ni los 37,5 mg/l.

13. BIBLIOGRAFIA

Lopez-Geta, J. Antonio, María Fornés, J.Ramos, G., Vilarroya, F., 2001. Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo. Instituto Geológico y Minero de España. 93 pp.

Custodio, E., Llamas, M.R., 1983. Hidrología Subterránea. Omega S.A. ed., Barcelona, vol. 1, 1021 pp

Arenas Cuevas, M., 1998. Contaminación de las aguas subterráneas por actividades urbanas e industriales. In: Samper, J., Sauquillo, A., Capilla, J.E., Gómez Hernández, J.J. (eds.) Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente, Valencia. Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Español (A.I.H-G.E), Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE), 39-126.

PIME, 2005, Implantación de marcos de área para la realización de cartografía estadística del regadío en las unidades hidrogeológicas de Migjorn y Albaida, en Menorca. 1-4

Eptisa y D.G.R.H, 2002. Cartografía de vulnerabilidad de los acuíferos de la isla de Menorca, 9-14

Sáenz Ridruejo, C; 1983, Síntesis conocimientos hidrogeológicos de la isla de Menorca, 14 pp.

Eptisa 2002, Monografía de las unidades hidrogeológicas. Tomo IV Ibiza, Menorca y Formentera, 1-17

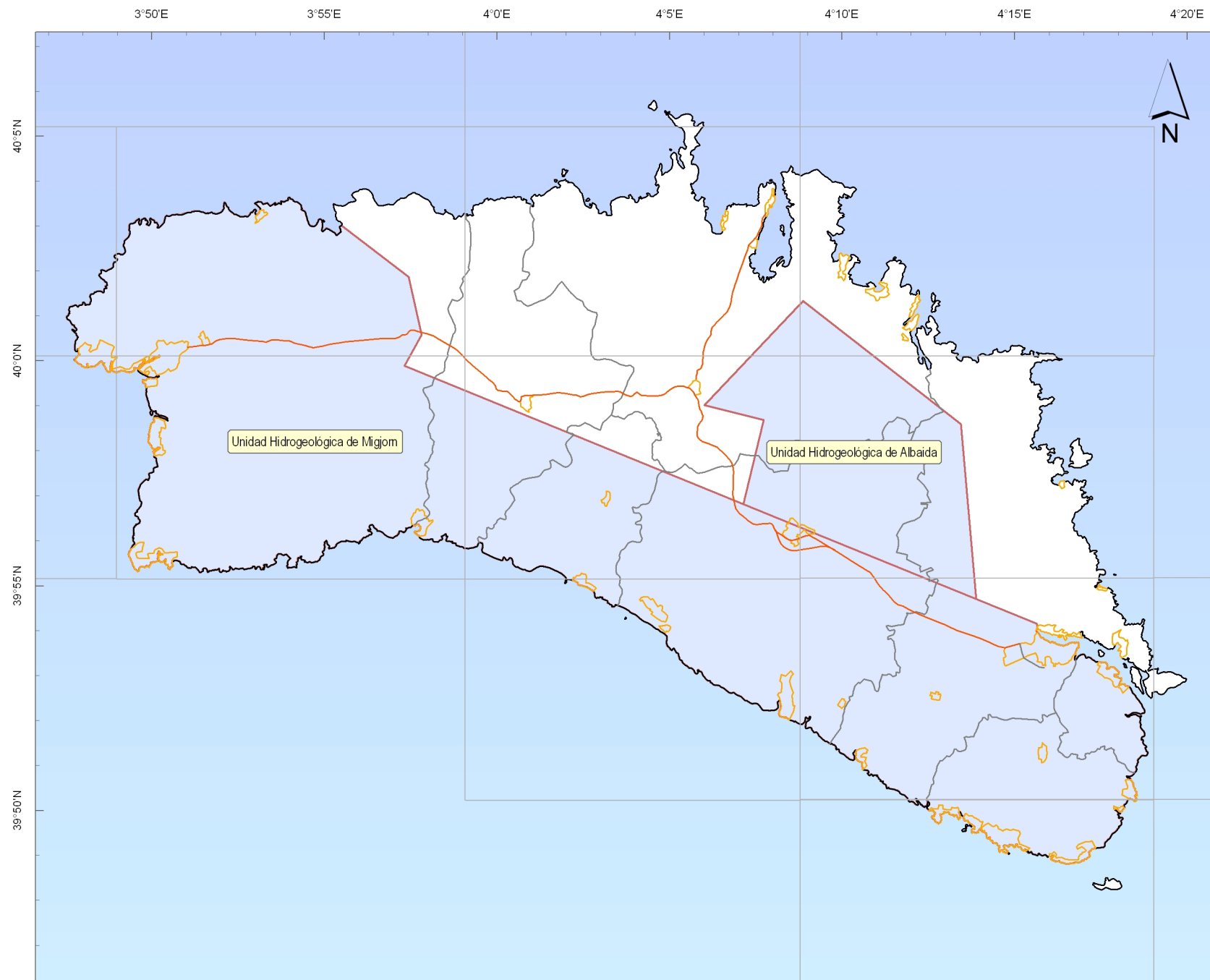
Consell Insular de Menorca, 2004. Proyecto AQUANET, Manual de buenas prácticas agrarias de la isla de Menorca, 9-41

Barón, A., 1999, Eptisa, Junta d'Aigües de Balears, Govern Balear, Propuesta del plan hidrológico de las Islas Baleares, Memoria, 93pp, 102pp, 192pp y 208 pp.

Ubicación de los Acuíferos

Delimitación de la zona de estudio

Análisis de Posibles Zonas Declarables como Vulnerables a la Contaminación por Nitratos de Origen Agrario en Menorca



Leyenda

Acuíferos

Información

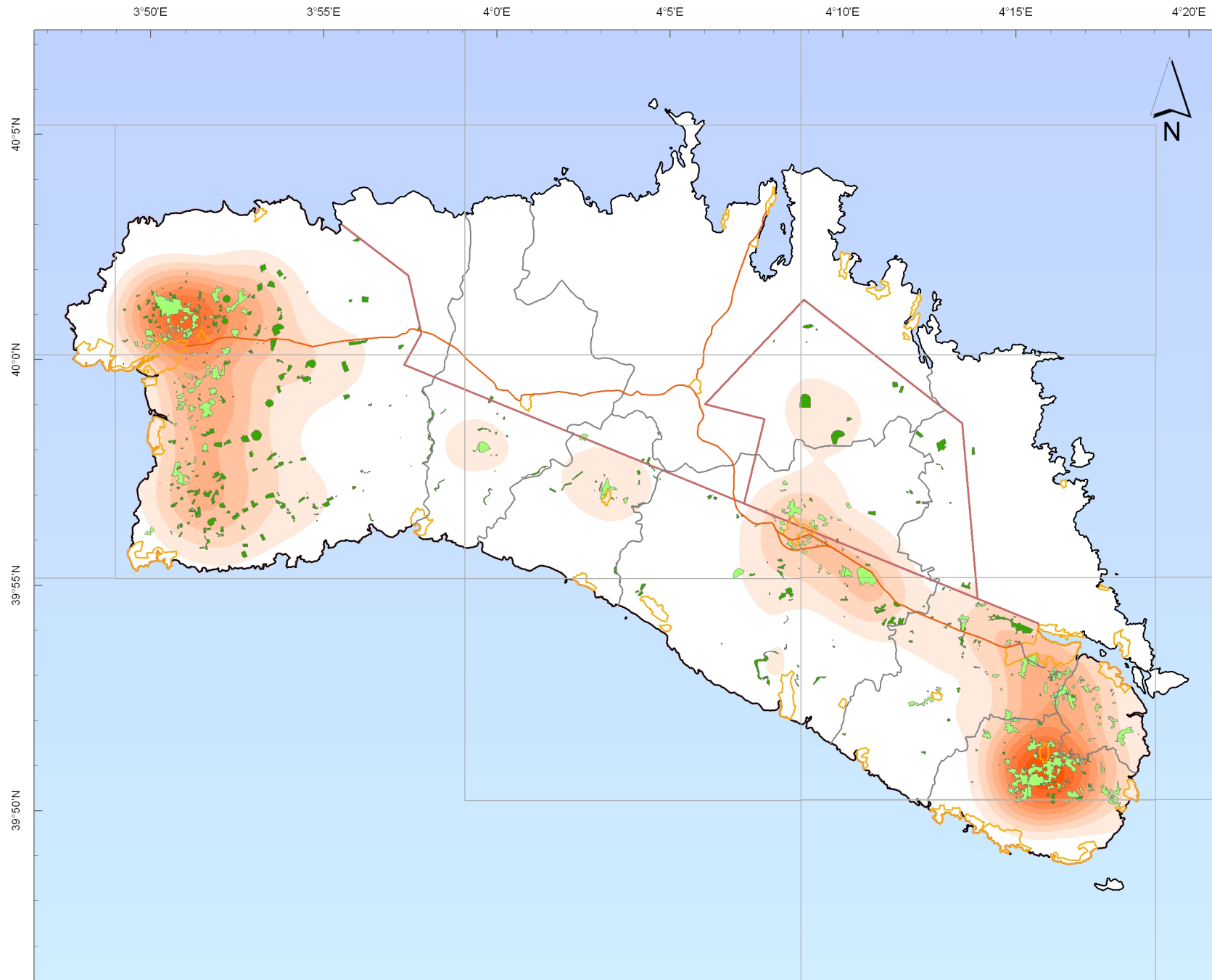
El mapa muestra la delimitaciones de los acuíferos analizados en el estudio.

 **Govern de les Illes Balears**
Conselleria de Medi Ambient

Parcelas de Cultivo Intensivo

Ubicación de las parcelas y mapa de densidad

Análisis de Posibles Zonas Declarables como Vulnerables a la Contaminación por Nitratos de Origen Agrario en Menorca



Leyenda

- Acuíferos
- Agrojardineria
- Intensivo
- Invernaderos

Densidad de Cultivo Intensivo (%)

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 100

Información

El mapa de densidad nos muestra las zonas en las que se intensifica el cultivo intensivo.

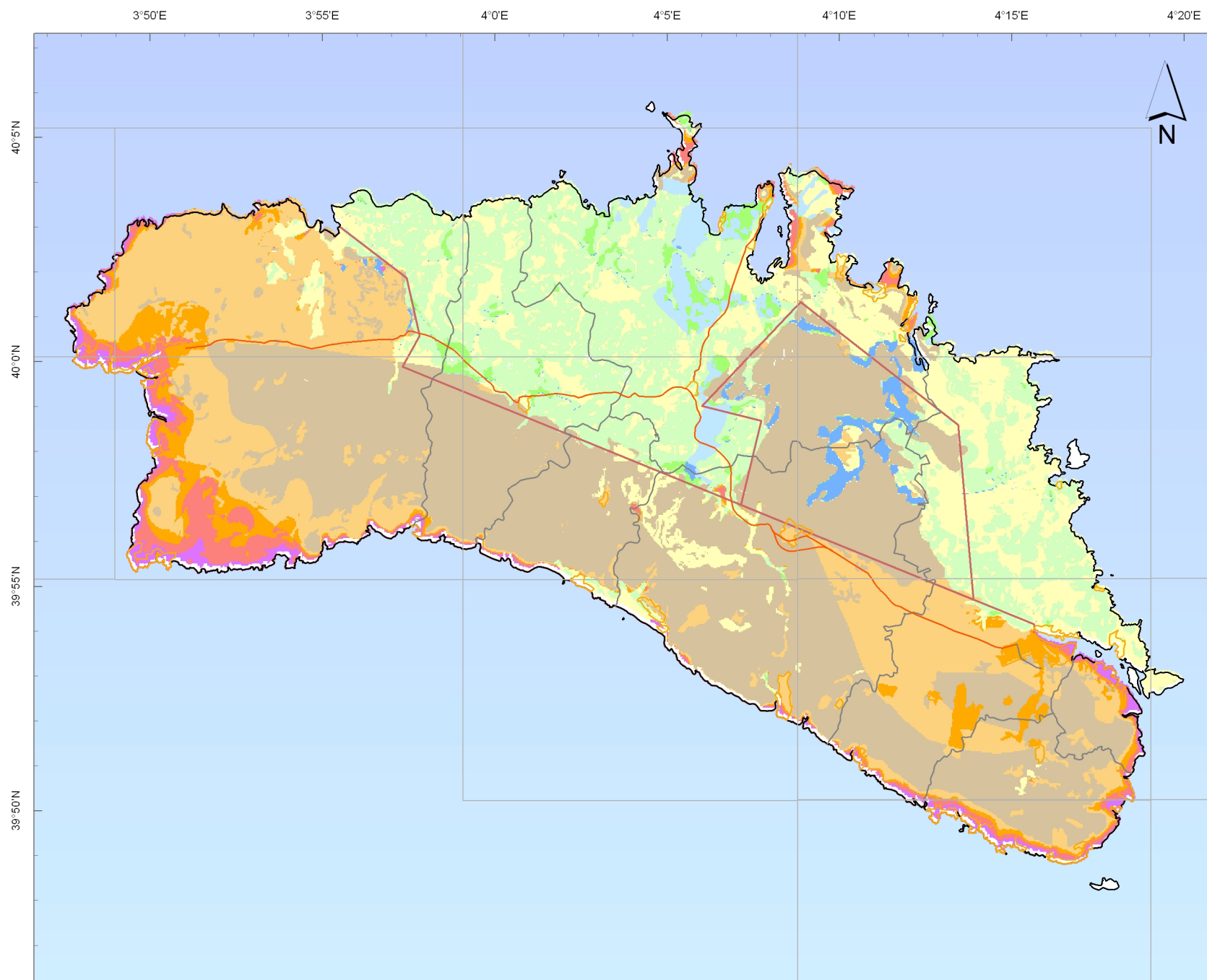
Datos obtenidos del Estudio de Implantación de Marcos de Área para la Realización de la Cartografía Estadística del Regadío en las Unidades Hidrogeológicas de Migjorn y Albaida en Menorca 2005.

 **Govern de les Illes Balears**
Conselleria de Medi Ambient

Mapa DRASTIC

Cartografía de Vulnerabilidad de los Acuíferos de Menorca

Análisis de Posibles Zonas Declarables como Vulnerables a la Contaminación por Nitratos de Origen Agrario en Menorca



Leyenda

- 64 - 85
- 85 - 94
- 95 - 105
- 106 - 115
- 116 - 126
- 127 - 139
- 140 - 149
- 150 - 161
- 162 - 179
- 180 - 199

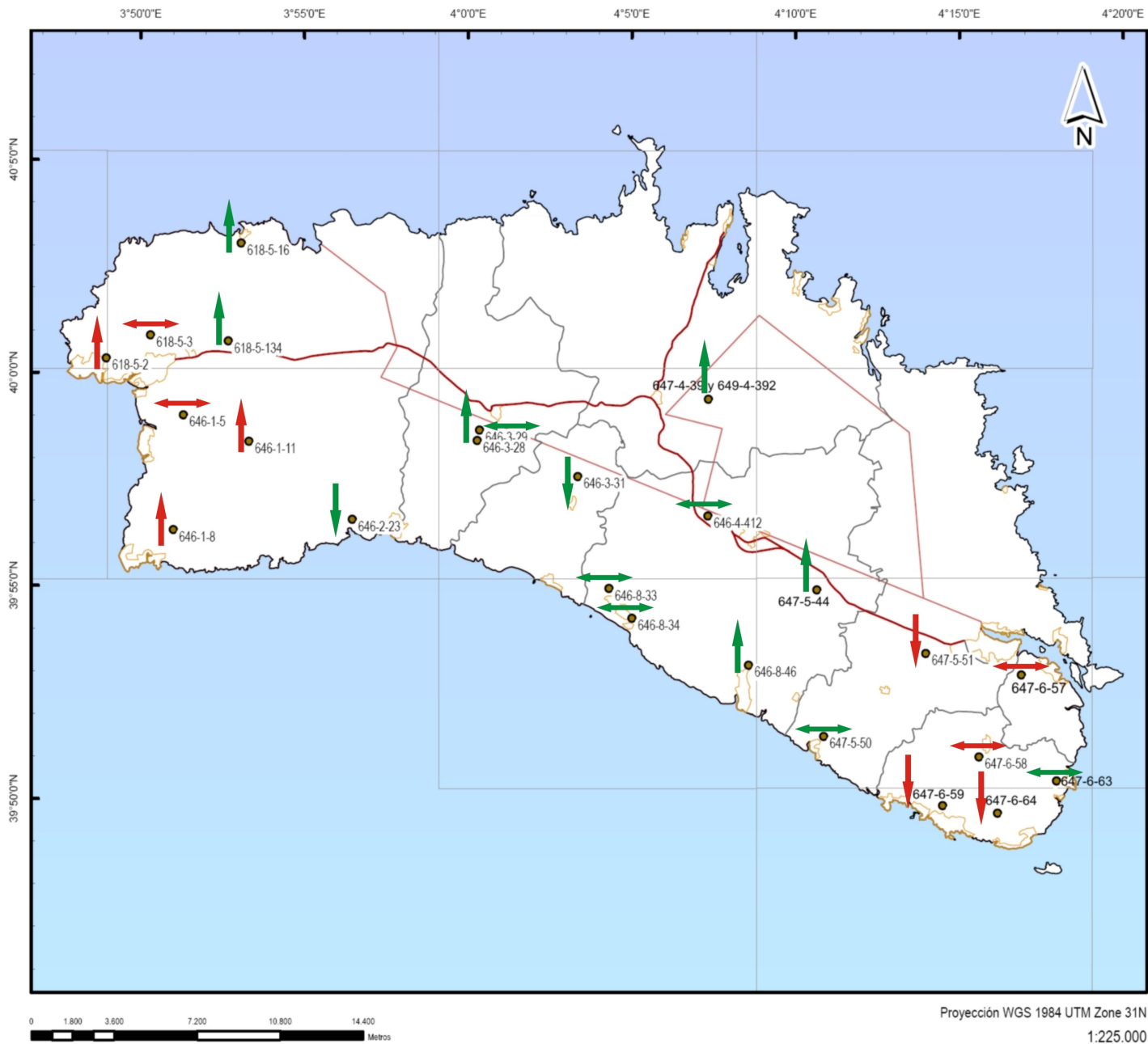
Información

Los datos de este mapa han sido obtenidos del Estudio Cartografía de Vulnerabilidad de los Acuíferos de la Isla de Menorca (Madrid 2002).







 **Govern de les Illes Balears**
Conselleria de Medi Ambient

Mapa evolución histórica

Tendencias en la concentración de nitrato del 1974 al 2006



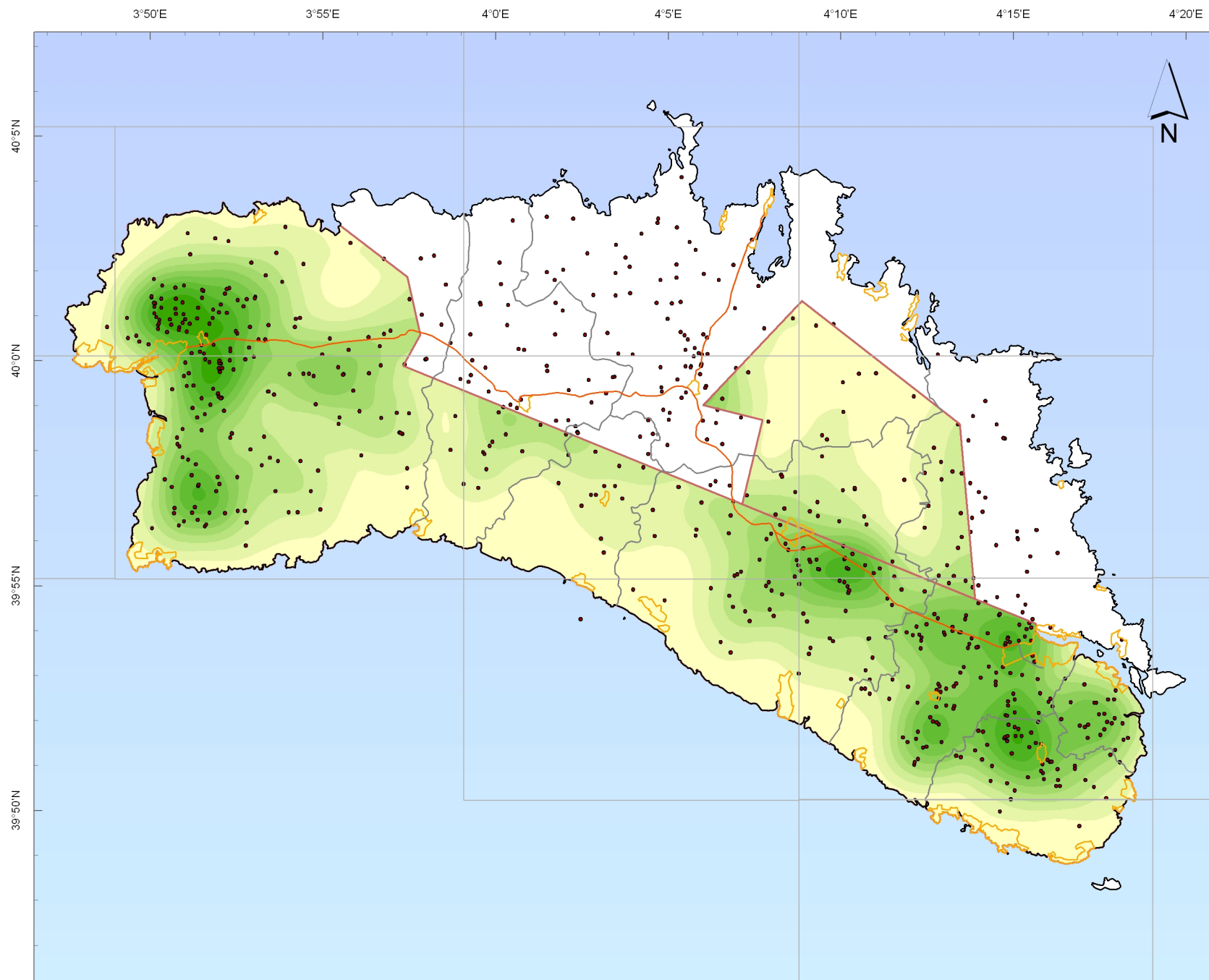
Legenda

-  Aguas con tendencia al aumento en la concentración de nitratos superior o igual a 50 mg/l
-  Aguas con tendencia a la disminución en la concentración de nitratos superior o igual a 50 mg/l
-  Aguas cuya tendencia se mantiene estable y donde la concentración de nitratos es superior o igual a 50 mg/l
-  Aguas con tendencia al aumento en la concentración de nitratos inferior a 50 mg/l
-  Aguas con tendencia a la disminución en la concentración de nitratos inferior a 50 mg/l
-  Aguas cuya tendencia se mantiene estable y donde la concentración de nitratos es inferior a 50 mg/l

Explotaciones Agrarias

Mapa de densidad

Análisis de Posibles Zonas Declarables como Vulnerables a la Contaminación por Nitratos de Origen Agrario en Menorca



Legenda

- Acuíferos
 - Ubicación Explotación
- Densidad Explotaciones (%)
- 0 - 10
 - 10 - 20
 - 20 - 30
 - 30 - 40
 - 40 - 50
 - 50 - 60
 - 60 - 70
 - 70 - 80
 - 80 - 90
 - 90 - 100

Información

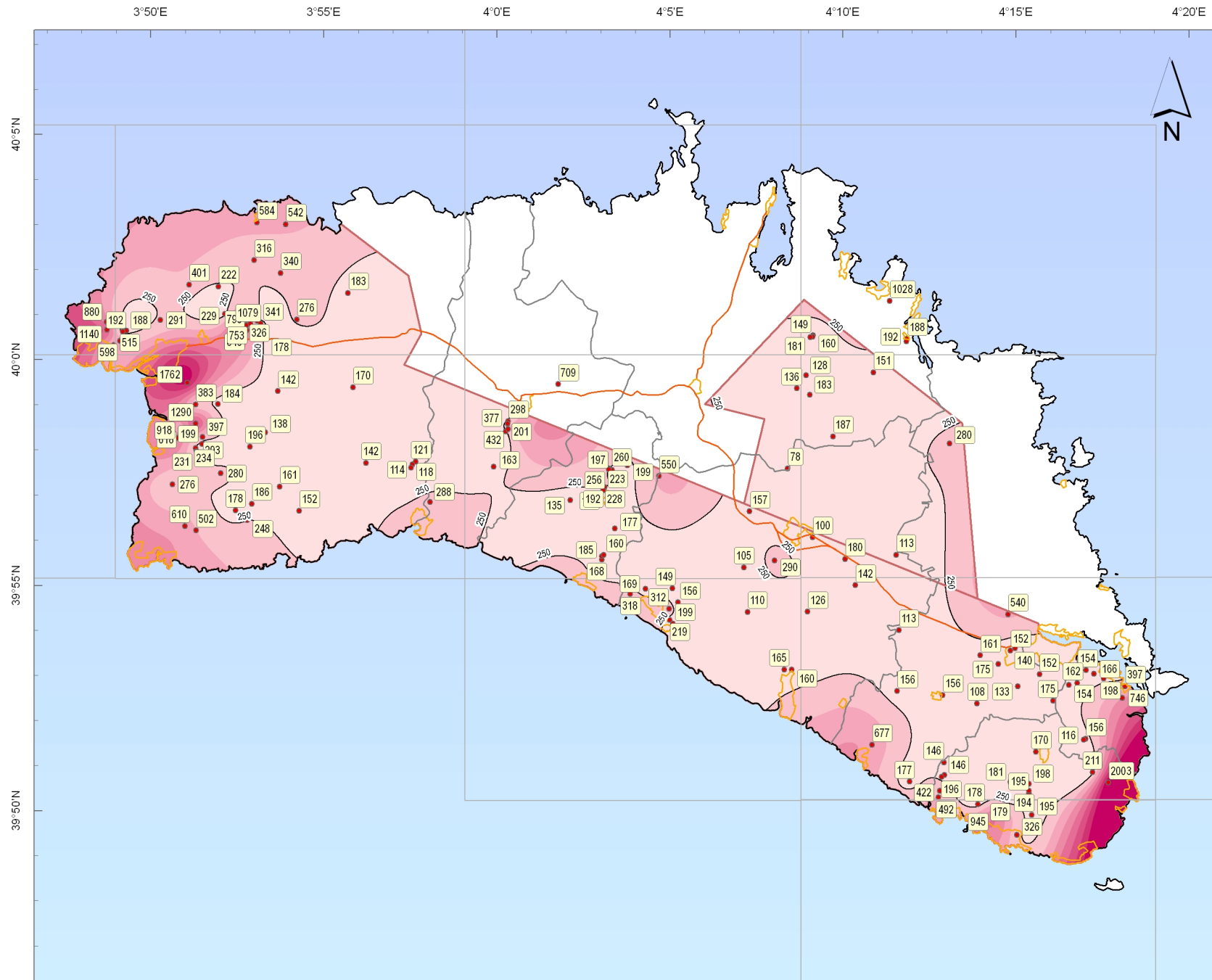
Este mapa de densidad muestra las zonas en las que se concentra mayor actividad agraria.

 **Govern de les Illes Balears**
Conselleria de Medi Ambient

Mapa de Isocloruros

Año 2003

Análisis de Posibles Zonas Declarables como Vulnerables a la Contaminación por Nitratos de Origen Agrario en Menorca



Legenda

- Acuíferos
- Ubicación Pozos
- 250 mg/l de Cloruros

Cloruros (mg/l)

- 0 - 250
- 250 - 500
- 500 - 750
- 750 - 1000
- 1000 - 1250
- 1250 - 1500
- 1500 - 1750
- 1750 - 2000

Información

La información utilizada para la realización de este mapa ha sido obtenida del proyecto Aqueant Consell Insular de Menorca 2003.

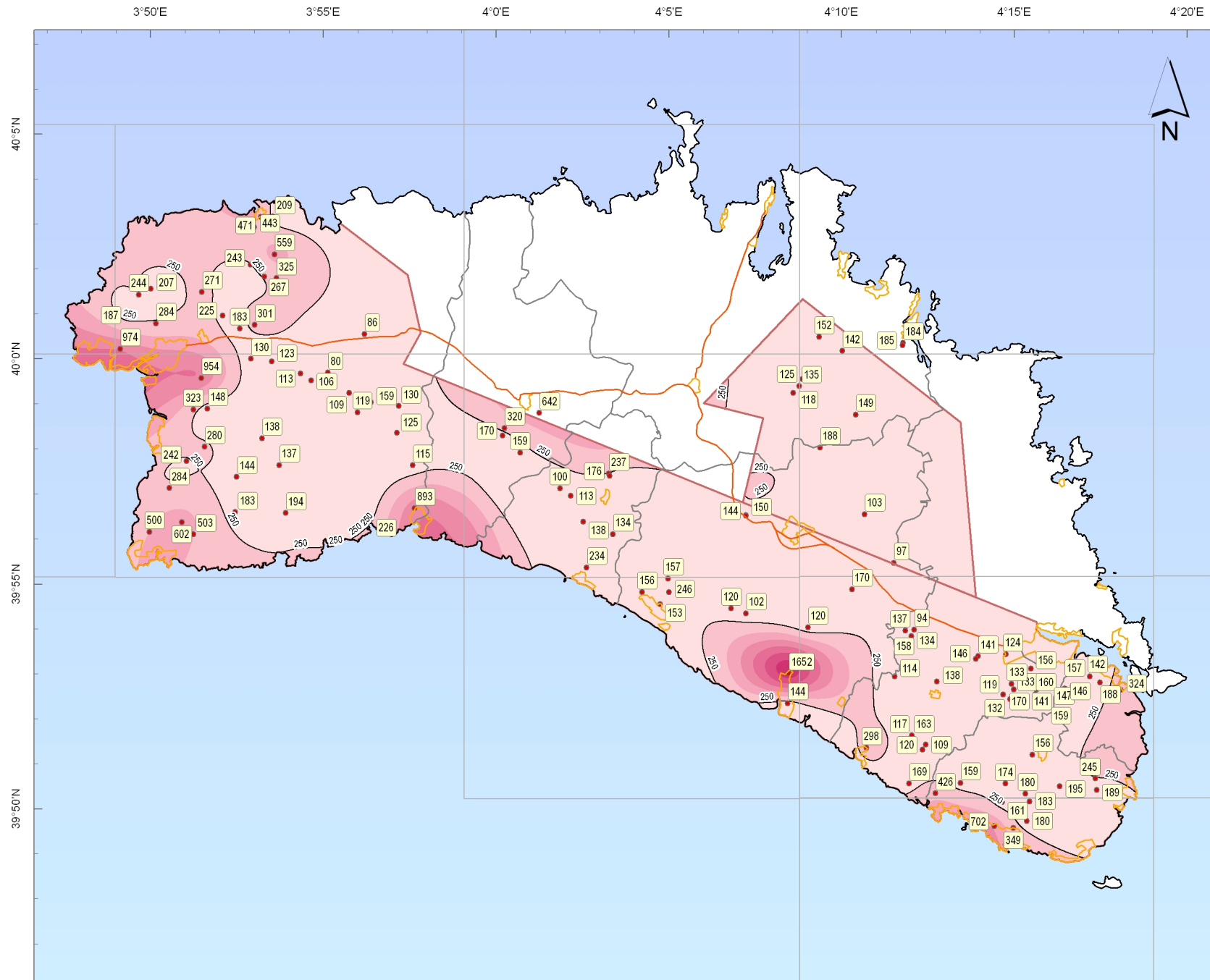


Govern de les Illes Balears
Conselleria de Medi Ambient

Mapa de Isocloruros

Noviembre/Diciembre 2006

Análisis de Posibles Zonas Declarables como Vulnerables a la Contaminación por Nitratos de Origen Agrario en Menorca



Leyenda

- Acuíferos
- Ubicación Pozos
- 250 mg/l de Cloruros

- Cloruros (mg/l)
- 0 - 250
 - 250 - 500
 - 500 - 750
 - 750 - 1000
 - 1000 - 1250
 - 1250 - 1500
 - 1500 - 1750
 - 1750 - 2000

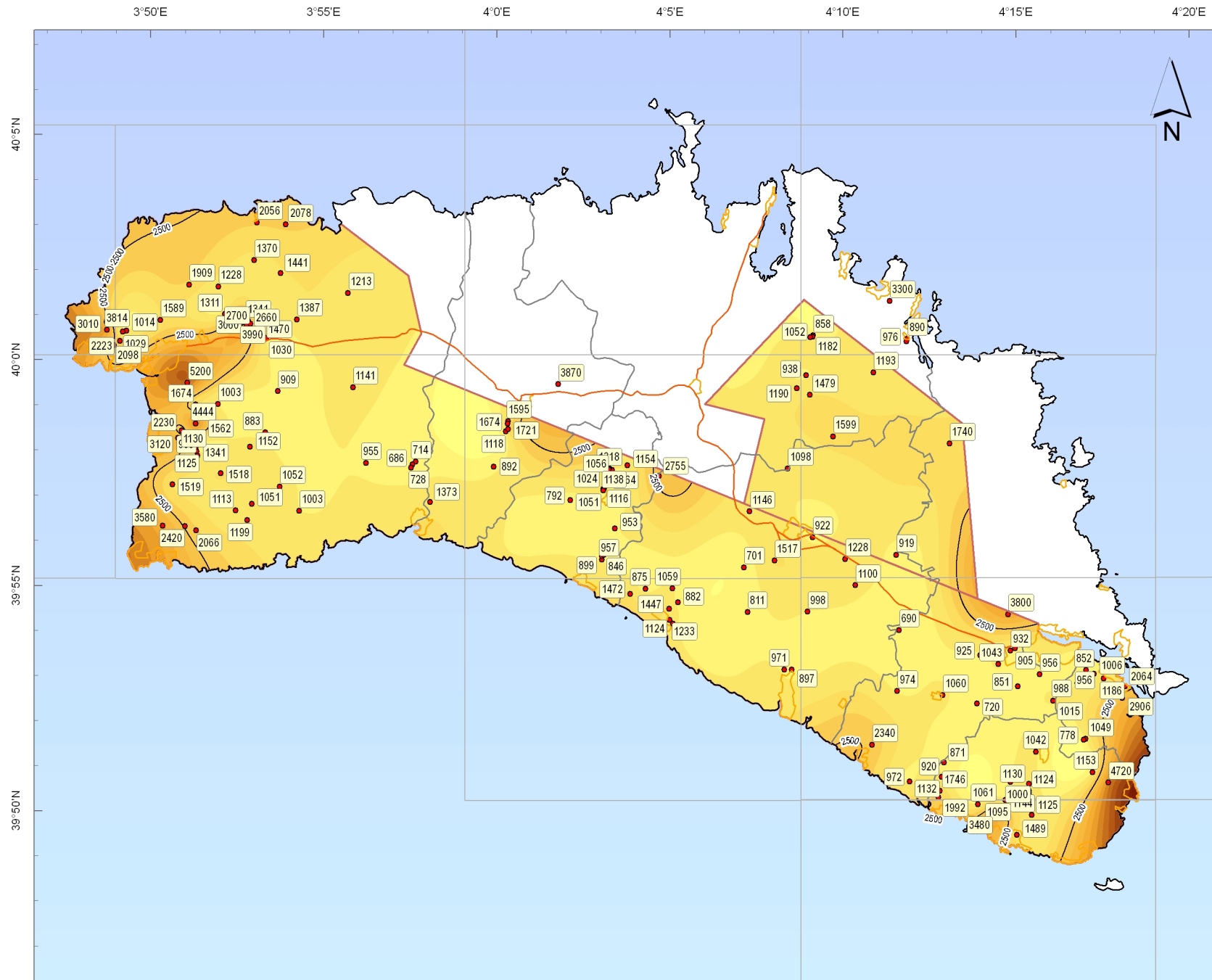
Información

 Govern de les Illes Balears
Conselleria de Medi Ambient

Mapa de Isoconductividad

Año 2003

Análisis de Posibles Zonas Declarables como Vulnerables a la Contaminación por Nitratos de Origen Agrario en Menorca



Leyenda

- Acuíferos
- Pozos 2006
- 2500 microS/cm

Isoconductividad (microS/cm)

- 0 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 2500
- 2500 - 3000
- 3000 - 3500
- 3500 - 4000
- 4000 - 4500
- 4500 - 5000
- 5000 - 5500
- 5500 - 6000
- 6000 - 6500
- 6500 - 7000
- 7000 - 7500
- 7500 - 8000

Información

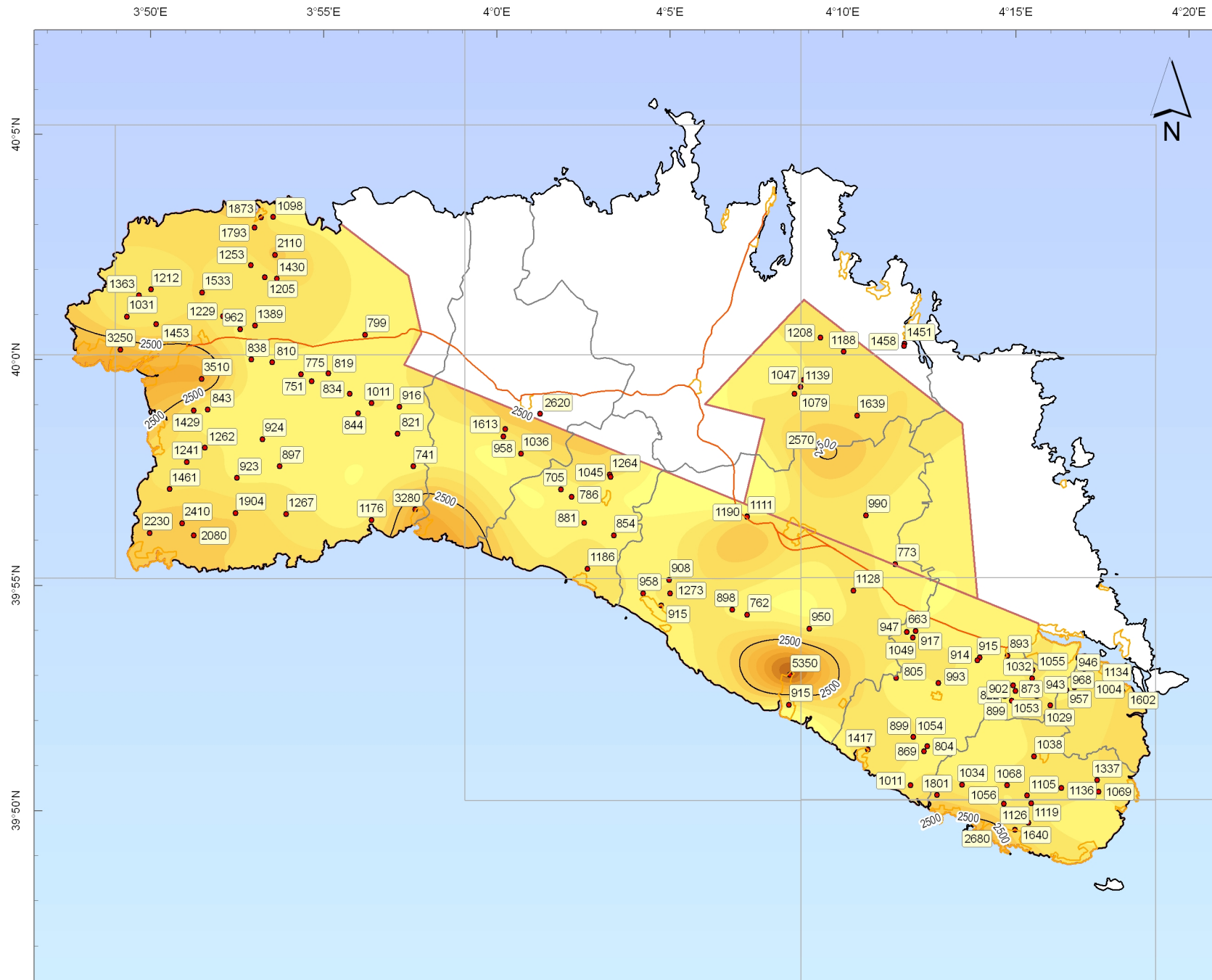
La información utilizada para la realización de este mapa ha sido obtenida del proyecto Aqüanet Consell Insular de Menorca 2003.

 **Govern de les Illes Balears**
Conselleria de Medi Ambient

Mapa de Isoconductividad

Noviembre/Diciembre 2006

Análisis de Posibles Zonas Declarables como Vulnerables a la Contaminación por Nitratos de Origen Agrario en Menorca



Leyenda

- Acuíferos
- Pozos 2006
- 2500 microS/cm

Isoconductividad (microS/cm)

0 - 500
500 - 1000
1000 - 1500
1500 - 2000
2000 - 2500
2500 - 3000
3000 - 3500
3500 - 4000
4000 - 4500
4500 - 5000
5000 - 5500
5500 - 6000
6000 - 6500
6500 - 7000
7000 - 7500
7500 - 8000

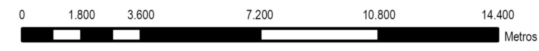
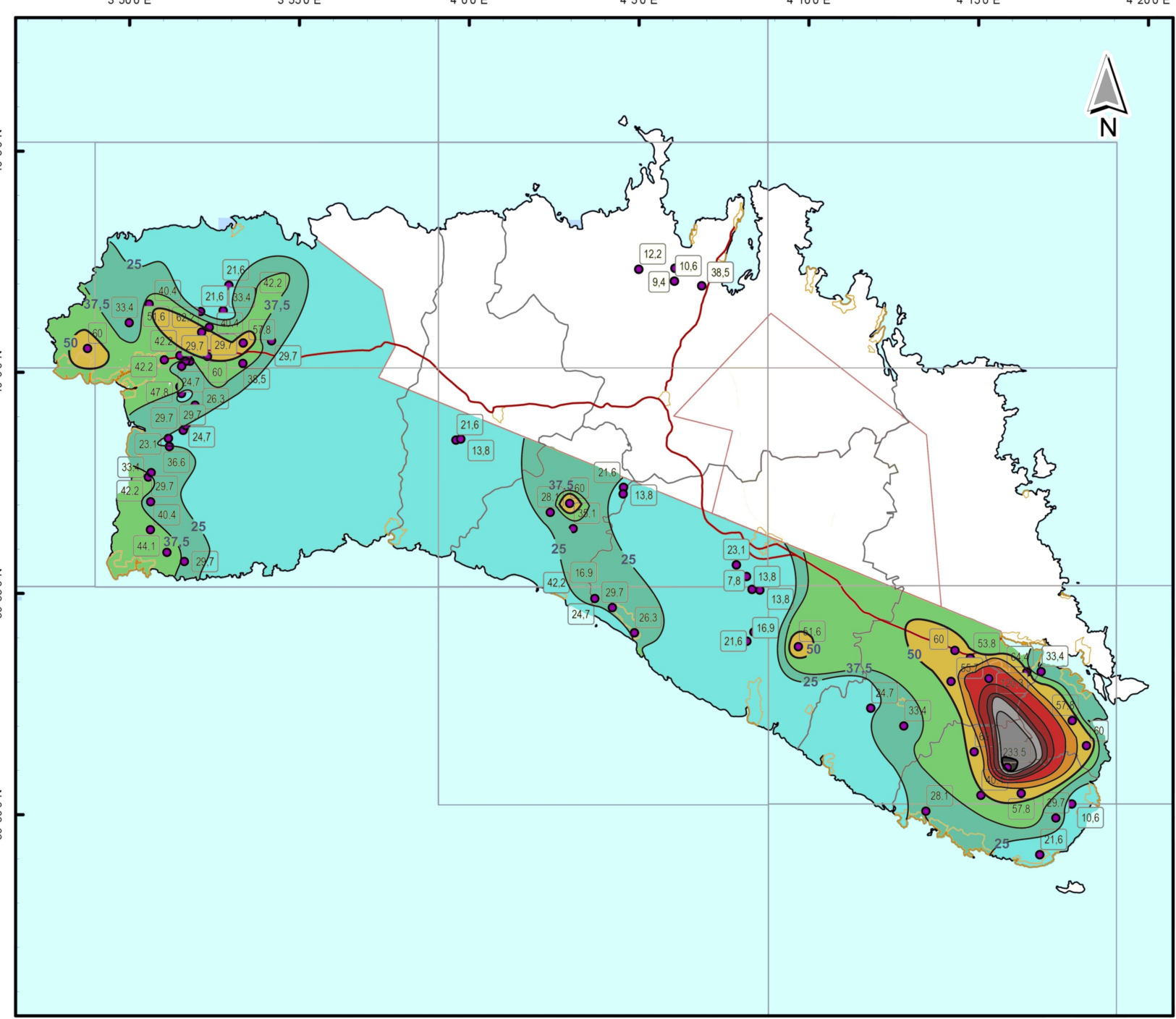
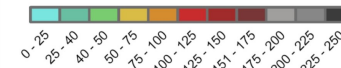
Información



Govern de les Illes Balears
Conselleria de Medi Ambient

Mapa isonitratos Noviembre 1974

Leyenda

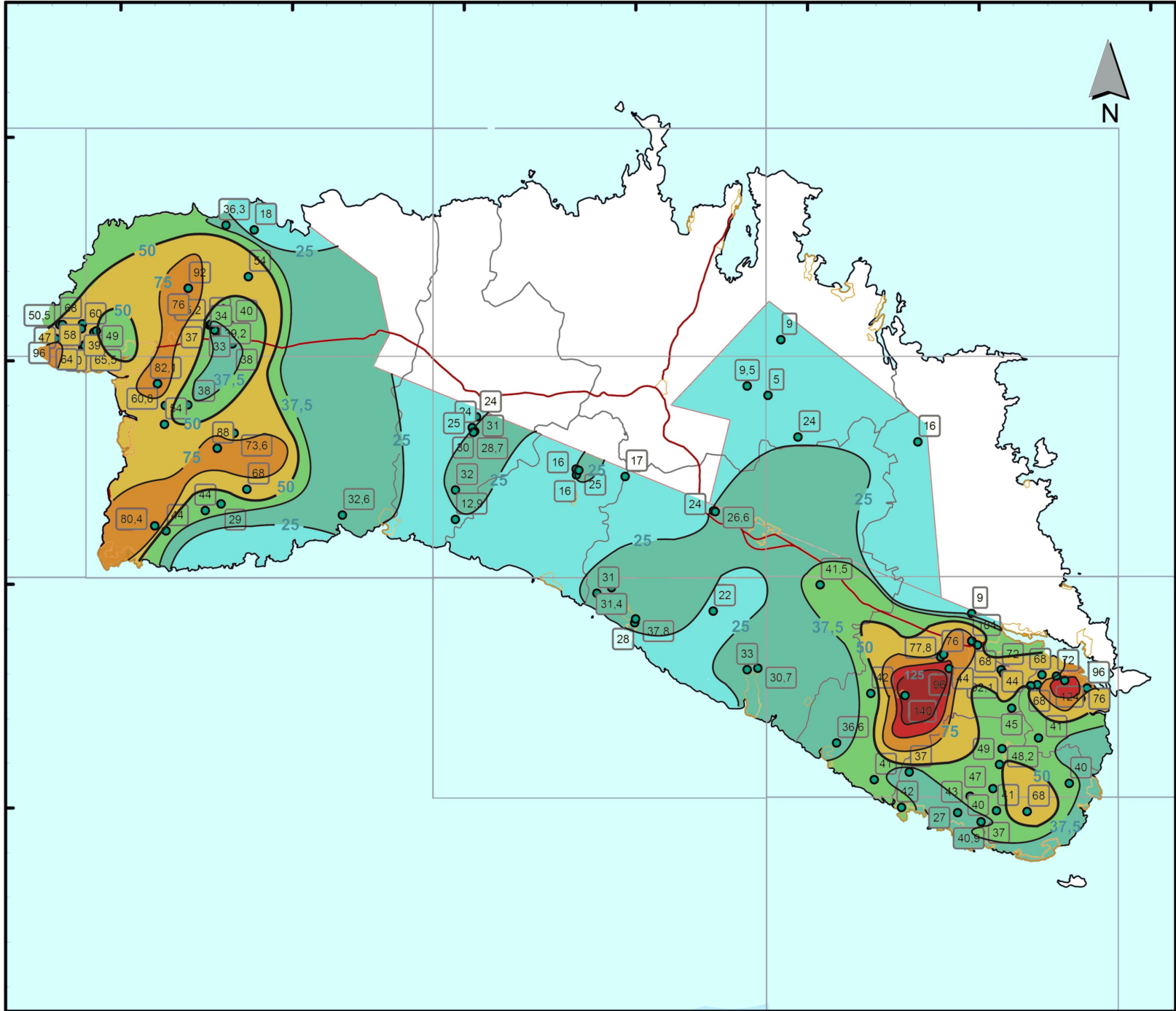
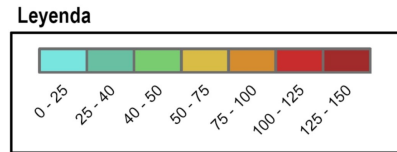


Proyección WGS 1984 UTM Zone 31N

1:225.000

3°50'0"E 3°55'0"E 4°0'0"E 4°5'0"E 4°10'0"E 4°15'0"E 4°20'0"E

Mapa isonitratos Mayo 2000



40°50'0"N
40°0'0"N
39°55'0"N
39°50'0"N



Proyección WGS 1984 UTM Zone 31N
1:225.000

3°50'0"E

3°55'0"E

4°0'0"E

4°5'0"E

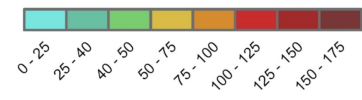
4°10'0"E

4°15'0"E

4°20'0"E

Mapa isonitratos Noviembre-Diciembre 2006

Legenda

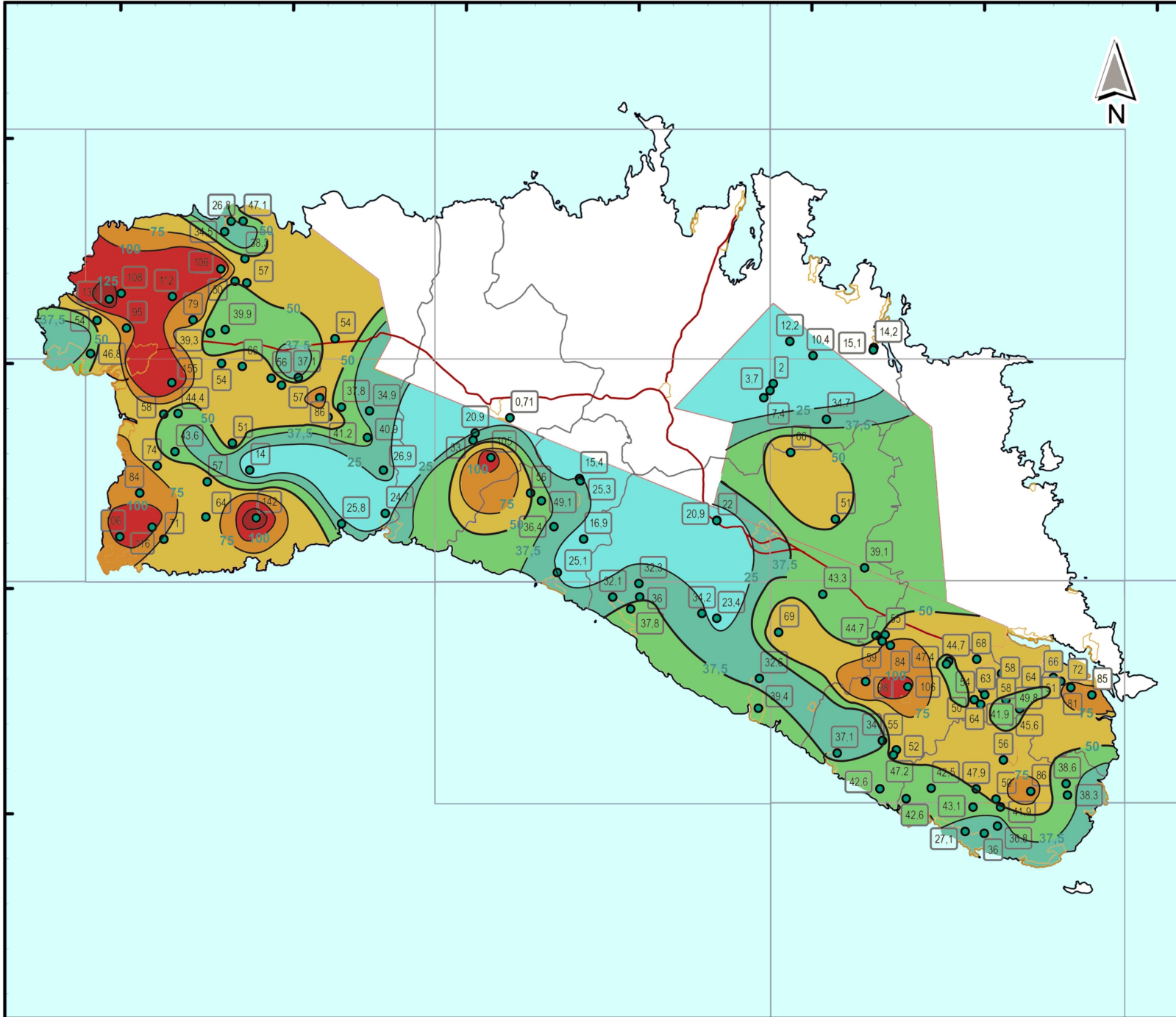


40°50'0"N

40°00'0"N

39°55'0"N

39°50'0"N



Proyección WGS 1984 UTM Zone 31N




1:225.000

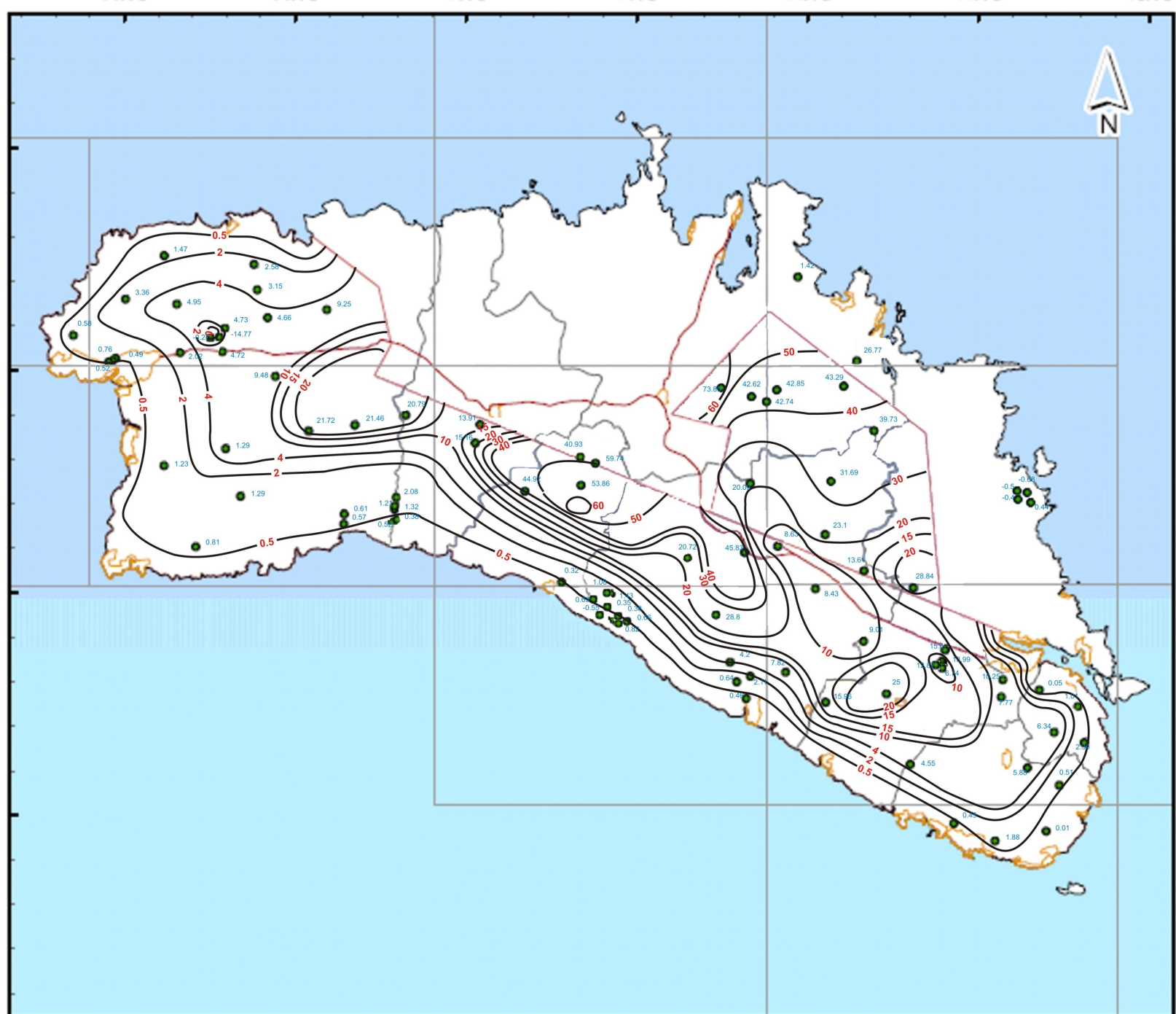
3°50'0"E 3°55'0"E 4°0'0"E 4°5'0"E 4°10'0"E 4°15'0"E 4°20'0"E

38°50'0"N
38°55'0"N
39°0'0"N

Mapa piezometrico Diciembre 2006

Leyenda

-  Isopiezas
-  Piezómetro D.G.R.H
-  Nivel piezométrico s.n.m



Proyección WGS 1984 UTM Zone 31N
1:225.000