



GOVERN DE LES ILLES BALEARS

Conselleria de Medi Ambient
Direcció General de Recursos Hídrics



Instituto Geológico
y Minero de España



ESTIMACIÓN DE LA RECARGA DE LOS ACUÍFEROS CARBONATADOS DE SA COSTERA Y S'ESTREMER (MALLORCA) Y EL MIGJORN (MENORCA) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (MÉTODO APLIS)

CONVENIO ESPECÍFICO ENTRE EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA Y LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LES ILLES BALEARS, PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS Y ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS ILLES BALEARS (2005, 2006, 2007 y 2008)



Grupo de Hidrogeología de la
Universidad de Málaga (GHUMA)

Octubre 2007

EQUIPO DE TRABAJO

GRUPO DE HIDROEOLÓGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Bartolomé Andreo Navarro

Isaac Pérez Ramos

Ana Isabel Marín Guerrero

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (SUPERVISIÓN)

José María López García

Rosa María Mateos Ruiz

ÍNDICE

1. Introducción. Antecedentes y contexto hidrogeológico	1
2. Objetivos	4
3. Método APLIS para determinación de la recarga	5
4. Fuentes de información y bases de datos	9
5. Resultados del método APLIS	12
5.1. Unidades Hidrogeológicas de Fonts de Sóller (acuífero de Sa Costera) y S'Estremera	12
5.1.1. Mapas de las variables del método	12
5.1.2. Mapa de recarga obtenido por el método APLIS en las unidades hidrogeológicas de Fonts de Sóller (acuífero de Sa Costera) y S'Estremera. Valor medio de la tasa de recarga y distribución espacial	16
5.2. Unidad Hidrogeológica del Migjorn (Menorca)	19
5.1.1. Mapas de las variables del método	19
5.1.2. Mapa de recarga obtenido por el método APLIS en la Unidad Hidrogeológica del Migjorn. Valor medio de la tasa de recarga y distribución espacial	23
6. Comparación de los resultados del método APLIS con los obtenidos por otras técnicas	25
6.1. Unidades Hidrogeológicas de Fonts de Sóller (Sa Costera) y S'Estremera	25
6.2. Unidad Hidrogeológica del Migjorn	28
7. Estimación de los recursos	30
7.1. Unidades Hidrogeológicas de Fonts de Sóller y S'Estremera	30
7.2. Acuífero de Sa Costera	33
7.3. Unidad Hidrogeológica del Migjorn	35
8. Resumen y conclusiones	38
9. Referencias	42

1. Introducción. Antecedentes y contexto hidrogeológico

En el marco del CONVENIO ESPECÍFICO ENTRE EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA Y LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LES ILLES BALEARS, PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS Y ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LES ILLES BALEARS (2005, 2006, 2007 y 2008) y como continuación de las actuaciones desarrolladas en convenios de colaboración anteriores entre ambas instituciones públicas, se contempla, entre otros, la aplicación del método APLIS para la determinación y zonación espacial de la recarga en el acuífero carbonático del Migjorn (Menorca) y en los acuíferos kársticos de Sa Costera y S'Estremera. En este contexto se encuadra el presente informe realizado para la Direcció General de Recursos Hidrics (DGRH) del Govern Balear por el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA), como Unidad Asociada al IGME, en colaboración con la Oficina de Proyectos del IGME de Palma de Mallorca.

La Sierra de Tramuntana, en el norte de Mallorca, está formada por acuíferos kársticos costeros de gran interés. De igual modo, el acuífero carbonatado del Migjorn, en Menorca, constituye un almacén de aguas subterráneas del cual depende gran parte del abastecimiento a la población de la isla. Sin embargo, son acuíferos poco conocidos en cuanto a límites y recursos se refiere, debido en parte a la complicada estructura geológica, en el caso de la Sierra de Tramuntana, y a las más que probables salidas submarinas, difíciles de cuantificar en ambos casos. Con el método APLIS se puede estimar la tasa media de recarga anual y calcular los recursos medios o entradas a los acuíferos. A partir de una serie de mapas o capas de información de variables del medio (Altitud, Pendiente, Litología, formas de Infiltración y Suelos) el método APLIS permite obtener mapas de la tasa de infiltración eficaz que, combinados con los de isoyetas, dan como resultado la distribución espacial de la cantidad de lluvia que se infiltra y, por tanto, de las entradas de agua al acuífero.

En la figura 1 se indican las áreas consideradas para la aplicación del método APLIS en el marco de este informe. En la isla de Mallorca se han contemplado dos unidades hidrogeológicas: la Unidad Hidrogeológica 18.06 (Fonts de Sóller), con especial interés en el acuífero de Sa Costera, y la Unidad Hidrogeológica 18.08 (S'Estremera), ambas situadas en el sector central de la Sierra de Tramuntana. En la isla de Menorca, el objeto de estudio es la Unidad Hidrogeológica del Migjorn (U.H. 19.01).

Los acuíferos principales de Sa Costera y S'Estremera están compuestos por calizas y dolomías de edad jurásica, y forman parte de una compleja pila de escamas tectónicas vergentes hacia el noroeste. Los materiales de baja permeabilidad que los limitan están formados por margas y arcillas triásicas, por debajo, y margas y margocalizas del Jurásico medio-Cretácico, por encima. Los contactos con unidades vecinas no están claros, ya que existe continuidad litológica. Hay otras litologías acuíferas, de interés secundario, como son los sedimentos detríticos del Cuaternario.

En lo que se refiere al acuífero del Migjorn, el grueso de la formación permeable esta compuesta por calcarenitas del Mioceno superior, con una estructura tabular, casi sin buzamiento. Dentro de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn existen afloramientos pequeños de calizas y dolomías jurásicas, al noroeste. Al norte, en contacto directo con las calcarenitas, hay un conjunto de calizas y dolomías que forman la Unidad Hidrogeológica de Albaida, de la cual se supone que existe un cierto volumen de agua que se transfiere subterráneamente hacia el acuífero mioceno: 3 hm³/año, según el Plan Hidrológico de las Illes Balears (PHIB) aprobado en 2001.

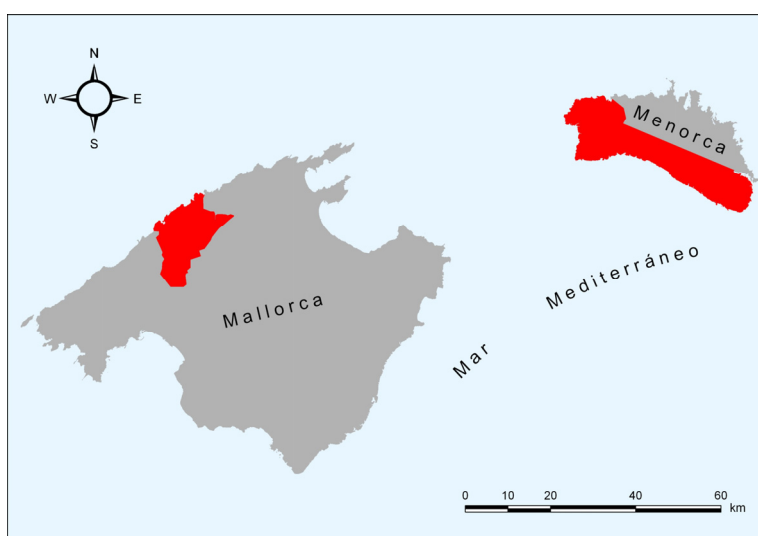


Figura 1. Situación de las áreas de estudio, en rojo

Los recursos de los acuíferos de las unidades hidrogeológicas de Fonts de Sóller (acuífero de Sa Costera), S'Estremera y el Migjorn se generan, principalmente, por la infiltración de agua de lluvia que cae sobre sus afloramientos permeables. Los volúmenes de tales recursos no se conocen en su totalidad. En la mayoría de los casos, tan sólo se han podido inferir a partir de estimaciones muy generales del coeficiente de infiltración. En el PHIB las entradas o recursos medios anuales de las dos unidades hidrogeológicas estudiadas se estimaron en 17.2 hm³/año (Fonts de Sóller) y 10 hm³/año (S'Estremera), considerando coeficientes de recarga del orden de 25 y 27%, respectivamente. En el sector septentrional de la Sierra de la Tramuntana, las salidas controlables suponen menos de la tercera parte de los recursos estimados (Cardoso, 1997), lo cual pone de manifiesto la presencia de salidas al mar. La descarga media del manantial de Sa Costera es de unos 9 hm³/año (CEDEX, 1991, Cardoso, 1997). Dada la geometría del acuífero de Sa Costera y la existencia de materiales impermeables en la línea de costa (Cardoso, 1997; Gelabert, 1998), es difícil pensar en la posibilidad de descargas ocultas al mar, por lo que esta surgencia debe drenar toda el agua de un sistema acuífero cuyos límites, sin embargo, son complicados de precisar.

En la Unidad Hidrogeológica del Migjorn se evaluaron las entradas por infiltración del agua de lluvia en 59.4 hm³/año (PHIB, 2001), a partir de un coeficiente de recarga del 27 % de la precipitación. Dado que las salidas de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn se producen directamente al mar, en su gran mayoría, es de suma importancia precisar la infiltración de las precipitaciones si se quiere conocer el volumen de recursos disponibles.

En este informe se trata de precisar los términos del balance relativos a las entradas de agua en las unidades hidrogeológicas antes mencionadas. Conviene tener presente que los límites de las unidades hidrogeológicas de Mallorca no están totalmente definidos, ni los límites y geometría interna de los acuíferos existentes. Por otra parte, tampoco se conocen con precisión las descargas, porque se producen mayoritariamente hacia el mar, de forma subterránea.

2. Objetivos

El presente estudio consiste, fundamentalmente, en la aplicación del método APLIS para estimar la recarga en las rocas carbonatadas que constituyen las unidades hidrogeológicas de Fonts de Sóller (particularmente del acuífero de Sa Costera) y S'Estremera (Mallorca) y del Migjorn (Menorca). En concreto, se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- estimar la tasa media de recarga anual o infiltración eficaz (expresada como porcentaje de la precipitación)
- obtener la distribución espacial de la tasa de recarga
- comparar los resultados del método APLIS con los obtenidos por otras técnicas para calcular la recarga
- evaluar los recursos hídricos medios anuales en las unidades mencionadas

3. Método APLIS para determinación de la recarga

El método APLIS (Andreo *et al.*, 2004) es el resultado de un proceso de experimentación con diversas propuestas metodológicas para estimar la tasa de recarga procedente de la infiltración de las precipitaciones en acuíferos carbonatados, a partir de características o variables intrínsecas de los mismos. Las iniciales de las variables utilizadas forman el acrónimo APLIS que da nombre al método: Altitud (A), Pendiente (P), Litología (L), zonas preferenciales de Infiltración (I) y Suelo (S).

La información relativa a las características intrínsecas de los acuíferos está, en la mayoría de los casos, editada o disponible en las bases de datos de organismos públicos, por lo que la aplicación del método es relativamente viable y sencilla.

Las variables anteriores son de naturaleza cualitativa (Litología, zonas preferenciales de Infiltración y Suelos) y cuantitativa (Altitud y Pendiente). Como la estimación de la recarga tiene un marcado carácter cuantitativo, los atributos o variables cualitativas se transforman en variables cuantitativas, mediante valores ordinales, para su posterior tratamiento. De esta manera, los valores que se introducen en el análisis son los que se muestran a continuación en las tablas 1 a 6.

Los valores ordinales o puntuaciones que se utilizan varían entre 1 y 10, con el objetivo de que se puedan equiparar fácilmente con valores de porcentaje de recarga del acuífero. Se consideran valores entre 1 y 10, que siguen una progresión aritmética de diferencia 1. El valor 1 indica mínima incidencia de los valores de esa variable en la recarga del acuífero, mientras que el valor 10 expresa la máxima influencia en la recarga. Para ello se han dividido las distintas variables en 10 clases, de manera que a cada categoría le corresponde una puntuación. En el caso de no contar con un amplio número de categorías, como ocurre con la variable “zonas preferenciales de infiltración”, se han utilizado los valores extremos: 1 para las zonas de menor incidencia en la recarga y 10 para las áreas con mayor influencia. En la variable “pendiente” se ha suprimido la puntuación 6. En cualquier caso, para otorgar las puntuaciones debe contrastarse bien la información disponible y realizar los oportunos trabajos de campo.

La puntuación de la variable “Altitud” (tabla 1) sigue una progresión aritmética de diferencia 1, de manera que conforme aumenta la altitud aumenta la recarga al acuífero. Los valores de altitud se agrupan en intervalos de 300 m. A partir de 2700 m de altitud se considera que las diferencias en la recarga son inapreciables.

Altitud (m)	Puntuación
> 2700	10
2400 - 2700	9
2100 - 2 400	8
1800 - 2100	7
1500 - 1800	6
1200 - 1500	5
900 - 1200	4
600 - 900	3
300 - 600	2
≤ 300	1

Tabla 1. Puntuación asignada a los valores de la variable "Altitud"

Las puntuaciones asignadas a la variable "Pendiente" (tabla 2) disminuyen una unidad conforme aumenta la pendiente, es decir, a mayor pendiente menor recarga del acuífero. Por encima del 100 % de pendiente la recarga no sufre variaciones y es mínima.

Pendiente (%)	Puntuación
≤ 3	10
3 - 8	9
8 - 16	8
16 - 21	7
21 - 31	5
31 - 46	4
46 - 76	3
76 - 100	2
> 100	1

Tabla 2. Puntuación asignada a los valores de la variable "Pendiente"

La asignación de puntuaciones a la variable "Litología" (tabla 3) se efectúa en función de criterios hidrogeológicos. Así, conforme aumenta la permeabilidad, grado de fracturación, karstificación, etc., aumenta la recarga del acuífero. Los valores más elevados se corresponden con los materiales carbonatados y sedimentos detríticos con porosidad intergranular. Los materiales de baja permeabilidad reciben una menor puntuación para estimar la recarga.

Litología	Puntuación
Calizas y dolomías karstificadas	10 - 9
Mármoles y calizas fracturadas algo karstificadas	8 - 7
Calizas y dolomías fisuradas	6 - 5
Arenas y gravas, coluviones	4
Brechas y conglomerados	3
rocas plutónicas y metamórficas	2
Esquistos, pizarras, limos, arcillas, margas, margocalizas	1

Tabla 3. Puntuación asignada a los valores de la variable "Litología"

La puntuación asignada a la variable "Infiltración" únicamente presenta dos clases, por lo que la asignación de valores presenta dos posibilidades: valor 10 para las zonas con abundantes formas de absorción preferencial y valor 1 para el resto.

Infiltración (I)	Puntuación
Áreas preferenciales	10
Resto	1

Tabla 4. Puntuación asignada a los valores de la variable "zonas preferenciales de Infiltración"

En el caso de la variable "Suelo", las distintas clases se agrupan en función de las características de espesor y textura de sus horizontes. Así, conforme el espesor es menor y la textura más gruesa, la recarga es mayor. Los tipos de suelos son los descritos en el mapa de suelos del Sistema de Información Ambiental de Andalucía (Sinamb-A).

Suelos (S)	Puntuación
Litsoles	10
Arenosoles Álbicos y Xerosoles Cálcicos	9
Regosoles Calcáreos y Fluvisoles	8
Regosoles Eútricos, Dístricos y Solonchaks	7
Cambisoles Cálcicos	6
Cambisoles Eútricos	5
Histosoles Eútricos, Luvisoles Órticos y Cálcicos	4
Luvisoles Crómicos	3
Planosoles	2
Vertisoles Crómicos	1

Tabla 5. Puntuación asignada a las clases de la variable "Suelo"

La expresión utilizada para estimar el porcentaje de recarga es la siguiente:

$$R = (A + P + 3 \cdot L + 2 \cdot I + S) / 0'9$$

De esta manera, se obtiene un valor de recarga que varía entre un valor mínimo de 8'88 y un valor máximo de 88'8 % de la lluvia sobre el acuífero, es decir, siempre se infiltra un mínimo porcentaje y nunca llega a ser el 100 % de la lluvia.

La ponderación de cada variable responde a la importancia que ejercen sobre la recarga. Esta importancia ha sido definida mediante la aplicación de diferentes procedimientos matemáticos y de técnicas de análisis multivariante.

La recarga se representa agrupada en cinco intervalos regulares. A cada uno de estos intervalos se le asigna una categoría referida al porcentaje de lluvia que recarga el acuífero (tabla 6).

Intervalo	Clase de recarga
$\leq 20 \%$	Muy Baja
20 – 40 %	Baja
40 – 60 %	Moderada
60 – 80 %	Alta
$> 80 \%$	Muy Alta

Tabla 6. Categorías del porcentaje de recarga en el acuífero

4. Fuentes de información y bases de datos

Las bases de datos que se han utilizado en este proyecto han estado condicionadas por la herramienta empleada en la aplicación del método APLIS a la zona de estudio. Para ello se ha utilizado un Sistema de Información Geográfica (SIG), concretamente ARCGIS 9.0 de la casa comercial ESRI. Dicho SIG ofrece una gran variedad de funciones de análisis espacial para capas de información geográfica, tanto en formato vectorial, como en formato *raster*. Los mapas relativos a las fuentes de información y los derivados del tratamiento con el programa ARCGIS se muestran en los anexos de este informe:

-Anexos A (fuentes de información) y B (mapas del método APLIS) relativos a las unidades hidrogeológicas de Fonts de Sóller (acuífero de Sa Costera) y S'Estremera.

-Anexos C (fuentes de información) y D (mapas del método APLIS) correspondientes a la Unidad Hidrogeológica del Migjorn.

El mapa del parámetro A, relacionado con la altitud del terreno (mapas A.1 y C.1), se ha elaborado a partir de modelos digitales de elevaciones (MDE), procedentes de la topografía 1:5000 realizada por la empresa pública SITIBSA (1995). El MDE es una capa de información geográfica en formato *raster* que representa la altitud media del terreno por unidad de superficie. En este caso se dispone de un MDE con un tamaño de píxel de 5x5 m en Menorca y de 6x6 m en Mallorca.

Los datos de altitud se han agrupado en los intervalos indicados en la tabla 1 y, después, se obtuvieron los mapas correspondientes a la variable A (mapas B.1 y D.1). La agrupación en intervalos y asignación de las puntuaciones se ha realizado mediante el comando *reclassify* de ARCGIS.

El parámetro P se ha generado a partir de los MDE's. En primer lugar, se han elaborado modelos digitales de la pendiente (mapas A.2 y C.2), basados en los MDE's de partida, con las herramientas de análisis de superficie, concretamente, el comando *slope* de ARCGIS. El comando *slope* calcula la variación máxima entre un píxel y sus vecinos para asignar un valor de pendiente expresado en ángulos o porcentajes. En este trabajo se ha expresado como porcentaje para ajustar fácilmente los valores de pendiente a las puntuaciones que asigna el método APLIS al parámetro P. Después, los

valores de pendiente (expresados como porcentaje) se han agrupado en intervalos y se les ha asignado la puntuación correspondiente de acuerdo con el método (tabla 2, mapas B.2 y D.2). Para ello también se ha utilizado el comando *reclassify* de ARCGIS.

La elaboración del mapa correspondiente al parámetro L (relacionado con la litología) ha requerido, en el caso de Mallorca, la simplificación de la cartografía geológica elaborada por Gelabert (1998). El mapa geológico resultante es el mapa A.3.

La información litológica utilizada en el estudio de la unidad hidrogeológica del Migjorn (mapa C.3) procede de las hojas 617 bis, 618 I-II-III, 619 III, 645 I, 646 I-II, 647 III-IV y 673 IV de la serie MAGNA (IGME, 1987). La información aportada por dichas hojas geológicas ha sido igualmente simplificada, de acuerdo a los mismos criterios que en el caso de Mallorca. La puntuación de las litologías, una vez simplificadas, se ha llevado a cabo según indica la tabla 3 del método APLIS.

Respecto a las formas de Infiltración (parámetro I), se dispone de una cartografía de formas exokársticas de la zona septentrional de la Sierra de Tramuntana (Ginés y Ginés, 1995), en la cual se distinguen principalmente áreas con gran desarrollo del lapiaz, campos de dolinas y otras depresiones kársticas (mapa A.4). En el caso del acuífero del Migjorn de Menorca se ha utilizado la cartografía geomorfológica elaborada por Roselló *et al.* (2004), cuyo aspecto más interesante, de cara a la obtención del parámetro I, es la delimitación de numerosas dolinas y depresiones endorreicas en las calcarenitas miocenas (mapa C.4). A partir de esta información, se han puntuado con valor 10 las áreas de absorción preferencial: superficies con abundante lapiaz, zonas de dolinas y depresiones kársticas cerradas como las existentes en Menorca (mapas B.4 y D.4).

Para la obtención del parámetro S no se ha dispuesto de una cartografía edafológica fiable. No obstante, hay unos mapas con cierto contenido edafológico, realizados por la empresa EPTISA para la DGRH en Mallorca (DGRH-EPTISA, 2005a) y Menorca (DGRH-EPTISA, 2005b). No son cartografías edafológicas en sentido estricto, ya que fueron elaboradas para realizar mapas de vulnerabilidad a la contaminación por el método DRASTIC. En estas capas de información se distinguen áreas que están puntuadas de 1 a 10, en función de la permeabilidad del suelo. Las clases de suelos y su puntuación se pueden ver en la tabla 7.

Suelos	Puntuación
Suelo delgado o ausente	10
Arenas	9
Coníferas y/o frondosas	9
Arcillas expansivas	7
Margas arenosas	6
Arcillas, limos, cantos y arenas	4
Margas arcillosas o limosas	3
Limos orgánicos	2
Arcillas no expansivas y desagregadas	1

Tabla 7. Clasificación de los tipos de suelo, según EPTISA (DGRH-EPTISA, 2005a y 2005b)

En la clasificación efectuada por DGRH-EPTISA se puntúa el suelo en función de su permeabilidad, por lo que se ha considerado razonable utilizarla para aplicar el método APLIS, a falta de información más completa. En las áreas de estudio aparecen representados suelos con puntuación 10, 9, 7, 6, 4, 3, 2 y 1. En el caso del valor más alto (10) es muy probable que corresponda a un suelo de tipo litosol. Los suelos con valor 9 se han considerado como equivalentes a arenosoles, mientras que los valores de 7 en la tabla corresponderían a los regosoles del método APLIS (tabla 5). El valor 6 se corresponde con los cambisoles, con 4 los luvisoles cálcicos, 3 los luvisoles crómicos, 2 los planosoles y con 1 los vertisoles. Los mapas de suelos deducidos a partir de la clasificación de DGRH-EPTISA se pueden observar en los mapas A.5 y C.5 de los anexos correspondientes, y su puntuación de acuerdo con el método APLIS, en los mapas B.5 y D.5.

5. Resultados del método APLIS

5.1. Unidades Hidrogeológicas de Fonts de Sòller (acuífero de Sa Costera) y S'Estremera

5.1.1. Mapas de las variables del método

En el área de estudio no se han obtenido valores de A superiores a 5 (de un máximo de 10 que establece el método APLIS), debido a la moderada altitud del relieve, razón por la que el parámetro A no tiene incidencia muy alta en el índice final. En el mapa B.1 se puede observar que las mayores altitudes se alcanzan en las proximidades del Puig Major (1445 m s.n.m.) y en el punto más septentrional de la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera, donde se registran puntuaciones de 5 según el método APLIS. En el sector meridional de la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sòller existen elevaciones significativas de orientación NE-SO, con valores de 3 a 4 para la variable Altitud. Por último, existen áreas de cota relativamente baja, inferior a 300 m s.n.m., en las inmediaciones de Sòller y al sur de S'Estremera.

Las clases del parámetro A correspondientes a las menores altitudes, desde el 1 hasta el 3, presentan cada uno de ellos extensiones en torno al 30 % de la superficie total (figura 2), es decir, casi el 90 % del área de estudio. A partir la puntuación 4, la superficie ocupada decrece fuertemente hasta caer al 2 % en el caso del valor 5.

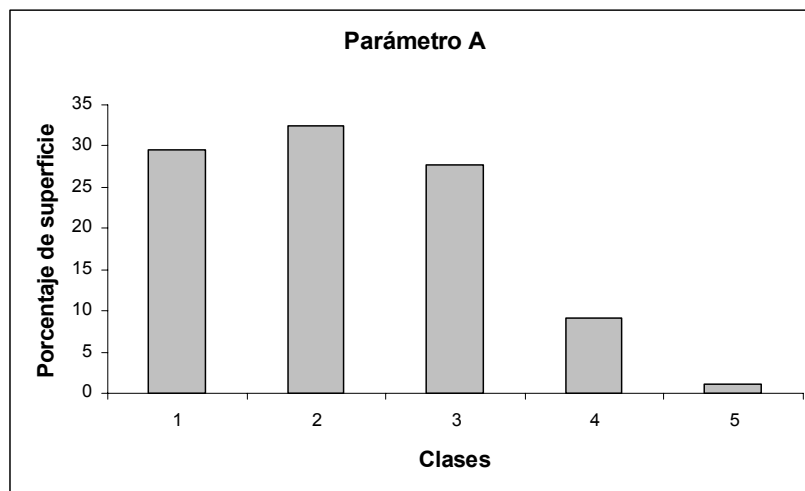


Figura 2. Porcentaje de superficie según valores del parámetro A

El mapa de pendientes A.2 muestra que las zonas más llanas, donde se produce una mayor contribución a la recarga (desde el punto de vista de la pendiente), se

encuentran en zonas deprimidas, como en las inmediaciones de Sóller, por ejemplo. También se dan bajas pendientes en algunos valles y depresiones ocupados por materiales margosos, de baja permeabilidad. En términos generales, la mayor parte de los valores de pendiente varían entre el 21% y 76% (valores de P entre 3 y 5, según el método APLIS, figura 3).

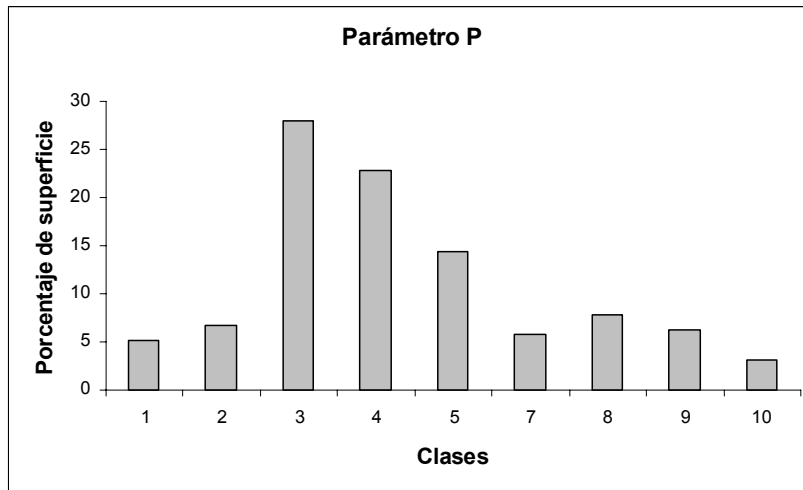


Figura 3. Porcentaje de superficie según valores del parámetro P

De acuerdo con el mapa del parámetro Litología (mapa A.3), los materiales más abundantes (más del 50 % de la superficie) son las calizas y dolomías masivas del Jurásico inferior (figura 4). Están muy karstificadas, por lo que tienen la máxima puntuación que otorga el método (10). En la tabla 8 se pueden observar las puntuaciones que se han asignado al resto de litologías de la zona de estudio, cuya representación espacial aparece en el mapa del parámetro L (mapa B.3). Con una puntuación de 7 aparecen calizas micríticas y dolomías laminadas del Muschelkalk, ligeramente karstificadas, que no están muy extendidas. Tampoco afloran ampliamente los conglomerados y brechas con matriz carbonatada del Oligoceno-Mioceno inferior, puntuados con 6 porque presentan una cierta karstificación. A las dolomías suele otorgarse la puntuación más baja (5-6) prevista por el método APLIS para las rocas carbonatadas, por su menor karstificación. Así, las dolomías, margas y carniolas del Retiense, dada la presencia de algunos niveles margosos en la serie, se ha optado por valorarlas con 5. Aproximadamente el 15 % de la superficie estudiada está formada por materiales del Cuaternario: gravas, limos y arcillas (depósitos aluviales y/o de ladera), puntuados con valor 4. Por último, se ha valorado con 1 a los materiales menos permeables del área, que son: arcillas, margas y evaporitas del Keuper; margas y

margocalizas del Jurásico medio-Cretácico medio; y margas, areniscas y conglomerados del Burdigaliense. Este último conjunto litológico se interpreta que consiste, básicamente, en margas con niveles de areniscas y conglomerados que no llegan a constituir acuíferos de interés.

Litología del mapa hidrogeológico del área de estudio	Puntuación
Arcillas, margas y evaporitas (Keuper)	1
Margas y margocalizas (Jurásico medio-Cretácico medio)	
Margas, areniscas y conglomerados (Burdigaliense)	
Gravas, limos y arcillas (Cuaternario)	4
Dolomías, margas y carniolas (Retiense)	5
Conglomerados y brechas con matriz carbonatada (Oligoceno-Mioceno inferior)	6
Calizas micríticas y dolomías laminadas (Muschelkalk)	7
Calizas y dolomías masivas (Jurásico inferior)	10

Tabla 8. Puntuación del parámetro L para las litologías de las áreas de estudio de Mallorca

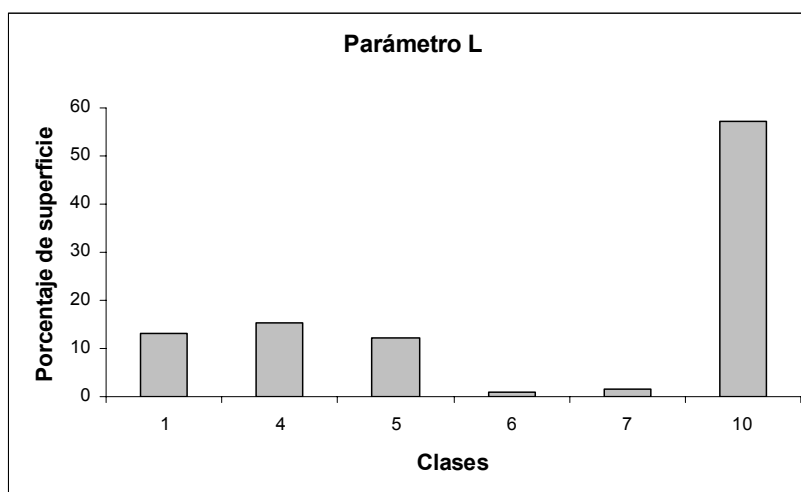


Figura 4. Porcentaje de superficie según valores del parámetro L

Cerca del 40 % de la superficie total de estudio posee algún tipo de forma kárstica de absorción preferente (mapa A.4, figura 5), lo cual favorece en gran medida la infiltración y aumenta la tasa de recarga final. Las áreas con abundancia de estas formas se valoran con la máxima puntuación (10), razón por la cual el parámetro I tiene una gran repercusión en el índice APLIS. Sólo los afloramientos carbonáticos al este de Buñola, en la parte más meridional, y algunos otros puntos de la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, no presentan lapiaz muy desarrollado o dolinas. La presencia de estas formas en la superficie de los acuíferos carbonatados implican que la recarga de los mismos se produce de forma rápida y concentrada.

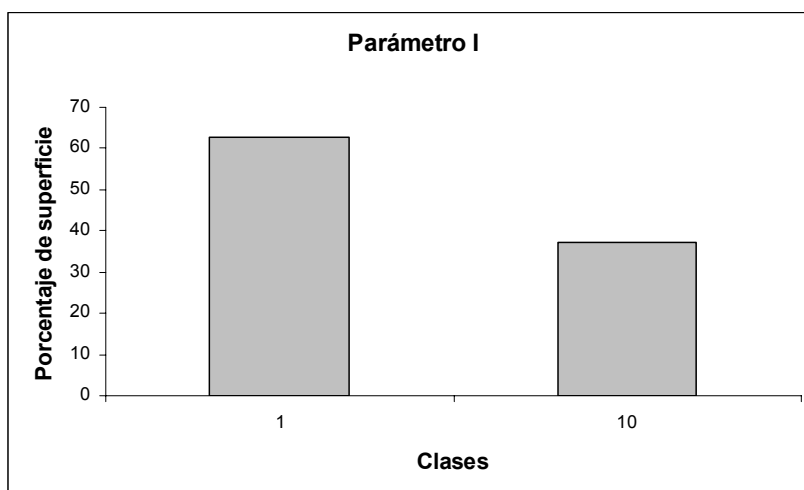


Figura 5. Porcentaje de superficie según valores del parámetro I

El mapa de la variable S (mapa B.5) muestra un predominio muy marcado (casi el 80 % de la superficie, figura 6) de los tipos de suelo que más favorecen la infiltración, puntuados con 9 y 10. Los suelos desarrollados sobre litologías margosas adquieren una componente más arcilloso-limosa y un mayor espesor, por lo que la capacidad de infiltración es menor y, por ello, la recarga de los acuíferos también debe ser menor, según este criterio. Los sectores de Sa Costera y el Puig Major, así como las zonas de mayor altitud, situadas en la parte central del área de estudio, son las que presentan los suelos con puntuación más alta, es decir, carecen de suelo o está poco desarrollado en dichas áreas.

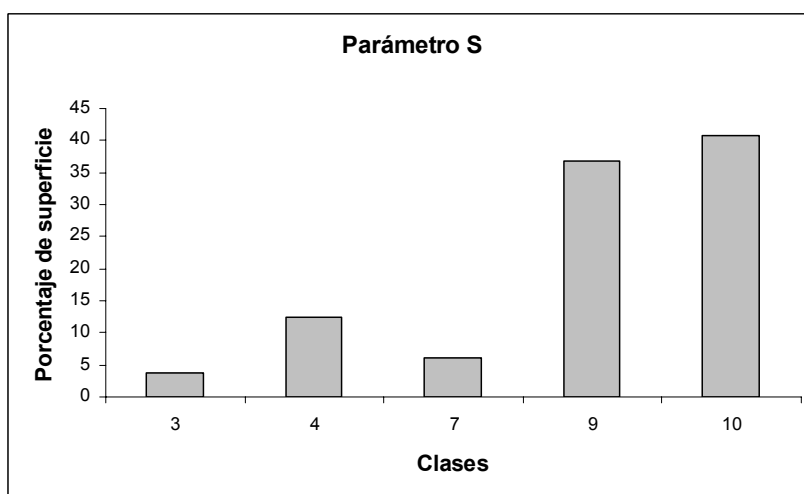


Figura 6. Porcentaje de superficie según valores del parámetro S

En la tabla 9 se pueden observar las puntuaciones otorgadas a cada tipo de suelo, según los criterios establecidos por el método APLIS. El valor de S más frecuente en el área de estudio es el 10, que corresponde a suelos delgados o ausentes, es decir, litosoles.

Tipo de suelos en el área de estudio	Puntuación
Margas arcillosas o limosas (Luvisoles crómicos)	3
Arcillas, limos, cantos y arenas (Luvisoles cálcicos)	4
Arcillas expansivas (Regosoles)	7
Arenas (Arenosoles)	9
Suelo delgado o ausente (Litosoles)	10

Tabla 9. Puntuación del parámetro S para los suelos del área de estudio, estimada a partir de la cartografía de EPTISA

5.1.2. Mapa de recarga obtenido por el método APLIS en las unidades hidrogeológicas de Fonts de Sóller (acuífero de Sa Costera) y S'Estremera. Valor medio de la tasa de recarga y distribución espacial

Una vez que se han realizado los mapas de cada una de las variables del método APLIS, dando las puntuaciones correspondientes a cada una de ellas, se procede a la superposición cartográfica de los mapas o capas de información, mediante Sistemas de Información Geográfica. La superposición se realiza aplicando el algoritmo de cálculo del método:

$$R = (A + P + 3 \cdot L + 2 \cdot I + S) / 0'9$$

El mapa de recarga obtenido mediante el método APLIS se puede observar en el anexo correspondiente (mapa B.6). La tasa de recarga estimada en la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller es del 52 %, como valor medio del conjunto de la misma. En la figura 7 se observa el porcentaje de superficie que ocupa cada clase de recarga del método APLIS, calculado a partir del mapa B.6. Se puede ver que la categoría más abundante, con casi un 40 % de la superficie total, corresponde a la clase Alta, es decir, una infiltración eficaz del 60 al 80 % de la precipitación. Las clases de recarga Muy Baja (< 20 %) y Muy Alta (> 80 %) tienen escasa representación, pues no superan el 3 y 2 % de la superficie total, respectivamente.

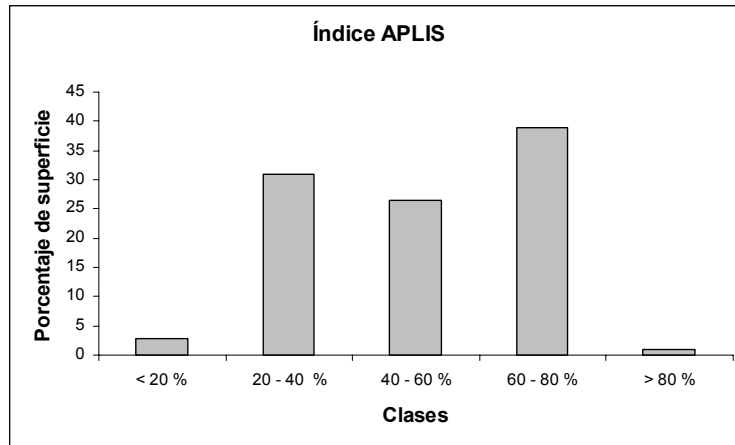


Figura 7. Porcentaje de superficie según valores del índice APLIS en la U.H. Fonts de Sóller

En la tabla 10 se puede observar la tasa de recarga media en los principales grupos litológicos de la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller. Los acuíferos carbonatados, como es de esperar, presentan el valor más elevado, con una media del 62 % de infiltración de la precipitación. El resto de materiales tienen un coeficiente de infiltración por lo general inferior al 30 %. En los materiales de baja permeabilidad, cuya extensión es muy reducida, se obtiene una tasa de recarga del 21%, aunque en ellos se debe producir escorrentía superficial que posteriormente se infiltra en los acuíferos adyacentes.

Afloramientos	Valor medio del índice APLIS (%)
Acuíferos carbonatados	62
Acuíferos detríticos cuaternarios	29
Materiales de baja permeabilidad	21
Media de la unidad hidrogeológica	52

Tabla 10. Valores de la tasa de recarga según el método APLIS en la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller

En el acuífero de Sa Costera, incluido administrativamente en la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, la recarga sobre las calizas y dolomías es del orden del 60 - 70 % de la precipitación, puntualmente hasta el 80 %.

Por lo que respecta a la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera, la distribución espacial de la recarga, de acuerdo con el método APLIS, se presenta en el mapa D.6. La tasa de infiltración media que se ha obtenido es del 48 %, ligeramente inferior a la calculada en la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller. Al igual que en el caso anterior, se ha elaborado un diagrama con el porcentaje de superficie ocupada por cada clase de recarga del método APLIS (figura 8).

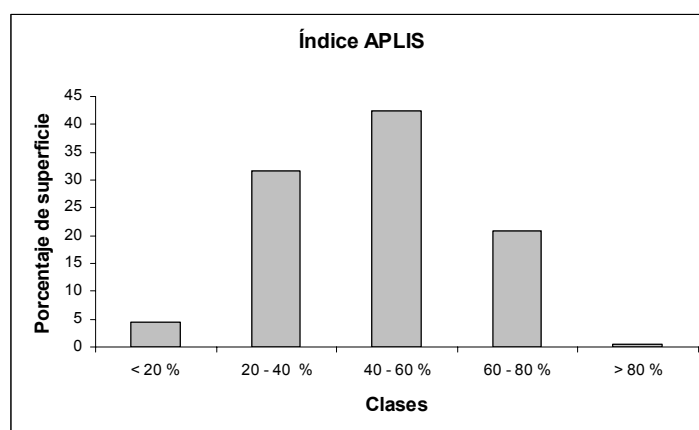


Figura 8. Porcentaje de superficie según valores del índice APLIS en la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera

La categoría más abundante es, en este caso, la clase Moderada (40 - 60 % de la precipitación), que ocupa una superficie cercana al 45 % del total, y ubicada principalmente en la parte meridional de la unidad hidrogeológica. La clase de recarga Baja (20 - 40 %) ocupa algo más del 30 % de la superficie. La categoría Alta (60 - 80 %), que en la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller era la más abundante, tiene aquí una extensión intermedia, el 20 % del total, y se sitúa preferentemente en la mitad norte de S'Estremera. Las clases Muy Baja (< 20 %) y Muy Alta (>80 %) son, de nuevo, las menos frecuentes.

La tasa de recarga media de los acuíferos principales de la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera aparece reflejada en la tabla 11. En las rocas carbonatadas es en las que se produce un mayor porcentaje de infiltración de la precipitación, con un 55 % de media. En los acuíferos detríticos la recarga media es del 31% y en los materiales de baja permeabilidad nuevamente se obtiene un porcentaje de recarga que debe corresponder a la escorrentía que, después, se infiltra en los acuíferos. En este caso, la recarga es inferior a la de la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, principalmente debido a la menor extensión del valor 10 de la variable I (mapa B.4).

Afloramientos	Valor medio índice APLIS (%)
Acuíferos carbonatados	55
Acuíferos detríticos cuaternarios	31
Materiales de baja permeabilidad	25
Media de la unidad hidrogeológica	48

Tabla 11. Valores de la tasa de recarga según el método APLIS en la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera

En ambas unidades hidrogeológicas se observa que la clase Muy Baja corresponde generalmente a materiales muy poco permeables, con pendientes altas y suelos muy arcillosos. Las áreas con recarga de clase Alta y Muy Alta están asociadas principalmente al valor 10 de los parámetros L e I, es decir, zonas de afloran calizas del Jurásico inferior con abundancia de lapiaz y dolinas. En aquellos sectores con carbonatos donde no existe tal desarrollo de formas kársticas, la recarga pasa a ser de clase Moderada, e incluso Baja si la pendiente es elevada. Los valores correspondientes a la clase de recarga Baja se observan frecuentemente en las zonas deprimidas, las cuales suelen estar ocupadas por depósitos cuaternarios.

5.2. Unidad Hidrogeológica del Migjorn (Menorca)

5.1.1. Mapas de las variables del método

En el mapa D.1 se puede observar que el área de estudio al completo posee valor 1 para la variable A (figura 9), es decir, nunca supera los 300 metros de altitud. Por esta razón, el parámetro A tiene una incidencia mínima en el índice final.

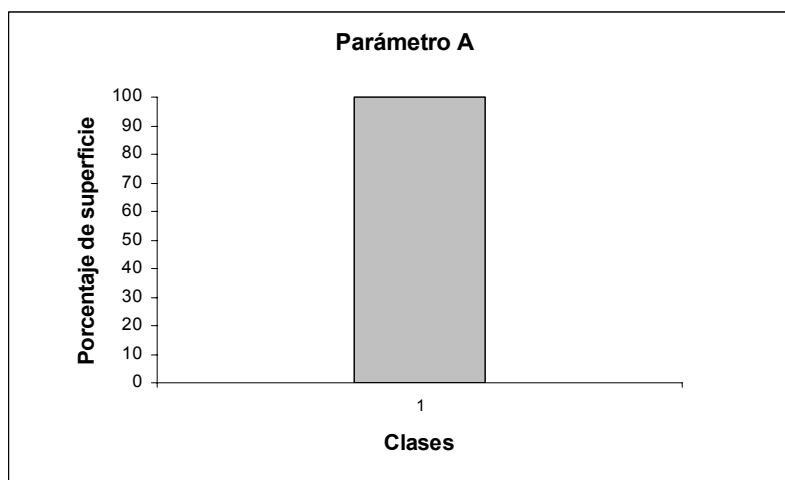


Figura 9. Porcentaje de superficie según valores del parámetro A

El mapa de pendientes (mapa C.2) de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn muestra un predominio claro de zonas llanas, debido a la estructura tabular que presentan los materiales carbonáticos miocenos. En general, la pendiente rara vez supera el 16 % (figura 10), lo cual favorece la infiltración y hace posible que gran parte del área de estudio muestre valores de 9 y 10 para el parámetro P (mapa D.2). En el sector central del Migjorn es donde se encuentran las mayores pendientes, asociadas a los márgenes de numerosos cauces fluviales muy encajados.

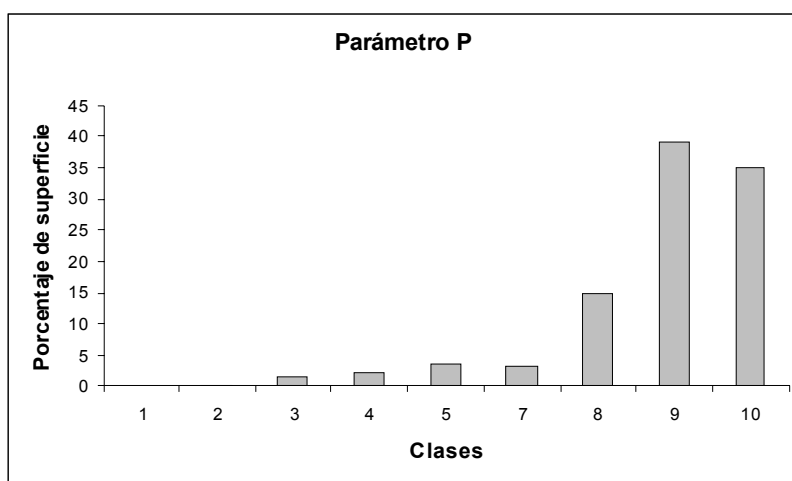


Figura 10. Porcentaje de superficie según valores del parámetro P

El mapa del parámetro L (mapa D.3) también muestra una gran uniformidad, inducida por la monotonía litológica del área. La roca más abundante, que ocupa más del 90 % de la superficie total (figura 11), es la calcarenita de edad miocena, aunque existen también dolomías y calizas del Muschelkalk y del Jurásico inferior (mapa C.3), todas ellas fracturadas, algo karstificadas. En todos estos casos, se otorgado un valor de 7 (tabla 12), el más alto del área aunque intermedio dentro del conjunto de las rocas karstificables. El resto de litologías apenas tienen representación, con menos del 5 % de la superficie. Dentro de esta minoría se encuentran gravas, arenas, limos y arcillas cuaternarias, de origen aluvial, puntuadas con un valor de 5, porque parecen presentar mayor proporción de arenas que los depósitos cuaternarios de la Unidad de Fonts de Sóller. También aparecen conglomerados y areniscas del Mioceno, poco permeables, valorados con una puntuación de 3. Las rocas menos favorables a la infiltración son las arcillas y margas del Triás (Keuper), y un conjunto de areniscas y lutitas de edad carbonífera a triásica, puntuados con el valor 1.

Litología del mapa hidrogeológico del área de estudio	Puntuación
Arcillas y margas (Triásico superior)	1
Areniscas y lutitas (Carbonífero-Triásico medio)	
Conglomerados y areniscas (Mioceno inferior-medio)	3
Gravas, arenas, limos y arcillas (Cuaternario)	5
Calizas micríticas y dolomías laminadas (Muschelkalk)	7
Dolomías y calizas (Jurásico inferior)	
Calcarenitas y bioconstrucciones (Mioceno superior)	

Tabla 12. Puntuación del parámetro L para las litologías del área de estudio de Menorca

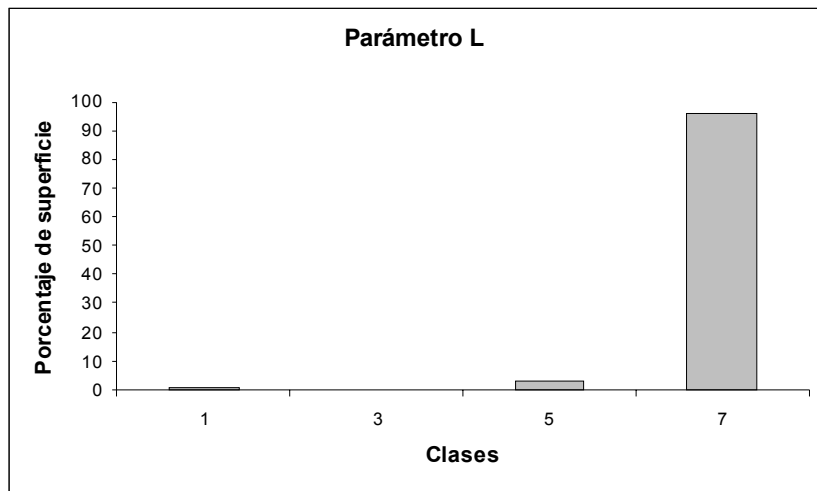


Figura 11. Porcentaje de superficie según valores del parámetro L

El mapa de formas kársticas (mapa C.4) muestra numerosas depresiones endorreicas (dolinas) desarrolladas sobre las calcarenitas miocenas, que contribuyen a aumentar la infiltración del agua de lluvia. Ocupan aproximadamente el 5 % de la superficie, y están puntuadas con 10 (figura 12, mapa D.4). Por este motivo, el parámetro I no tiene excesiva repercusión en el índice de recarga APLIS en el área de estudio, aunque no es despreciable.

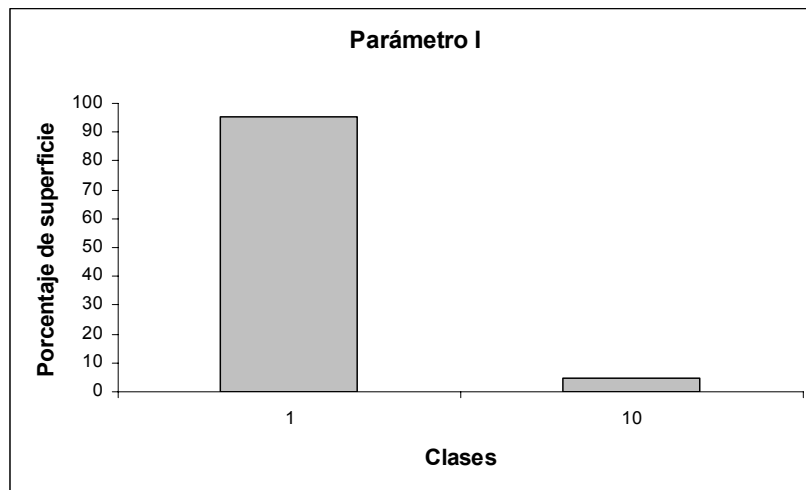


Figura 12. Porcentaje de superficie según valores del parámetro I

Existen numerosos sumideros kársticos por toda la Unidad Hidrogeológica del Migjorn, a veces con cierta cuenca vertiente, los cuales permiten la infiltración rápida de agua de escorrentía. En este sentido, se ha tenido en cuenta la escorrentía generada en algunas cuencas hidrográficas situadas al norte, fuera de la Unidad Hidrogeológica

del Migjorn, formadas por materiales poco permeables pero que vierten hacia ella. La escorrentía generada en dichas cuencas puede infiltrarse, en gran medida, por los sumideros existentes, a veces en los propios cauces. Por tanto, hay que tener en cuenta esta componente a la hora de evaluar los recursos hídricos.

El mapa del parámetro S (mapa D.5) presenta, mayoritariamente, valor 6 (figura 13), el cual corresponde a suelos de composición margoso-arenosa, según el criterio de EPTISA (DGRH-EPTISA, 2005b). Lo más probable es que se trate de cambisoles en sentido amplio, con valores de permeabilidad medios. Sobre los afloramientos calizo-dolomíticos que se observan al noroeste se desarrollan suelos delgados, puntuados con el valor 10 del parámetro S, muy probablemente litosoles. Este tipo de suelo también aparece en parches dispersos por toda el área, ocupando el 15 % de la superficie total de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn.

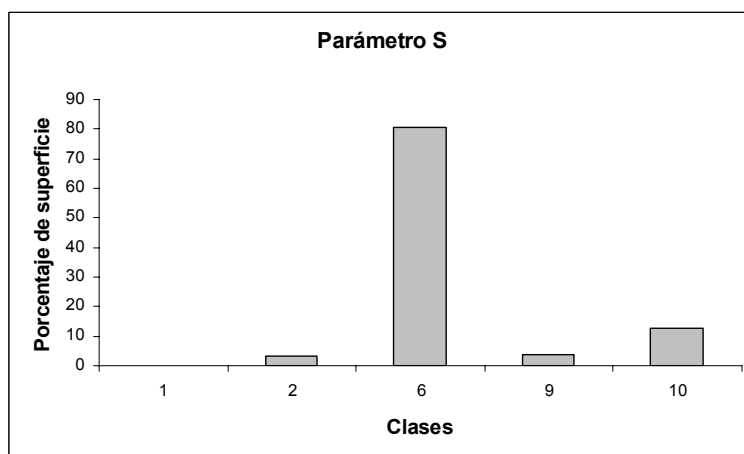


Figura 13. Porcentaje de superficie según valores del parámetro S

Tipo de asociaciones de suelos en el área de estudio	Puntuación
Arcillas no expansivas y desagregadas (Vertisoles)	1
Limos orgánicos (Planosoles)	2
Margas arenosas (Cambisoles)	6
Arenas (Arenosotes)	9
Suelo delgado o ausente (Litosoles)	10

Tabla 13. Puntuación del parámetro S para los suelos del área de estudio de Menorca, estimada a partir de la cartografía de EPTISA

5.1.2. Mapa de recarga obtenido por el método APLIS en la Unidad Hidrogeológica del Migjorn. Valor medio de la tasa de recarga y distribución espacial

La gran uniformidad que presentan las variables del método APLIS implican forzosamente una distribución muy uniforme del índice de recarga, tal y como se observa en el mapa D.6. La clase predominante es Moderada, que corresponde a una tasa de recarga entre el 40 % y el 60 %, y ocupa más del 80 % de la superficie de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn (figura 14). Esta tasa de recarga se encuentra en la mayor parte de los afloramientos de calcarenitas del Mioceno superior, aunque también es característica de las calizas y dolomías del Jurásico inferior. Las restantes clases de recarga tienen poca representación. En concreto, la clase Baja ocupa menos del 15 % de la superficie total y está relacionada con pendientes algo más elevadas, o bien con suelos y litologías no muy permeables. La clase Alta es menos abundante aún (inferior al 5 %) y aparece asociada a las zonas con valor 10 del parámetro I, es decir, a dolinas. Apenas existe superficie ocupada por la clase Muy Baja y la clase Muy Alta es inexistente.

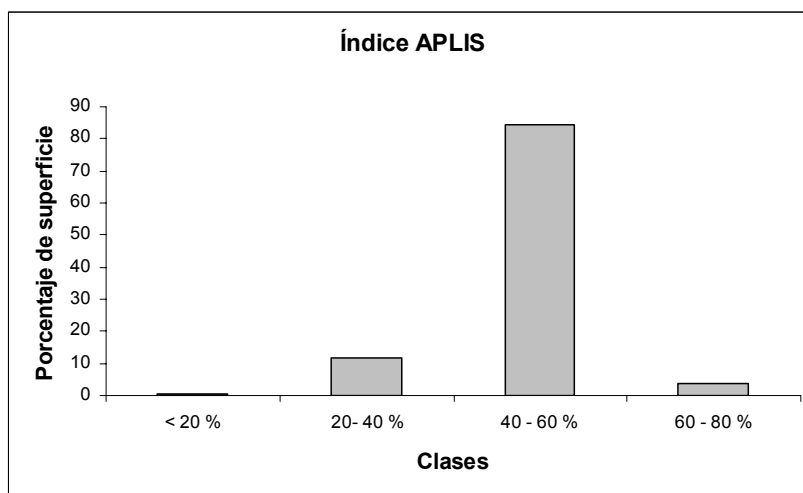


Figura 14. Porcentaje de superficie según valores del índice APLIS

El valor medio de la tasa de recarga anual obtenido para la Unidad Hidrogeológica del Migjorn es del 44 % (tabla 14), es decir, se infiltra algo menos de la mitad del agua de lluvia que cae sobre el acuífero. El coeficiente medio de infiltración eficaz calculado según el método APLIS corresponde básicamente al acuífero mioceno, que es el que ocupa la mayor parte de la superficie. Las calizas y dolomías jurásicas presentan una tasa de infiltración muy similar, ya que se han puntuado con el mismo valor de L, de acuerdo a sus características hidrogeológicas.

Afloramientos	Valor medio del índice APLIS (%)
Acuíferos carbonatados	45
Acuíferos detríticos cuaternarios	29
Materiales de baja permeabilidad	22
Media de la unidad hidrogeológica	44

Tabla 14. Valores de la tasa de recarga según el método APLIS en la Unidad Hidrogeológica del Migjorn

En los acuíferos detríticos cuaternarios, la infiltración eficaz es de un 29 %, aunque la escasa superficie que presentan no afecta significativamente al valor global de recarga.

6. Comparación de los resultados del método APLIS con los obtenidos por otras técnicas

6.1. Unidades Hidrogeológicas de Fonts de Sóller (Sa Costera) y S'Estremera

En el área de estudio y sus proximidades hay 8 estaciones meteorológicas (figura 15, tabla 15), con datos de lluvia y temperatura registrados durante un periodo de hasta 28 años (entre 1975 y 2003).

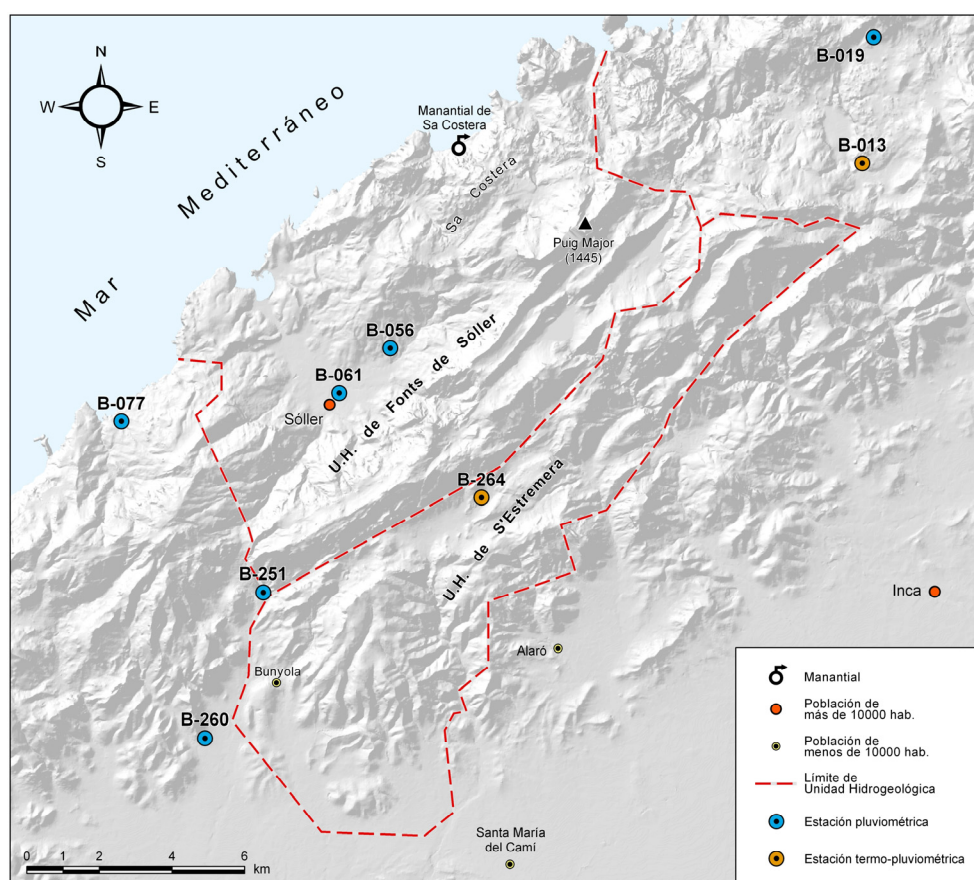


Figura 15. Mapa de situación de las estaciones meteorológicas (con código referencia) utilizadas en las áreas de estudio de Mallorca

La precipitación media anual sobre el área, durante el periodo considerado, es de 854 mm, si se hace la media aritmética simple de las estaciones, y de 890 mm si se realiza de forma ponderada por el área entre isoyetas. Si se considera sólo la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, la precipitación media es de 897 mm anuales. En el caso de la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera, la precipitación media es algo más baja, unos 880 mm al año. La temperatura media anual que se obtiene con los datos

disponibles es baja, 13.7° C, dada la altitud a la que se encuentran las dos estaciones termométricas (estaciones B-013 y B-264).

A partir de los datos mensuales de precipitación y temperatura de las estaciones existentes en el área de estudio se han realizado balances de Thornthwaite para estimar la lluvia útil (excedentes), es decir, la que genera infiltración o escorrentía (según la permeabilidad de los materiales aflorantes). Más concretamente, se ha obtenido la lluvia útil (en forma de porcentaje de la precipitación) para una capacidad de campo media de 25 mm (tabla 15), representativa de las rocas carbonatadas con poco suelo. También se ha calculado con una capacidad de campo media de 50 mm, más apropiada en el caso de materiales margosos y limoso-arenosos (aluviones cuaternarios). Los resultados se muestran, de manera detallada, en el Anexo E de este informe.

Un método frecuentemente utilizado en el estudio de la infiltración sobre acuíferos carbonáticos es el método de Kessler. Éste es específico de acuíferos kársticos, y tiene en cuenta sólo la precipitación. La tasa de recarga se calcula de forma empírica, utilizando para ello la lluvia caída en los cuatro primeros y los cuatro últimos meses del año, en los cuales se produce la mayor parte de la recarga. Los fundamentos del método y los resultados obtenidos en las estaciones se muestran, de manera detallada, en el Anexo F de este informe.

Otro método que se suele utilizar para la estimación de la recarga en acuíferos carbonatados es el balance de cloruros, aunque no se dispone de datos para aplicar este método en el conjunto de las áreas de estudio. No obstante, Cardoso (1997) aplicó el balance de cloruros en el acuífero de Sa Costera y obtuvo una tasa de recarga de aproximadamente el 80 % de la lluvia. Este mismo autor utilizó técnicas de balances hidrogeológicos mediante modelos de flujo, con la ayuda del programa informático BALAN. El ajuste entre los hidrogramas del manantial de Sa Costera medidos y simulados era relativamente aceptable con una infiltración eficaz media del 85 %.

El valor medio del coeficiente de lluvia útil (infiltración + escorrentía) deducido por el método de Thornthwaite (con una capacidad de campo de 25 mm), para las unidades hidrogeológicas de Fonts de Sóller y S'Estremera, es del 51 % (tabla 15), lo cual está en consonancia con los resultados estimados por el método APLIS (52 y 48%, respectivamente; tablas 10 y 11). Con una capacidad de campo de 50 mm, más adecuada para las formaciones margoso-limosas, la lluvia útil es del 48 % de la precipitación, también coherente con los resultados del método APLIS. Parece, sin

embargo, que el método de Thornthwaite da un resultado sensiblemente más bajo que APLIS, si se contemplan zonas situadas sobre afloramientos carbonatados. El coeficiente medio de lluvia útil en las calizas de la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller es del 62 % según el método APLIS (tabla 10), con valores puntuales de más del 80 %, superior a los resultados globales ofrecidos por el método de Thornthwaite. En los materiales carbonatados de la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera la tasa de recarga es del 55 % de la precipitación según el método APLIS (tabla 11), de nuevo un valor superior a la lluvia útil que se obtiene con el método de Thornthwaite.

Estación pluviométrica	Altitud (m s.n.m.)	Pp media (mm)	Thornthwaite cc 25 mm (%)	Thornthwaite cc 50 mm (%)	Kessler (%)
B-061	40	809	49.6	46.0	46.6
B-056	120	830	51.7	48.2	49.0
B-019	530	1020	58.2	55.4	47.5
B-745	95	913	54.1	51.0	47.7
B-006	450	906	53.4	50.3	45.6
B-013*	490	1165	61.8	59.5	49.1
B-264*	455	824	52.0	46.7	46.3
B-077	131	669	42.4	38.0	45.6
B-260	155	620	41.3	38.2	46.0
B-251	240	788	49.6	46.0	47.9
MEDIA	271	854	51.4	47.9	47.1

Tabla 15. Datos de altitud, precipitación y lluvia útil (expresada como porcentaje de la precipitación) calculados por los métodos de las áreas de estudio de Mallorca. (*)Estación con registro termométrico

El método de Kessler da un coeficiente de infiltración eficaz del 47 % para el total del área de estudio (tabla 15), resultado similar a Thornthwaite cuando se aplica una capacidad de campo de 50 mm. Este valor es relativamente próximo al obtenido cuando se considera una capacidad de campo de 25 mm y al coeficiente de infiltración medio del 51 % que se obtiene al aplicar el método APLIS. Al igual que con el método de Thornthwaite, los valores de tasa de recarga obtenidos por el método de Kessler son más bajos que los determinados por el método APLIS en los materiales carbonatados.

Los resultados del balance de cloruros y del programa BALAN, efectuados por Cardoso (1997), son superiores a los que se obtienen en Sa Costera mediante el método APLIS. Concretamente, este último predice entre un 60 y un 70 % de infiltración, mientras que los resultados de Cardoso (1997) son del 80 al 85 %.

Barón *et al.* (1995) investigaron el funcionamiento hidrogeológico de diversos acuíferos kársticos de la isla de Mallorca, entre ellos, los de Sa Costera y Fonts de Sóller, que en aquel momento no se consideraban parte de la misma unidad

hidrogeológica, y S'Estremera. En dicho estudio indicaron unas tasas medias de infiltración eficaz del 25 % y 27 % para Fonts de Sóller y S'Estremera, respectivamente, y hasta un 50 % en el caso de Sa Costera. Estos resultados son bastante más bajos que los obtenidos mediante el método APLIS y las otras técnicas utilizadas.

6.2. Unidad Hidrogeológica del Migjorn

En la Unidad Hidrogeológica del Migjorn de Menorca (figura 16, tabla 16), se dispone de 6 estaciones pluviométricas con un periodo de registro de 28 años (entre 1975 y 2003), de las cuales sólo una tiene datos de temperatura (estación B-893). La precipitación media anual es de 577 mm, según la media aritmética de las estaciones, y de 557 mm si se realiza de forma ponderada por el área. La temperatura media anual es de 17° C. Puede parecer escasa una sola estación con registro de temperatura, pero la gran homogeneidad altimétrica de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn indica que probablemente no hay gradientes termométricos importantes.

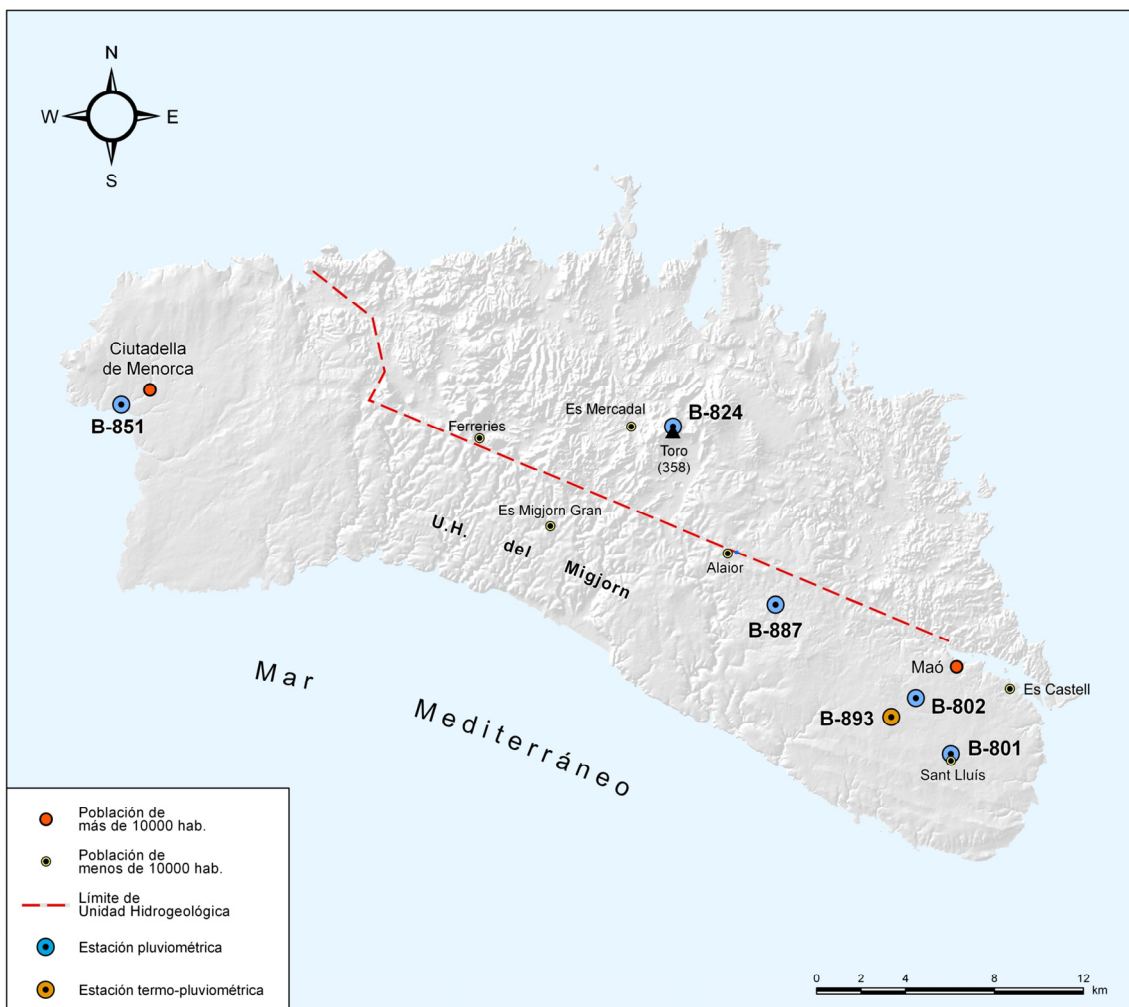


Figura 16. Mapa de situación de las estaciones meteorológicas (con código referencial) utilizadas en el área de estudio de Menorca

Se han utilizado los métodos de Thornthwaite y de Kessler, al igual que en el apartado anterior. Los resultados de la aplicación de ambos métodos se muestran, de manera detallada, en los anexos E y F de este informe. En el caso del método de Thornthwaite, la capacidad de campo mínima aplicada ha sido de 50 mm, en vez de 25 mm. La razón de esta variación es que, en Menorca, el espesor de suelo es mayor que en la región de la Sierra de Tramuntana de Mallorca.

Estación pluviométrica	Altitud (m s.n.m.)	Pp media (mm)	Thornthwaite cc 50 mm (%)	Thornthwaite cc 75 mm (%)	Kessler (%)
B-893*	31	543	23.4	18.5	48.6
B-824	350	595	26.7	21.0	47.2
B-851	9	581	27.6	23.2	46.8
B-887	103	577	29.1	24.5	48.7
B-802	50	587	26.3	21.6	49.3
B-801	60	576	25.2	20.4	47.2
MEDIA	101	577	26.4	21.5	47.9

Tabla 16. Datos de altitud, precipitación y lluvia útil (expresada como porcentaje de la precipitación) calculados por los métodos de Thornthwaite (capacidad de campo de 50 y 75 mm) y de Kessler en las estaciones meteorológicas de la zona de estudio de Menorca. (*)Estación con registro termométrico

El valor medio de lluvia útil calculado por el método de Thornthwaite (con una capacidad de campo de 50 mm), para la Unidad Hidrogeológica del Migjorn, es del 26 % (tabla 16); 21,5% con una capacidad de campo de 75 mm, resultados muy inferiores al 44 % obtenido mediante el método APLIS. Ambos valores de lluvia útil son también muy inferiores a la que se obtuvo por el mismo método en la zona de la Sierra de Tramuntana (Mallorca). La razón es que en Menorca las precipitaciones son menores y las temperaturas medias son más altas.

Es difícil justificar sólo un 26 % de infiltración en este acuífero kárstico sin apenas pendiente, con abundancia de dolinas y sumideros, por lo que el método de Thornthwaite no es apropiado en acuíferos como el del Migjorn.

El coeficiente medio de lluvia útil obtenido por el método de Kessler es del 48 %, específico para acuíferos kársticos (tabla 16), es ligeramente superior al estimado con el método APLIS (44 %).

7. Estimación de los recursos

7.1. Unidades Hidrogeológicas de Fonts de Sóller y S'Estremera

Con los datos de precipitaciones medias correspondientes a las estaciones del área de estudio, se han trazado las líneas isoyetas (figura 17) y se ha calculado la precipitación media anual, que ha resultado ser de 890 mm. Si se considera únicamente la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, la precipitación media anual es de 897 mm. En la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera, la media anual es más baja, unos 880 mm. Por tanto, el volumen medio anual de precipitación que cae sobre las dos unidades hidrogeológicas consideradas en el presente estudio (unos 190 km²) es del orden de 169 hm³, de los cuales 100 hm³ corresponden a la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller y el resto, 69 hm³, a la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera.

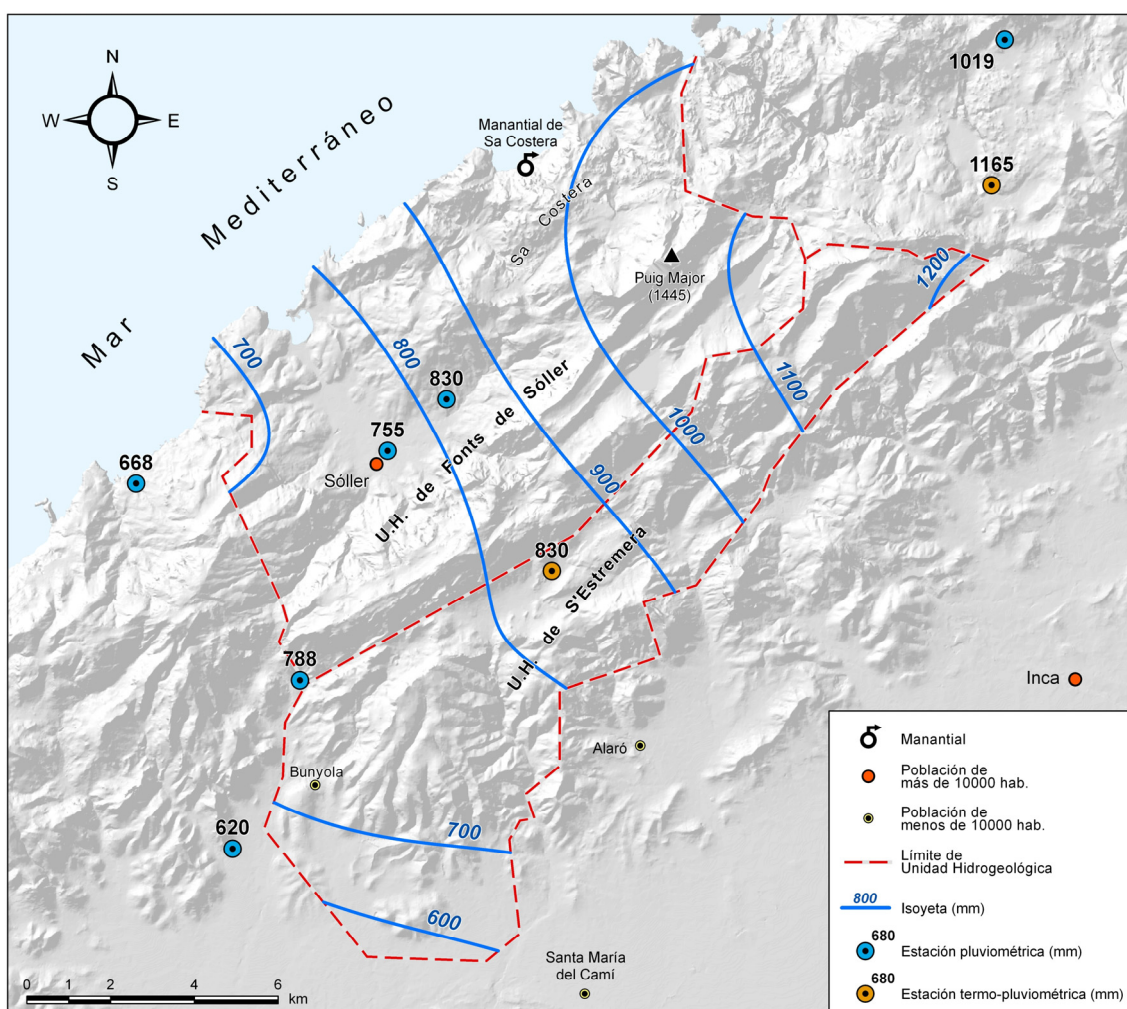


Figura 17. Mapa de isoyetas de las áreas de estudio de Mallorca

A partir del mapa de valores del coeficiente de infiltración obtenido por el método APLIS (mapa B.6) y el mapa de isoyetas (figura 17), se obtiene el mapa B.7, que muestra la distribución espacial de la recarga media anual en mm (recarga específica). Se aprecia claramente que la recarga específica es más elevada en los afloramientos de rocas carbonatadas jurásicas. Concretamente, en el extremo noreste de la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera, la recarga específica es superior a 800 mm anuales, ya que se encuentra en la zona donde más llueve y, además, de acuerdo con el método APLIS, presenta un alto coeficiente de recarga. Sin embargo, existen zonas dentro del acuífero carbonatado jurásico con menor recarga específica, debido a que llueve menos y el índice APLIS es ligeramente menor.

El mapa de isoyetas de la figura 17 y el de los porcentajes de recarga obtenido mediante el método APLIS, permiten estimar el volumen medio anual de recarga por infiltración de las precipitaciones en cada una de las dos unidades hidrogeológicas de Mallorca que se han considerado en el presente estudio (tablas 17 y 18).

Afloramientos	Superficie (km ²)	Precipitación (P)		Índice APLIS (%)	Recursos (hm ³ /año)
		mm	hm ³ /año		
Acuíferos carbonatados	81.4	906	73.7	62	45.6
Acuíferos detríticos cuaternarios	16.4	808	13.3	29	3.8
Materiales de baja permeabilidad	13.8	952	13.1	21	2.7
Total de la unidad	111.6	897	100.1	52	52.1

Tabla 17. Datos de recarga de la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller

Los recursos medios anuales de la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller se han estimado, según el método APLIS, en 52.1 hm³. De esta cantidad, 45.6 hm³/año corresponden a la infiltración directa de las precipitaciones sobre los acuíferos carbonatados jurásicos, 3.8 hm³/año se infiltran en los detríticos cuaternarios y 2.7 hm³/año en los materiales de baja permeabilidad.

Afloramientos	Superficie (km ²)	Precipitación (P)		Índice APLIS (%)	Recursos (hm ³ /año)
		mm	hm ³ /año		
Acuíferos carbonatados	56.6	914	51.7	55	28.5
Acuíferos detríticos cuaternarios	11.3	668	7.5	31	2.3
Materiales de baja permeabilidad	11.1	924	10.3	25	2.5
Total de la unidad	79.0	880	69.5	48	33.3

Tabla 18. Datos de recarga de la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera

En la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera, los recursos medios se cifran en 33.3 hm³/año, de acuerdo al método APLIS. De esta cantidad, la mayor parte infiltra sobre las rocas carbonatadas (28.5 hm³/año), al igual que en el caso anterior. En los

materiales del Cuaternario se infiltran $2.3 \text{ hm}^3/\text{año}$, mientras que sobre materiales de baja permeabilidad, $2.5 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Las salidas de estos acuíferos no son, en general, muy conocidas, con lo cual resulta complicado demostrar que las cifras de los recursos son totalmente ciertas. Según Barón *et al.* (1995), las salidas de la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera se producen principalmente por descarga en manantiales ($1.3 \text{ hm}^3/\text{año}$, en torno al 10 % del total de los recursos calculados por los autores) y por bombeos. La descarga subterránea que se producía desde esta unidad hacia los materiales detríticos que rellenan la cuenca de Palma, antiguamente muy importante, era nula en 1995, debido a los bombeos. En el acuífero de Fonts de Sóller -perteneciente actualmente a la unidad hidrogeológica homónima- Barón *et al.* (1995) indicaron que la descarga tiene lugar por varios manantiales ($11.1 \text{ hm}^3/\text{año}$ de los que $8.3 \text{ hm}^3/\text{año}$ corresponden a Sa Costera). Por último, pusieron de manifiesto que la descarga del acuífero de Sa Costera se produce fundamentalmente por el manantial del mismo nombre.

Los resultados anteriormente expuestos difieren mucho de los que hay en el PHIB, en el cual se tuvieron en cuenta los siguientes valores medios de precipitación anual: 1076 mm Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller y 862 mm en la de S'Estremera. En dicho Plan Hidrológico se considera, sin una justificación clara, que la recarga media es del 25% de la precipitación en la Unidad Hidrogeológica de Font de Sóller y del 27,6% en la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera. Estos valores son muy bajos para lo que es de esperar en materiales acuíferos carbonatados que muestran cierta karstificación, particularmente importante en el caso de la Unidad Hidrogeológica de Font de Sóller (acuífero de Sa Costera). Las superficies permeables del Plan Hidrológico también difieren de las que han sido proporcionadas para la realización del presente estudio: 80 km^2 en la Unidad Hidrogeológica de Font de Sóller y 44 km^2 en la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera. Consecuentemente las cifras de recursos medios que figuran en el Plan Hidrológico son de $17,2 \text{ hm}^3/\text{año}$ en la Unidad Hidrogeológica de Font de Sóller y $10 \text{ hm}^3/\text{año}$ en la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera, muy inferiores a las obtenidas en el presente estudio y de difícil aceptación, si se comparan con los resultados en otros acuíferos carbonatados de la península Ibérica.

7.2. Acuífero de Sa Costera

El sistema acuífero de Sa Costera, incluido administrativamente en la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, presenta gran interés hidrogeológico por las expectativas que hay del aprovechamiento de sus recursos para el abastecimiento a la ciudad de Palma de Mallorca. La salida natural visible más importante en la zona de estudio corresponde al manantial de Sa Costera, con un caudal medio de unos 8-10 hm³/año (CEDEX, 1991; YACU, 1994; Cardoso, 1997). La descarga de este manantial fue modelizada por Cardoso (1997) mediante el programa BALAN, utilizando datos de precipitaciones y estimando los límites del acuífero. Así, a partir de criterios geológicos y geomorfológicos no especificados con claridad, delimitó lo que podría ser la zona de recarga de la surgencia (figura 18, línea de color rojo), un área de 10.6 km² situada en la parte alta de Sa Costera. Cardoso (1997) determinó, mediante el programa BALAN, un coeficiente de infiltración eficaz del 85 % de la lluvia y unas salidas medias de unos 9 hm³/año, coherentes con los datos históricos de aforos registrados en el manantial, aunque el ajuste entre caudal medido y el del modelo no fue totalmente satisfactorio.

En el presente estudio se ha utilizado el método APLIS para evaluar la recarga en la misma área de alimentación delimitada por Cardoso (1997) y el resultado es de 6.8 hm³/año. Este caudal es menor que el estimado por dicho autor porque, según el método APLIS, el coeficiente medio de recarga en dicha área es del 65 %. La diferencia no es demasiado importante, sobre todo teniendo en cuenta las imprecisiones en el registro histórico de caudales del manantial de Sa Costera que cifra la descarga en un intervalo de 8 a 10 hm³/año.

Una definición de la zona de recarga del manantial de Sa Costera más acorde con el contexto geológico e hidrogeológico podría ser la que se presenta en la figura 18 (en color amarillo). El sistema de Sa Costera estaría formado por materiales carbonatados que quedan entre dos contactos de cabalgamiento, limitados por materiales triásicos de baja permeabilidad. Además, el área propuesta incluye materiales de baja permeabilidad, al sur, sobre los cuales se genera escorrentía que, en gran parte, termina infiltrándose en las calizas de Sa Costera. Para estimar la escorrentía en estos materiales arcillosos se ha considerado el valor medio de la lluvia útil (51 % de la precipitación),

calculada mediante el balance de Thornthwaite (tabla 15). La infiltración sobre las calizas se ha calculado a partir del mapa de recarga específica (mapa B.7). La superficie total de la hipotética nueva área de recarga propuesta es de 12.7 km², de los cuales 1.1 km² están sobre litologías de baja permeabilidad. El resultado total es ahora de unos 8.2 hm³/año (7.7 hm³/año por infiltración en las calizas y 0.5 hm³/año procedente de infiltración de la escorrentía), compatible con la descarga media histórica, y un coeficiente de infiltración medio del 67 % para la calizas y dolomías dentro de la nueva zona de recarga propuesta.

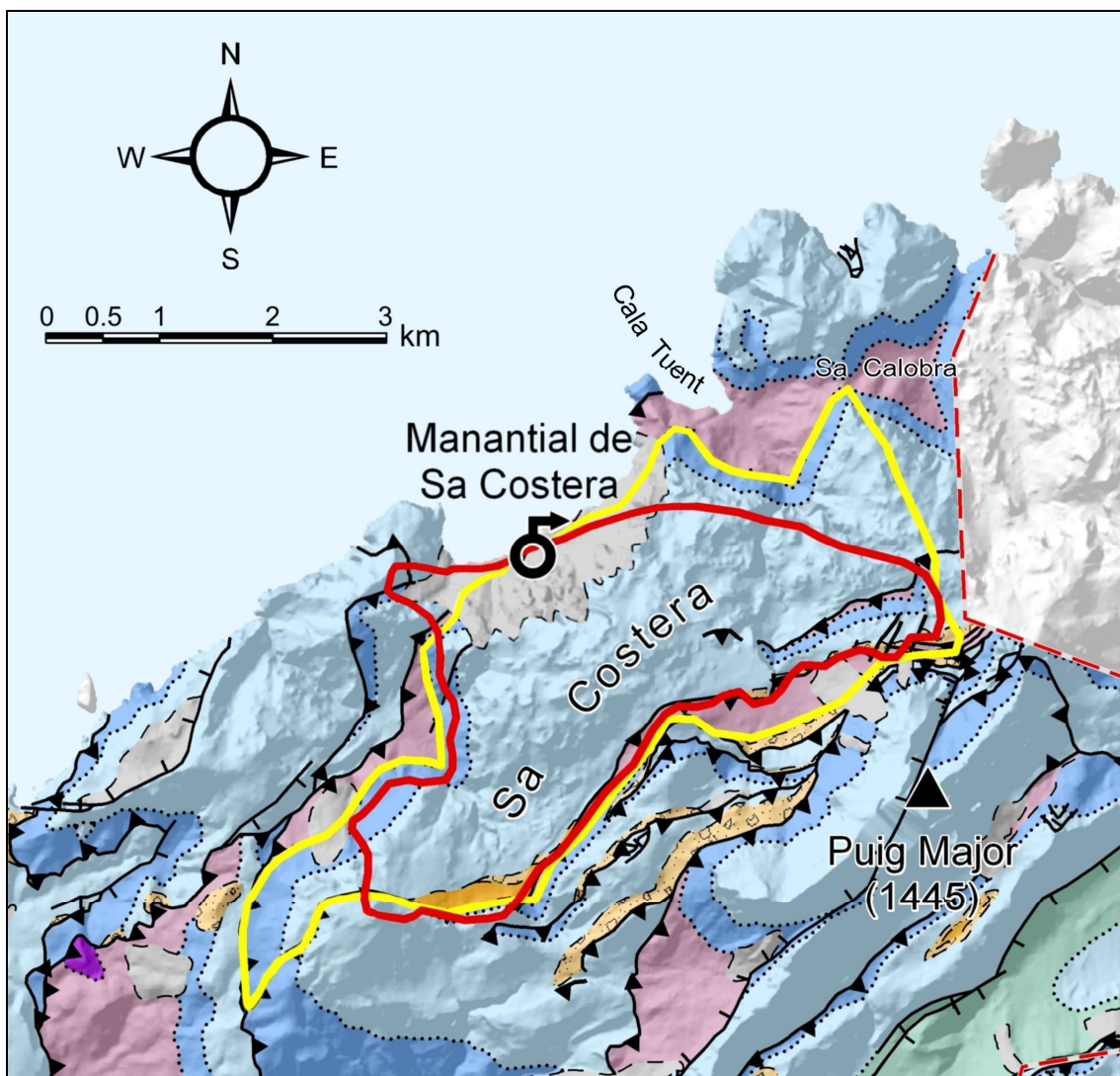


Figura 18. Detalle de la cartografía geológica del sector de Sa Costera y áreas de recarga del manantial: en color rojo, la definida por Cardoso (1997) y en color amarillo, la propuesta en este trabajo

7.3. Unidad Hidrogeológica del Migjorn

A partir de los datos de precipitación media anual de las estaciones meteorológicas del área de estudio, se han trazado líneas isoyetas (figura 19) y se ha calculado la precipitación media anual, cuyo resultado ha sido 557 mm. Según esto, el volumen medio anual de precipitación sobre el área de estudio (398 km^2) es de 222 hm^3 .

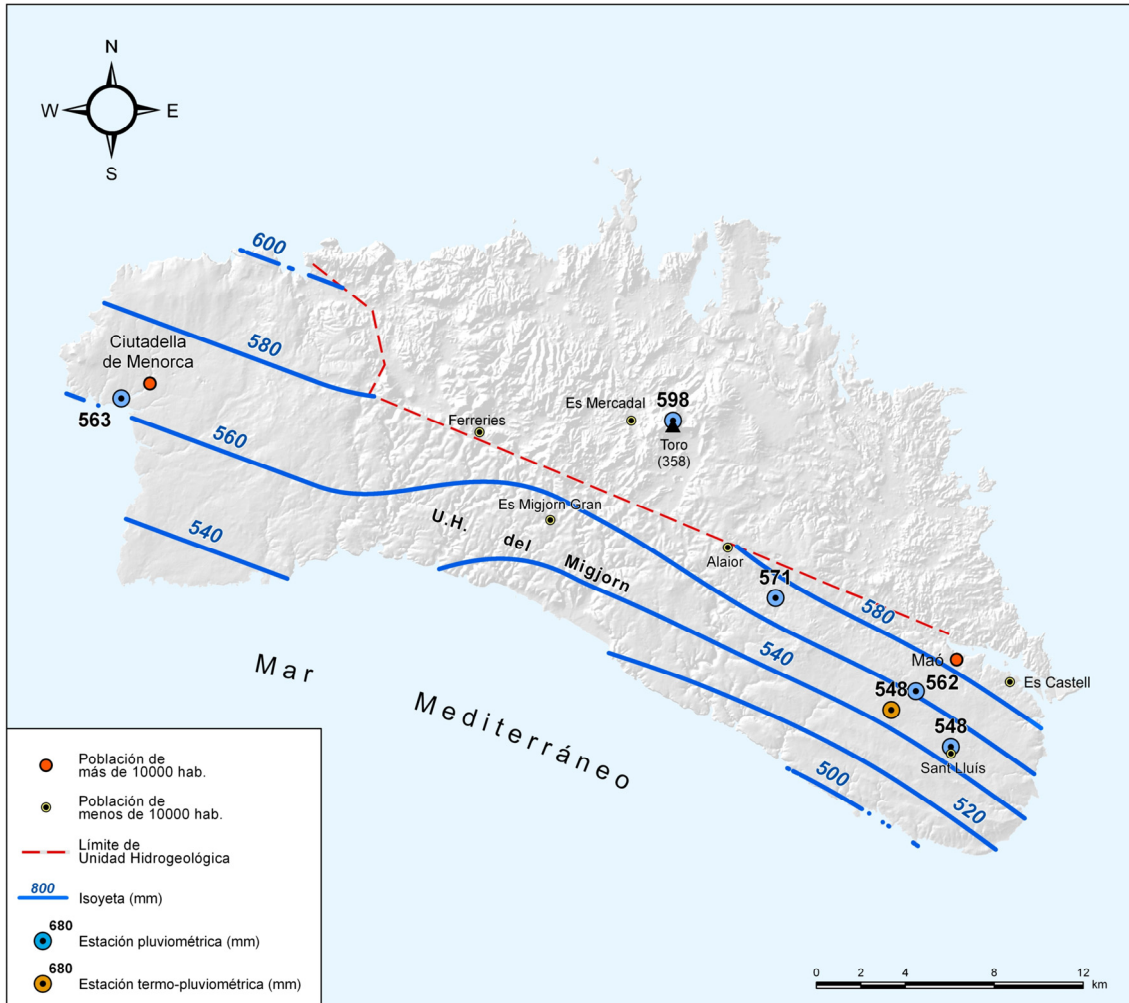


Figura 19. Mapa de isoyetas del área de estudio

Se ha elaborado un mapa de recarga específica (mapa D.7), a partir de la precipitación y el mapa del índice de recarga APLIS. La uniformidad espacial en las precipitaciones y en la tasa de infiltración de las calcarenitas miocenas condiciona que la recarga anual, de unos 240 mm de media, sea muy homogénea en gran parte de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn. En los extremos noroccidental y suroriental es ligeramente superior a la media, mientras que en sector central es ligeramente inferior. La recarga es máxima en las depresiones endorreicas (dolinas), donde supera los 320 mm de recarga específica, y es mínima en algunas zonas donde afloran lutitas y otras rocas paleozoicas y triásicas fundamentalmente.

El volumen total de recursos procedentes de infiltración del agua de lluvia estimados mediante el método APLIS es de 97 hm³/año, originados casi en su totalidad en el acuífero mioceno. A esta cantidad habría que sumar la infiltración de la escorrentía superficial que se produce en la parte alta de las cuencas hidrográficas existentes al norte del acuífero, en el sector central (mapa D.7). La cabecera de dichas cuencas está formada por materiales de escasa permeabilidad, en los que la lluvia útil genera escorrentía superficial. Estos cursos de agua discurren hacia las calcarenitas miocenas y acaban por infiltrarse en el acuífero, generalmente, a través de sumideros kársticos. Es necesario calcular, por tanto, la tasa de lluvia útil que tiene lugar sobre las citadas cuencas, para lo cual se ha empleado el método de Thornthwaite. La superficie total de cuencas vertientes hacia el acuífero mioceno es de 47 km², por lo que cabe esperar unos aportes por escorrentía superficial de aproximadamente 6 hm³/año, es decir, el 22 % de la precipitación, de acuerdo con la lluvia útil deducida por el método de Thornthwaite con una capacidad de campo de 75 mm, dada la existencia de suelo relativamente desarrollado sobre las calizas. Por último, habría que sumar unos 3 hm³/año que, según los datos del PHIB, se transfieren subterráneamente desde la vecina Unidad Hidrogeológica de Albaida, constituida por un afloramiento de dolomías situadas justo al norte de la población de Alaior. En definitiva, el total de recursos hídricos de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn, incluyendo todas las entradas, asciende a 106 hm³/año (tabla 19).

Los volúmenes evaluados mediante el método APLIS difieren de las cantidades indicadas en el PHIB. En dicho trabajo se utilizó una precipitación media de 588 mm y un coeficiente de infiltración del 27 % para las calcarenitas miocenas, lo que da como resultado unos recursos de 59.4 hm³/año procedentes de la infiltración directa del agua de lluvia. A este volumen hay que sumar, según el citado Plan, los 3 hm³/año procedentes de la Unidad Hidrogeológica de Albaida y otros 6 hm³/año que vienen de las pérdidas de la red de abastecimiento urbano, de la infiltración de aguas residuales y de retornos de riego. En total, se cuantifican las entradas medias en 68.5 hm³/año, cifra considerablemente inferior a la obtenida mediante el método APLIS. La razón fundamental de esta diferencia de cifras de recursos está en que la tasa de recarga considerada en el Plan Hidrológico es del 27%, que parece corresponder al estimado

mediante el balance de Thornthwaite, método que no es adecuado para calcular la lluvia útil que produce recarga en acuíferos kársticos como es el caso del Migjorn.

Afloramientos	Superficie (km ²)	Precipitación (P)		Índice APLIS (%)	Recursos (hm ³ /año)
		mm	hm ³ /año		
Acuíferos carbonatados	381.3	556	212.1	45	95.4
Acuíferos detríticos cuaternarios	11.7	565	6.6	29	1.8
Materiales de baja permeabilidad	5.1	582	2.9	22	0.6
Recursos propios de la unidad	398.1	557	221.7	44	97.7
Aportes por escorrentía superficial	47.1	593	27.9	-	6.1
Aportes desde la U.H. de Albaida	-	-	-	-	3.0
Recursos totales	-	-	-	-	106.8

Tabla 19. Datos de recarga de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn

En cualquier caso, la mayor parte de los recursos de los que dispone la Unidad Hidrogeológica del Migjorn terminan en el mar, mediante descarga submarina principalmente. Según los datos del PHIB, los bombeos para regadíos y abastecimiento urbano ascienden a unos 21 hm³/año en total, por lo que la descarga natural hacia el mar sería del orden de los 48 hm³/año, de los cuales 47 hm³/año se transfieren de manera oculta, submarina. Si se tienen en cuenta estos mismos datos de entradas y salidas cuantificables -los 21 hm³/año bombeados de los que 6 hm³/año vuelven al acuífero, 1 hm³/año de descarga visible- frente a los recursos anuales evaluados a partir del método APLIS, se obtienen unas salidas submarinas de 91 hm³/año, casi el doble que en el caso anterior. La razón de esta diferencia es, nuevamente, la mayor cantidad de recursos calculados por el método APLIS; para equilibrar el balance, es necesario aumentar la cifra de recursos drenados hacia el mar.

8. Resumen y conclusiones

El presente estudio se ha realizado en dos zonas diferentes, pertenecientes a las Illes Balears. En primer lugar, se han considerado dos unidades hidrogeológicas situadas en el sector central de la Sierra de Tramuntana, en la isla de Mallorca (anexos A y B): la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, con 111 km² de extensión, y la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera, de 79 km². Se ha prestado especial atención al sector de Sa Costera, un sistema acuífero cuyos límites no se conocen con precisión, perteneciente a la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller.

La tasa de recarga media anual o infiltración eficaz calculada por el método APLIS ha sido del 52 % de la precipitación en la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller y del 48 % en la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera. Existen variaciones espaciales de la tasa de recarga, en función de las características del terreno y de los materiales que afloran en el área de trabajo. Así, en los acuíferos carbonatados jurásicos, la tasa de recarga aumenta hasta el 62 % de la precipitación en la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, mientras que en la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera llega al 55 %. Sin embargo, la infiltración eficaz es mucho menor en los acuíferos detríticos cuaternarios.

La aplicación del método APLIS permite también calcular unas entradas o recursos hídricos medios de 52.1 hm³/año para la Unidad Hidrogeológica de Fonts de Sóller, de los cuales 45.7 hm³/año se infiltrarían directamente sobre el acuífero carbonatado jurásico. Los recursos medios de la Unidad Hidrogeológica de S'Estremera se cuantifican en 33.3 hm³/año, de los que 28.5 hm³/año corresponden a la infiltración directa sobre las calizas y dolomías jurásicas de esta unidad.

En el acuífero de Sa Costera se ha redefinido la posible área de recarga del manantial que drena el sistema, de acuerdo con el contexto geológico e hidrogeológico de la zona. El área en cuestión ocupa 12.7 km² y presenta una tasa de recarga del 67 %, lo que da como resultado unas entradas medias de 8.2 hm³/año, compatibles con la descarga media histórica del manantial de Sa Costera (8-10 hm³/año).

La otra zona de estudio es la Unidad Hidrogeológica del Migjorn (anexos C y D), situada en la mitad sur de la isla de Menorca. Se trata de un gran conjunto de calcarenitas miocenas con una estructura tabular (subhorizontal), que ocupan 398 km² de extensión.

En la Unidad Hidrogeológica del Migjorn, la tasa media de infiltración eficaz, calculada mediante el método APLIS, es del 44 % de la precipitación. La variación espacial del índice APLIS no es muy acusada, ya que las variables del método son altamente homogéneas en toda el área de estudio.

Los recursos medios anuales estimados en el caso de la Unidad Hidrogeológica del Migjorn son de 106 hm³/año, de los cuales 9 hm³/año provienen de aportes externos al acuífero objeto de estudio. Concretamente, hay 6 hm³/año que proceden de la infiltración de escorrentía superficial generada en la cabecera de las cuencas hidrográficas situadas al norte del sector central del Migjorn. Los 3 hm³/año restantes se transfieren subterráneamente desde las dolomías y calizas de la Unidad Hidrogeológica de Albaida.

Los valores de la tasa de recarga (expresados en porcentaje de la precipitación) y recursos hídricos estimados en el presente informe (con el método APLIS) son coherentes con los obtenidos mediante otros procedimientos convencionales (métodos de Thornthwaite y Kessler) y, además, están en consonancia con los que se conocen en acuíferos carbonatados de la península Ibérica. Sin embargo, son claramente superiores a los datos de Plan Hidrológico de las Illes Balears de 2001, tal como se muestra en la tabla adjunta (tabla 20).

Se desconoce cómo de rápido se produce el flujo del agua subterránea hacia los manantiales o, en su caso, hacia el mar; es decir, se desconocen los tiempos de tránsito y de residencia del agua en el acuífero y, por tanto, se desconoce el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos estudiados, con la excepción de Sa Costera. Así, dependiendo de que los acuíferos tengan un funcionamiento de acuífero de tipo kárstico (flujo por conductos) o de tipo fisurado (flujo difuso), las expectativas de regulación de los recursos son diferentes. Concretamente, el acuífero de Sa Costera parece tener un funcionamiento relativamente kárstico que, a priori, no favorece demasiado la regulación o captación de sus recursos, aspecto éste en el que convendría profundizar en investigaciones futuras.

Por otra parte, los recursos obtenidos corresponden a las superficies de recarga consideradas en los mapas del presente informe, pero es necesario conocer bien los límites y geometría interna de los acuíferos. Ello permite precisar, por ejemplo, si los recursos se encuentran repartidos en uno o en varios compartimentos hidrogeológicos dentro de los acuíferos.

En definitiva, es preciso conocer los límites y geometría interna de los acuíferos investigados y caracterizar el funcionamiento hidrogeológico de los mismos, para llevar a cabo una buena planificación hidrológica que sirva de base de la gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos estimados.

UNIDAD HIDROGEOLOGICA	Plan Hidrológico de las Illes Balears						APLIS						Thornthwaite						Kessler						BALAN (en Cardoso, 1997)		
	Superficie (km ²)	Superficie permeable (km ²)	Lluvia media (mm)	Infiltracion (%)	Recarga (hm ³ /año)	Superficie (km ²)	Lluvia media (mm)	Infiltracion (%)	Recarga (hm ³ /año)	Superficie (km ²)	Lluvia media (mm)	cc 25 mm (%)	cc 50 mm (%)	cc 75 mm (%)	Recarga (hm ³ /año)	Superficie (km ²)	Lluvia media (mm)	Infiltracion (%)	Recarga (hm ³ /año)	Superficie (km ²)	Infiltracion (%)	Recarga (hm ³ /año)	Superficie (km ²)	Infiltracion (%)	Recarga (hm ³ /año)		
FONTS DE SOLLER	112	80	1076	25	17,2	111,6	897	52	52,1	111,6	897	51,4	47,9		111,6	897	47,1	51,45-47,95	111,6	897	47,1	47,14					
Acuíferos carbonatados						81,4	906	62	45,6																		
Acuíferos cuaternarios						16,4	808	29	3,8																		
Baja permeabilidad						13,8	952	21	2,7																		
Acuífero Sa Costera						12,7	984	65	8,2														10,6	85	9		
SESTREMEIRA	80	44	862	27	10	79,0	880	48	33,3	79	880	51,4	47,9		79	880	47,1	35,73-33,30	79	880	47,1	32,74					
Acuíferos carbonatados						56,6	914	55	28,5																		
Acuíferos cuaternarios						11,3	688	31	2,3																		
Baja permeabilidad						11,1	924	25	2,5																		
MIGJORN	391	375	588	27	59,4	398,1	557	44	97,7	398	557		26,4	21,5	56,52-47,66	398	557	47,9	106,18	398	557	47,9	106,18				
Acuíferos carbonatados						381,3	566	45	95,4																		
Acuíferos cuaternarios						11,7	565	29	1,8																		
Baja permeabilidad						5,1	582	22	0,6																		

Tabla 20. Tabla comparativa de los datos de recarga obtenidos mediante los distintos métodos aplicados

9. Referencias

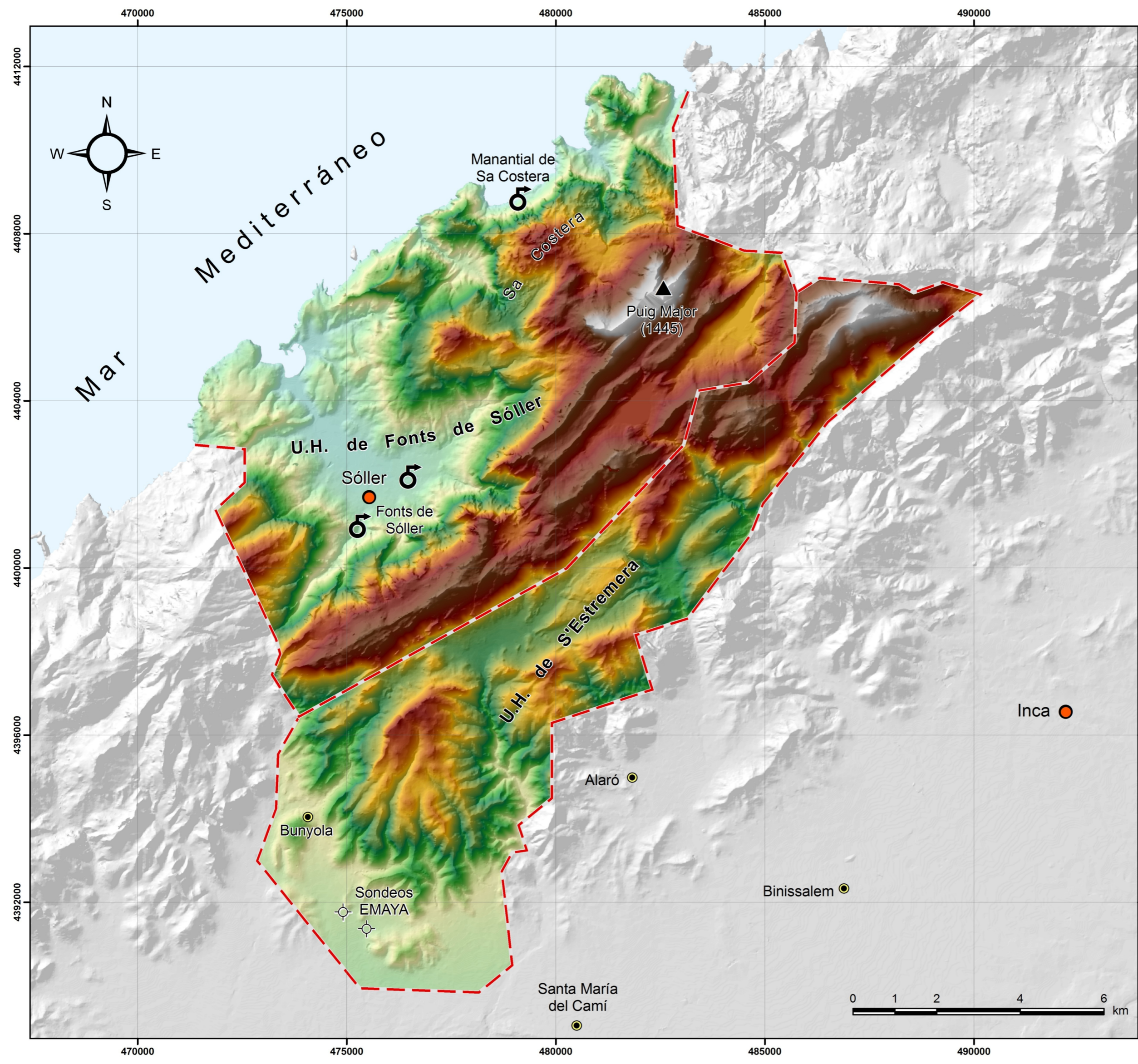
- Andreo, B., Vías, J., López-Geta, J.A., Carrasco, F., Durán, J.J. y Jiménez, P. (2004): *Propuesta metodológica para la estimación de la recarga en acuíferos carbonáticos*. Boletín Geológico y Minero 115, 2.
- Barón, A., González, C. y Rodríguez-Perea, A. (1995): *Hidrologia càrstica de Mallorca*. ENDINS, nº 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 45-57.
- Cardoso, G. (1997): *Comportamiento de los manantiales del karst nororiental de la Serra de Tramuntana, Mallorca*. Tesis Doctoral. Universitat Polotècnica de Catalunya, Barcelona.
- CEDEX (1991): *Estudio de aportaciones: fuentes de Sa Costera*. Informe Técnico. Madrid, 1-163.
- DGRH-EPTISA (2005a): *Cartografía de vulnerabilidad de los acuíferos de la isla de Mallorca*. Direcció General de Recursos Hídrics de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear y EPTISA. Inédito
- DGRH-EPTISA (2005b): *Cartografía de vulnerabilidad de los acuíferos de la isla de Menorca*. Direcció General de Recursos Hídrics de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear y EPTISA. Inédito
- Gelabert, B. (1998): *La estructura geológica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Colección Memorias. ITGE. Madrid. 129 pp.
- Ginés, J. y Ginés, A. (1995): *Les formes exocàrstiques de l'Illa de Mallorca*. ENDINS - Federació Balear d'Espeleologia 20: 59-71.
- IGME (1987): *Mapa y memoria explicativa de las Hojas 617 bis, 618 I-II-III, 619 III, 645 I, 646 I-II, 647 III-IV y 673 IV del mapa geológico nacional a escala 1:50.000*. I.G.M.E.
- PHIB (2001): *Plan Hidrológico de las Islas Baleares*. Aprobado por el Consejo de Ministros según R.D. 378/2001 de 6 de abril (B.O.E. nº 96 de 21 de abril de 2001). Normativa publicada en el BOIB nº 77 de 27 de junio de 2002
- Roselló, V.M., Pardo, J.E., Palomar, J.M. y Riquelme, J. (2004): *Mapa Geomorfològic del Migjorn de Menorca*. En: Fornós, J.J., Obrador, A. y Rosselló, V.M. (eds.) *Historia natural del Migjorn de Menorca: El medi físic i l'influx humà*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 11: 105-120.

SITIBSA (1995): *Mapa Topogràfic Balear Any 1995 Escala 1:5.000 i 1:25.000*. Serveis d'Informació Territorial de les Illes Balears, S.A.

YACU (1994): *Manantial de Sa Costera: cálculo de aportaciones por simulación*. Informe Técnico. Junta d'Aigües de Balears, Palma. 1:25.

ANEXO A:

FUENTES DE INFORMACIÓN RELATIVA A LAS UNIDADES
HIDROGEOLÓGICAS DE FONTS DE SÓLLER (ACUÍFERO DE SA COSTERA) Y
S'ESTREMERÀ



ÀREA DE ESTUDIO

- Manantial
- Sondeo
- Población de más de 10000 hab.
- Población de menos de 10000 hab.
- Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

Altitud

1445 m s.n.m.

0 m s.n.m.

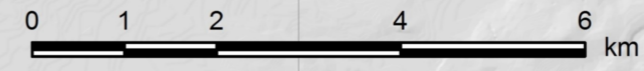
Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

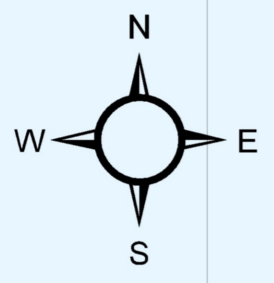
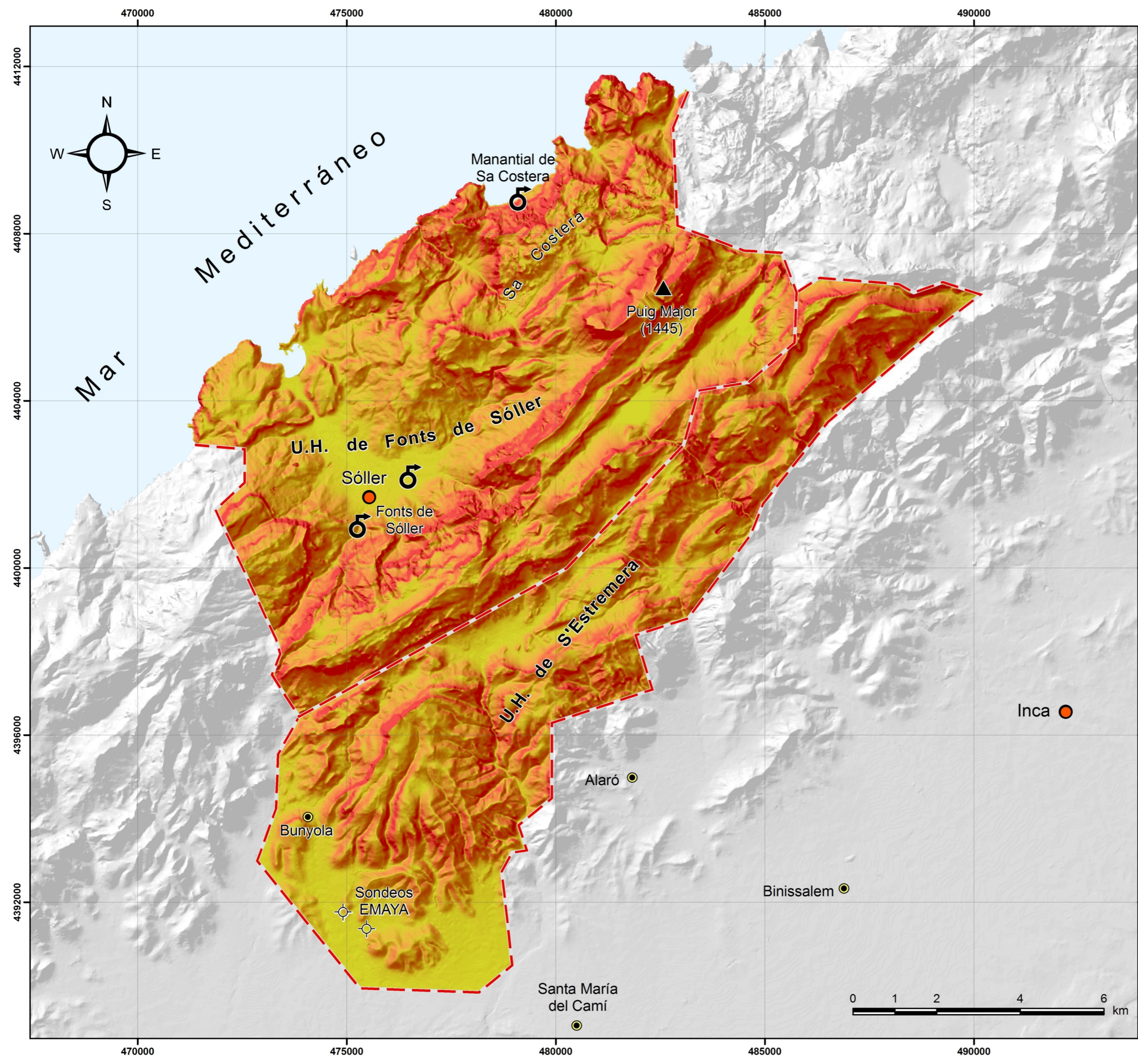
Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)






Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa A.1: Altitud



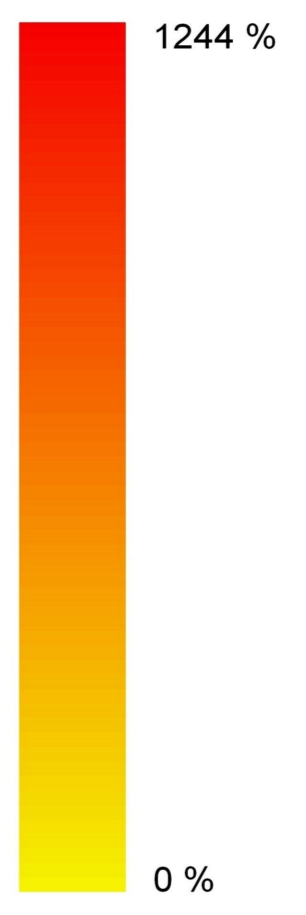



ÀREA DE ESTUDIO


-  Manantial
-  Sondeo
-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

Pendiente

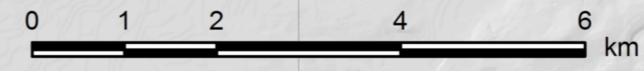


 Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

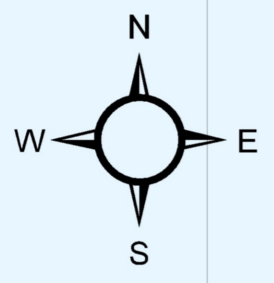
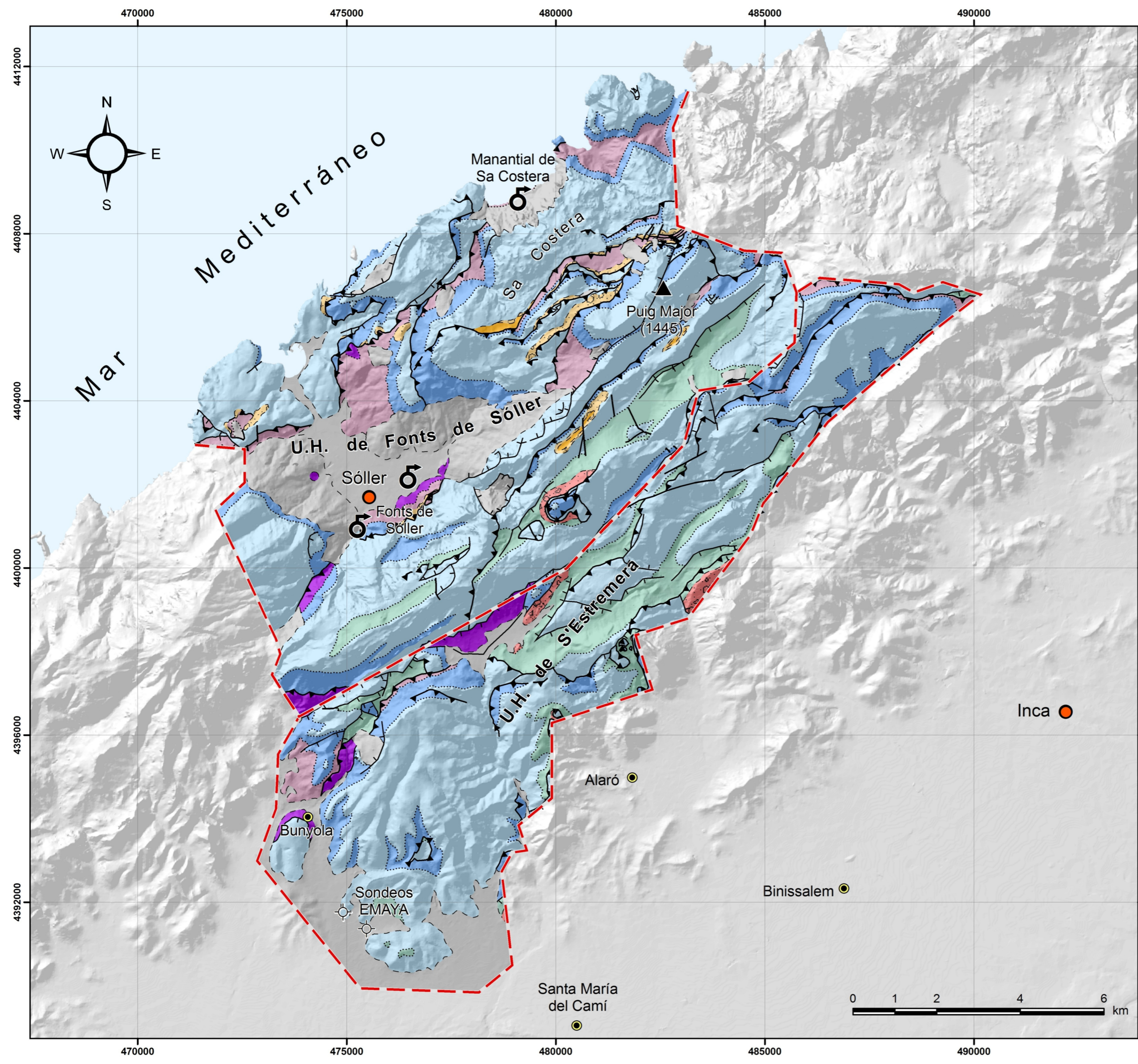
 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)



Mapa A.2: Pendiente



ÁREA DE ESTUDIO

- Manantial
- Sondeo
- Población de más de 10000 hab.
- Población de menos de 10000 hab.
- Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

Litología

- Gravas, limos y arcillas
- Margas, areniscas y conglomerados
- Conglomerados y brechas con matriz carbonatada
- Margas y margocalizas
- Calizas y dolomías masivas
- Dolomías, margas y carniolas
- Calizas micríticas y dolomías laminadas
- Arcillas, margas y evaporitas

Contactos

- Contacto normal
- Contacto discordante
- Cabalgamiento
- Falla normal
- Contacto mecánico

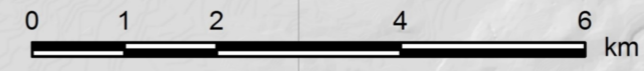
Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

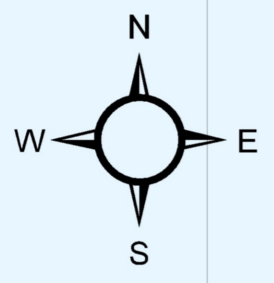
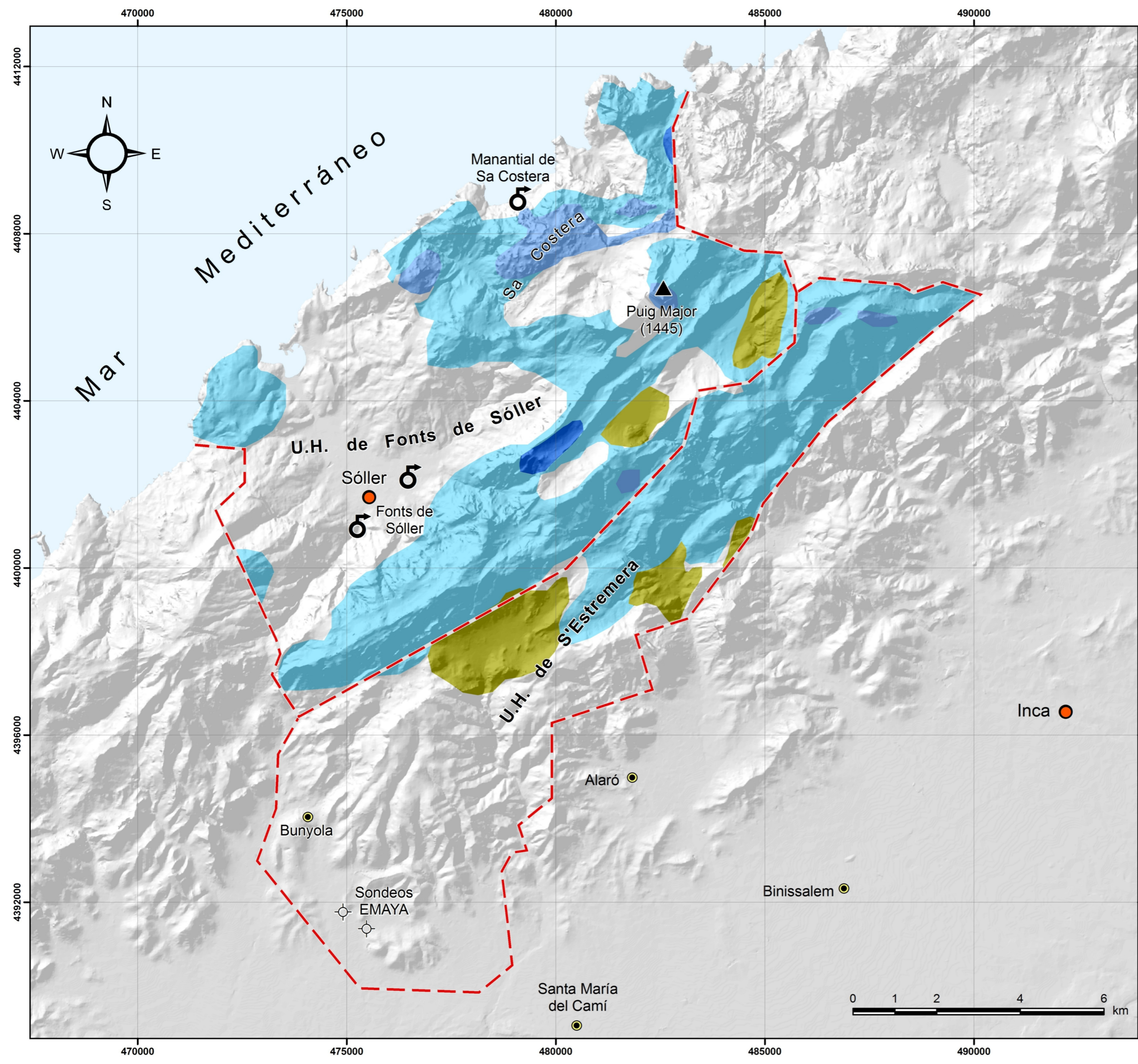
Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)






Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa A.3: Litología
(modificado de Gelabert, 1998)



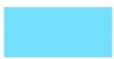






ÁREA DE ESTUDIO


-  Manantial
-  Sondeo
-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

Formas de infiltración preferencial

-  Lapiaz abundante
-  Campo de dolinas
-  Depresión kárstica cerrada
-  Depresión kárstica abierta

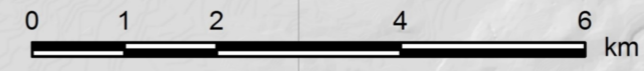
 Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

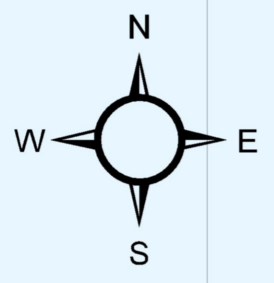
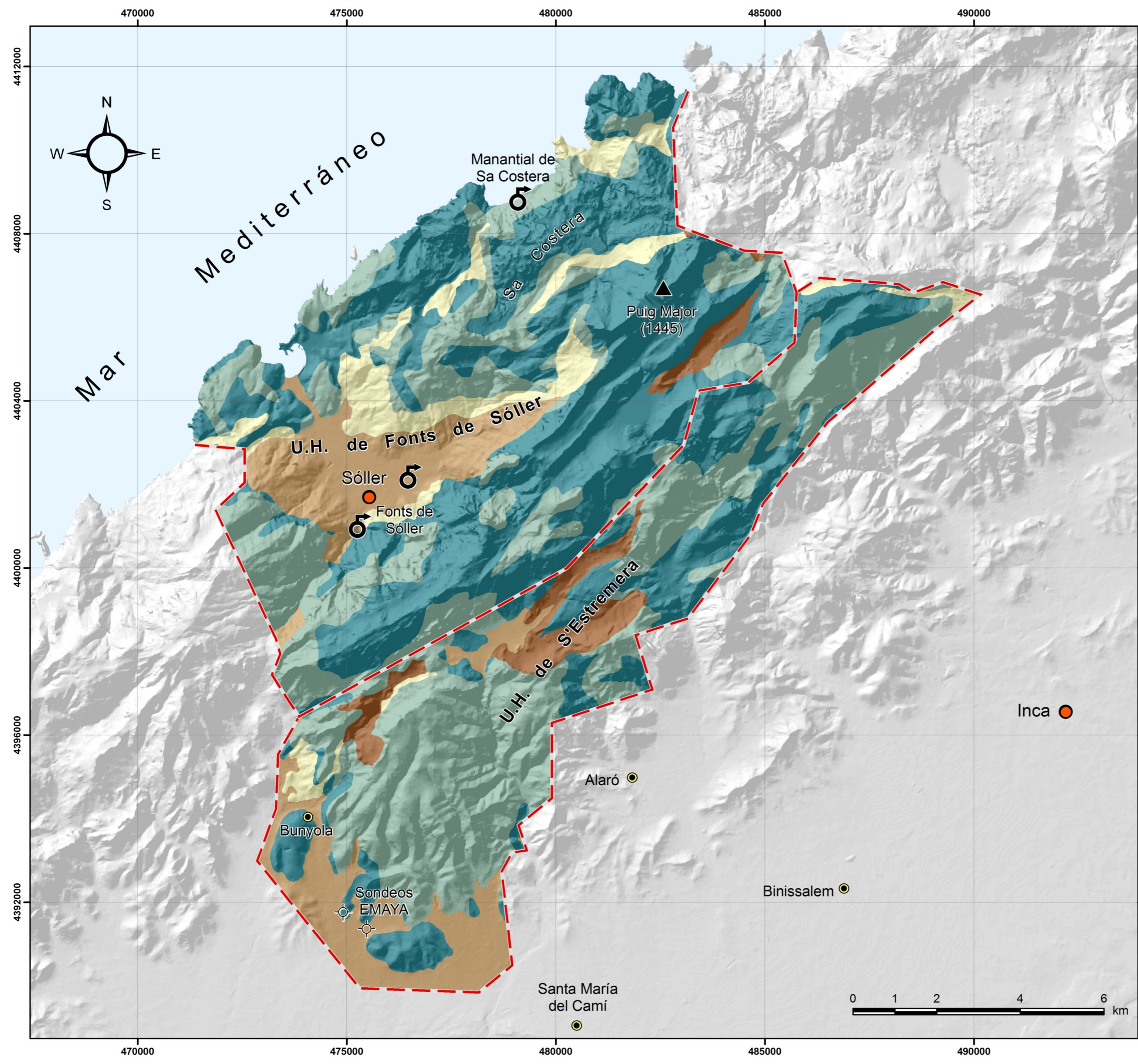
 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)



Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa A.4: Infiltración
(Ginés y Ginés, 1995)





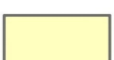





ÀREA DE ESTUDIO


-  Manantial
-  Sondeo
-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

Suelos

-  Litosoles
-  Arenosoles
-  Regosoles
-  Luvisoles cálcicos
-  Luvisoles crómicos

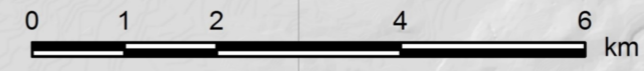
 Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

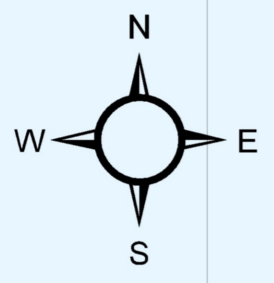
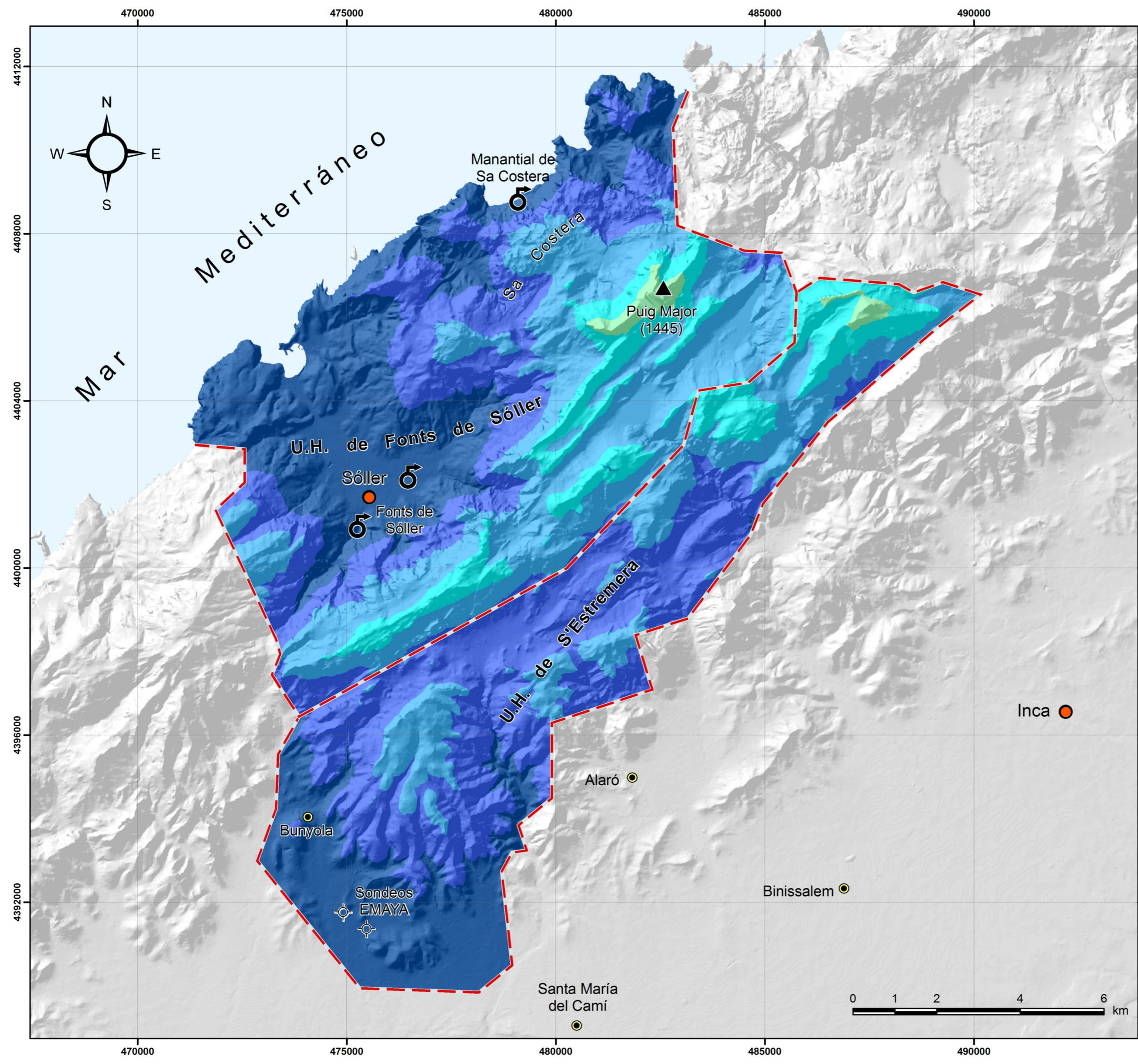
Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa A.5: Suelos
(modificado de EPTISA, 2005a)








ANEXO B:

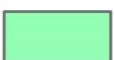


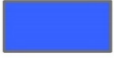

MAPAS DEL MÉTODO APLIS DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE
FONTS DE SÓLLER (ACUÍFERO DE SA COSTERA) Y S'ESTREMERÀ



ÀREA DE ESTUDIO

-  Manantial
-  Sondeo
-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: VARIABLES

- Puntuación (Altitud)**
-  5
 -  4
 -  3
 -  2
 -  1

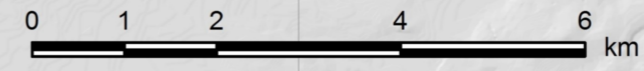
 Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

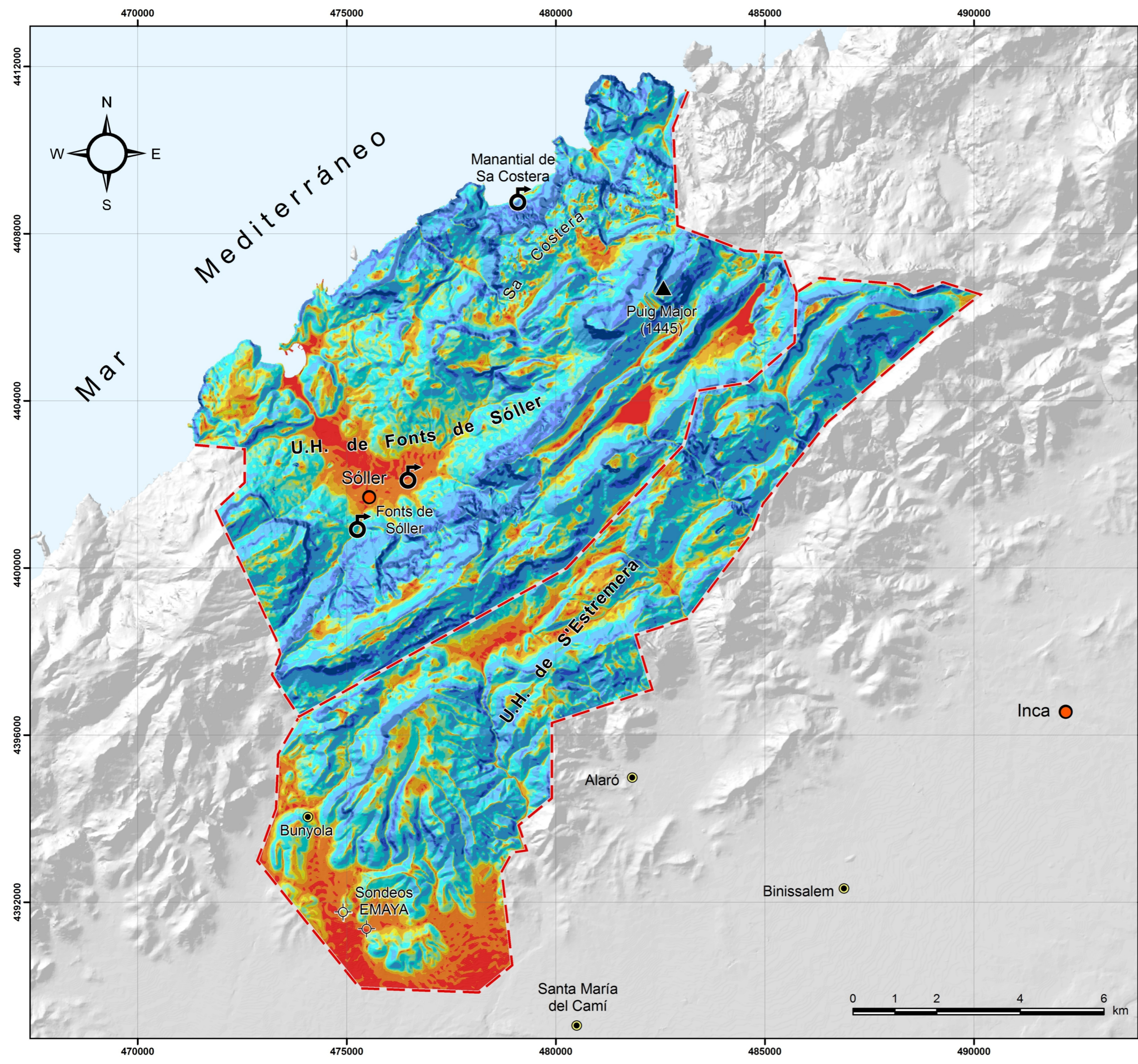
 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa B.1: Parámetro A





ÀREA DE ESTUDIO

- Manantial
- Sondeo
- Población de más de 10000 hab.
- Población de menos de 10000 hab.
- Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: VARIABLES

Puntuación (Pendiente)

	10
	9
	8
	7
	5
	4
	3
	2
	1

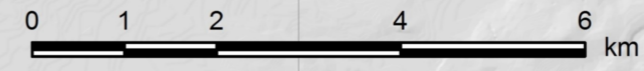
Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hídrics

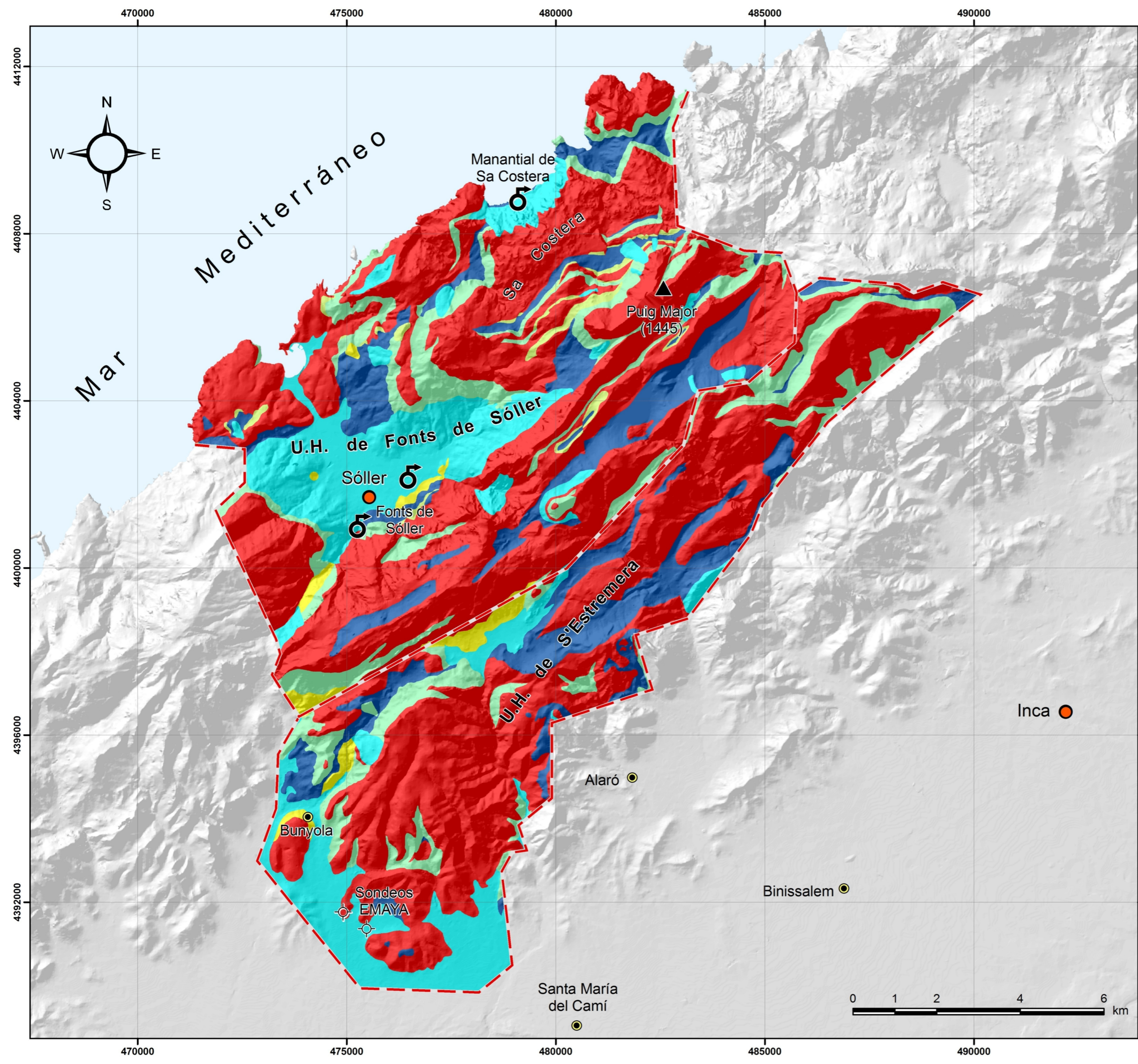
Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)






Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa B.2: Parámetro P





ÀREA DE ESTUDIO

-  Manantial
-  Sondeo
-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: VARIABLES

- Puntuación (Litología)**
-  10
 -  7
 -  6
 -  5
 -  4
 -  1

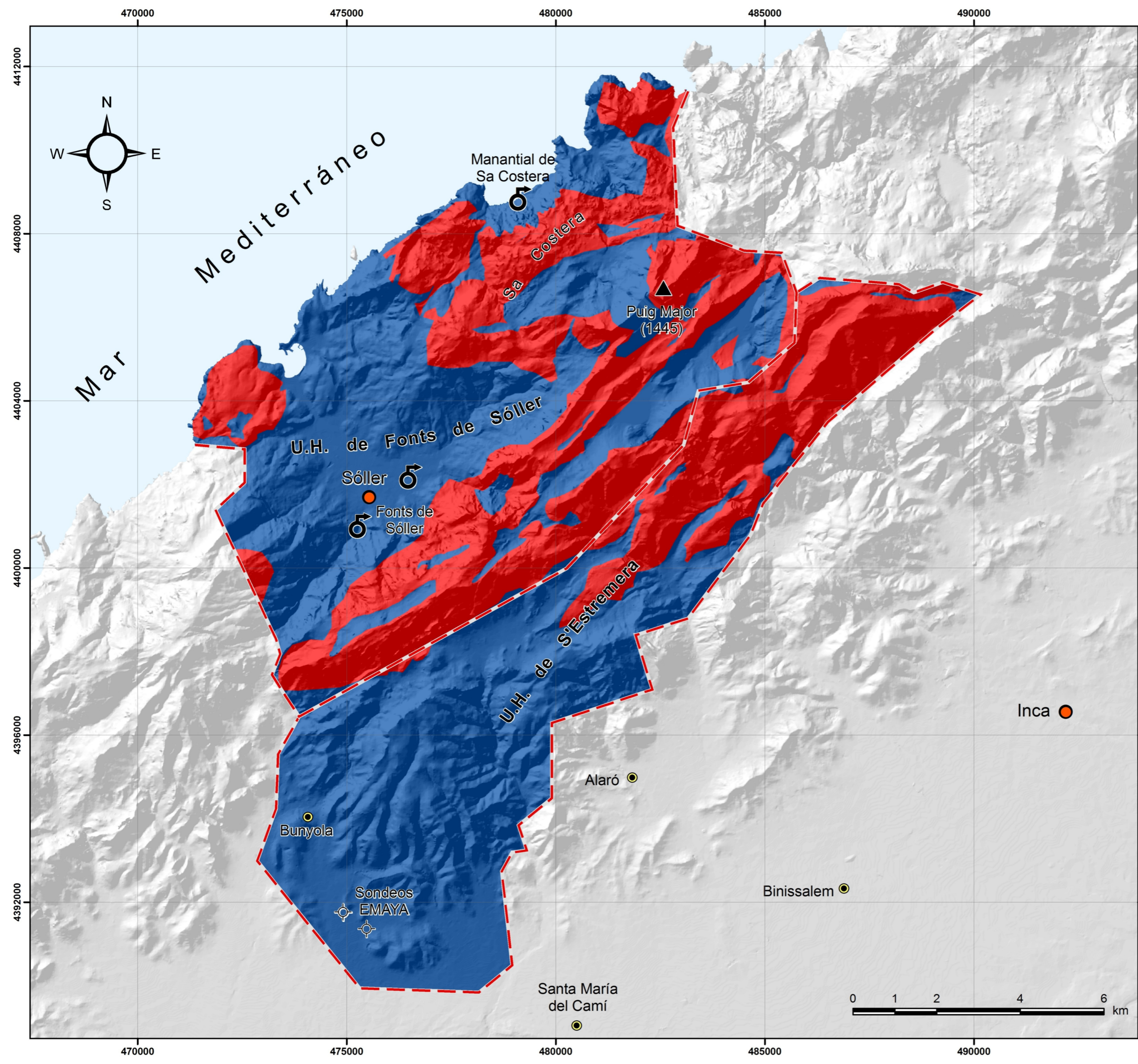
 Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.






 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)



Mapa B.3: Parámetro L



ÁREA DE ESTUDIO

-  Manantial
-  Sondeo
-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: VARIABLES

- Puntuación (Infiltración)**
-  10
 -  1

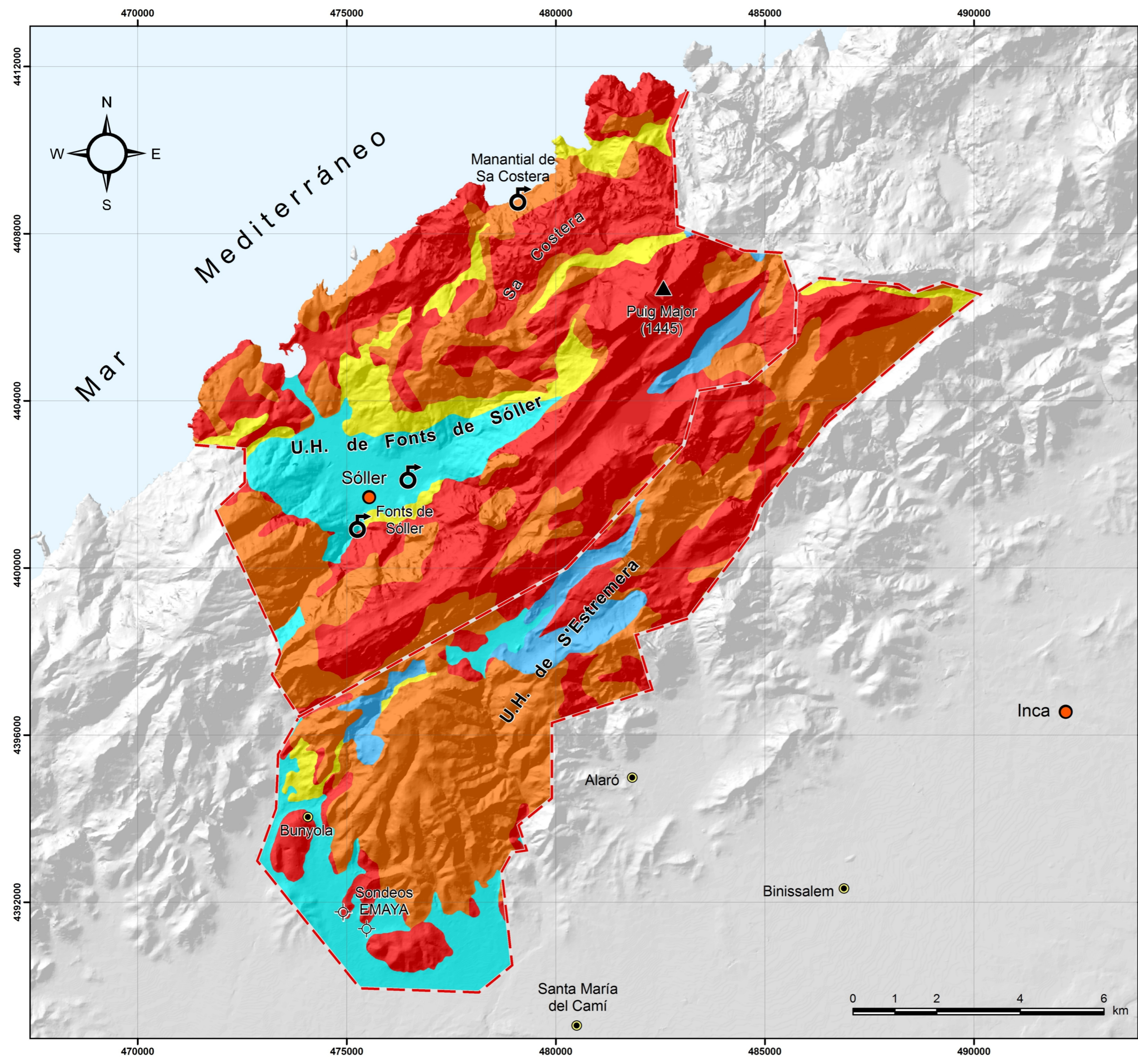
 Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa B.4: Parámetro I



ÀREA DE ESTUDIO

- Manantial
- Sondeo
- Población de más de 10000 hab.
- Población de menos de 10000 hab.
- Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: VARIABLES

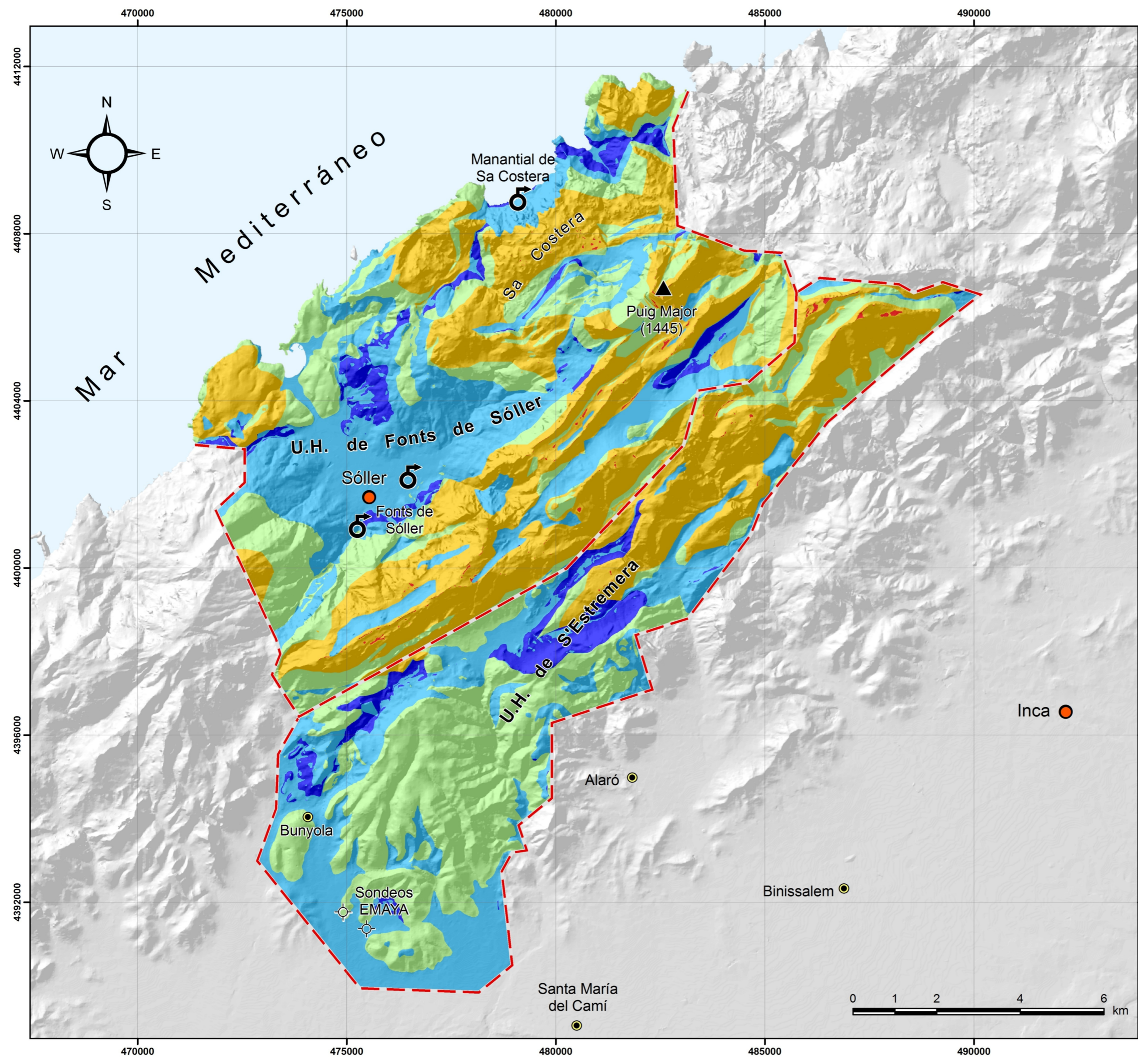
Puntuación (Suelos)

- 10
- 9
- 7
- 4
- 3

Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics
 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.
 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa B.5: Parámetro S



ÁREA DE ESTUDIO

- Manantial
- Sondeo
- Población de más de 10000 hab.
- Población de menos de 10000 hab.
- Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: RECARGA

Índice de recarga APLIS

- Muy Alta (80 - 100 %)
- Alta (60 - 80 %)
- Moderada (40 - 60 %)
- Baja (20 - 40 %)
- Muy Baja (0 - 20 %)

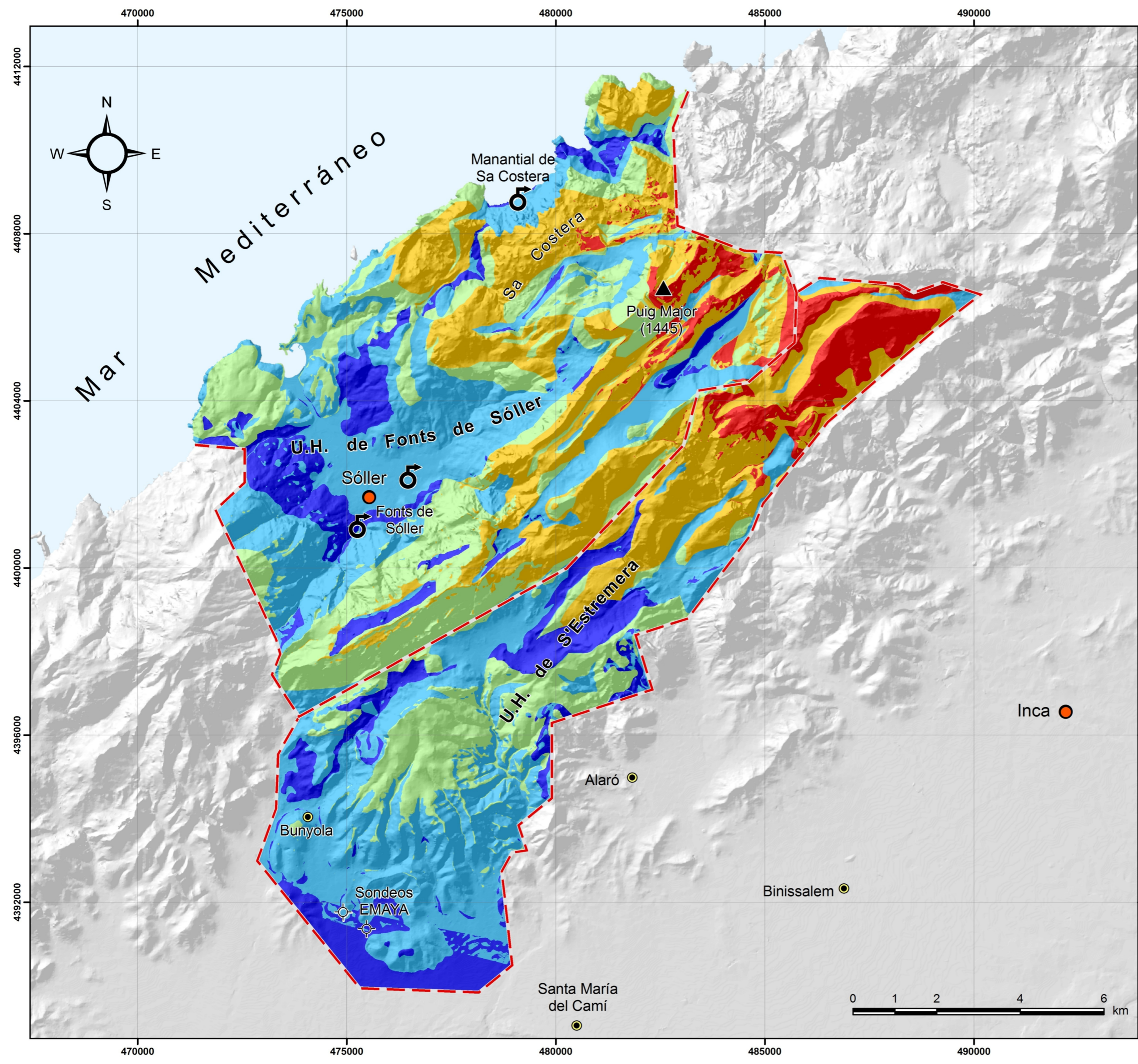
Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa B.6: Índice APLIS



ÁREA DE ESTUDIO

- ♂ Manantial
- ⊕ Sondeo
- Población de más de 10000 hab.
- ⊙ Población de menos de 10000 hab.
- - - Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: RECARGA

Lluvia útil

- 800 - 1.000 mm
- 600 - 800 mm
- 400 - 600 mm
- 200 - 400 mm
- 0 - 200 mm

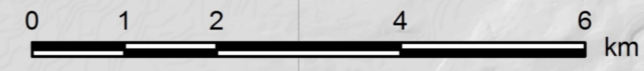
Govern de les Illes Balears.
Conselleria de Medi Ambient.
Direcció General de Recursos Hidrics

Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

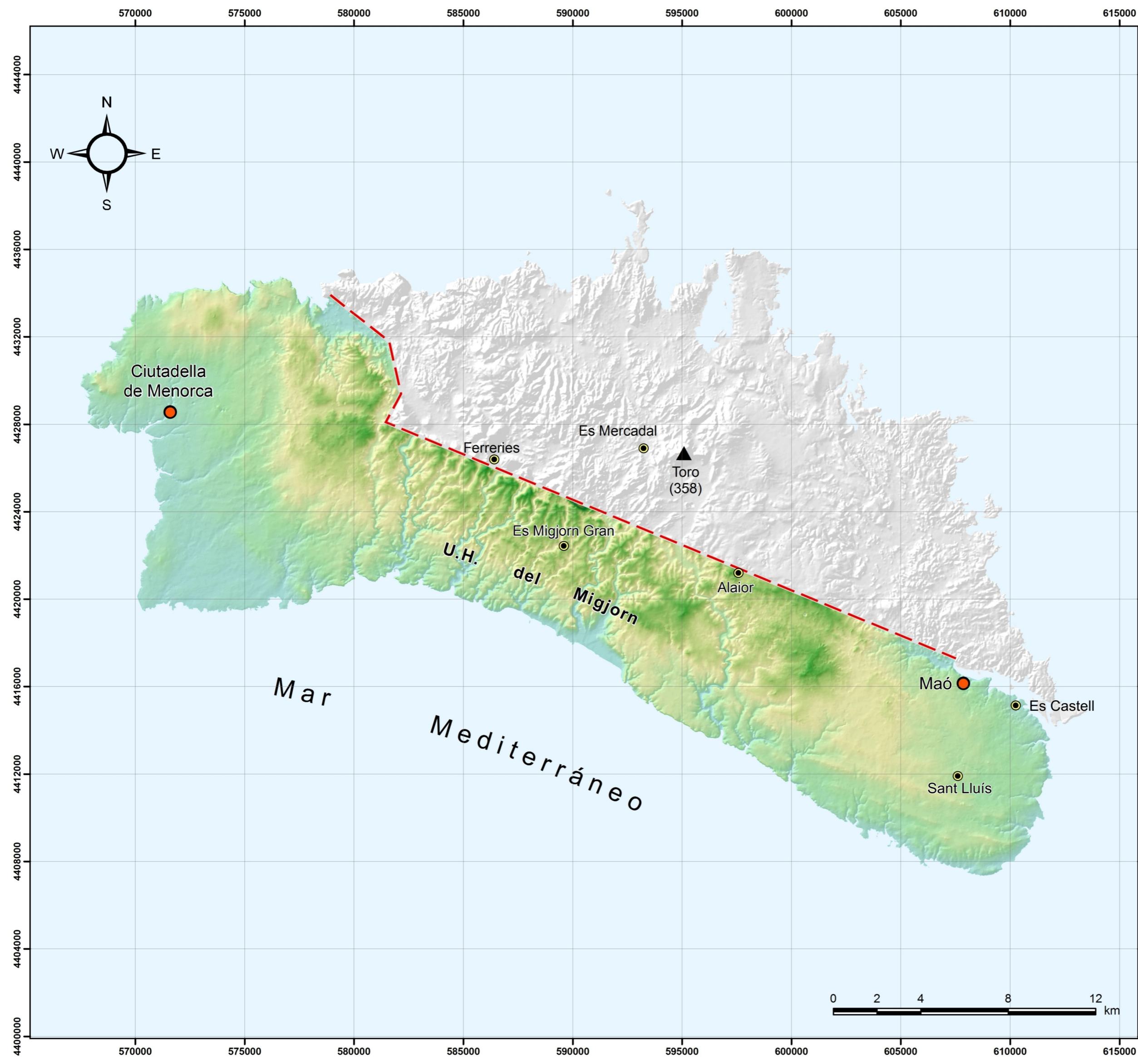
Estimación de la recarga de los acuíferos carbonatados de Sa Costera y S'Estremera (Mallorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa B.7: Recarga específica






ANEXO C:

FUENTES DE INFORMACIÓN RELATIVA A LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA
DEL MIGJORN

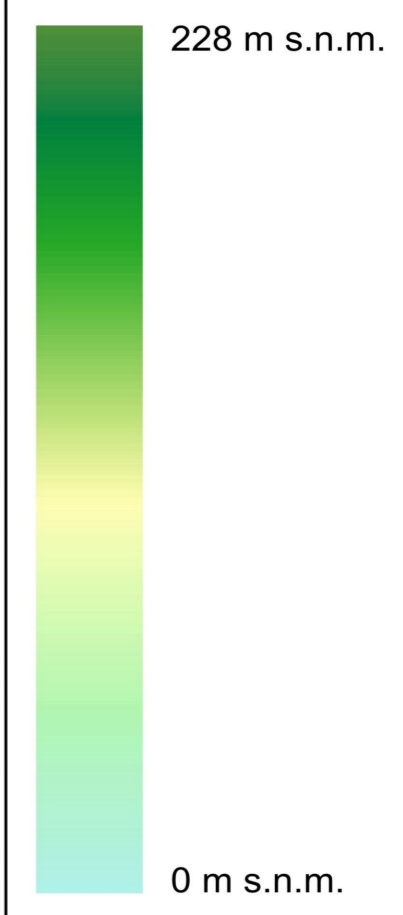



ÁREA DE ESTUDIO

-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

Altitud

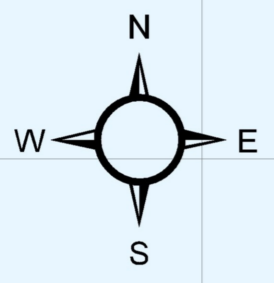
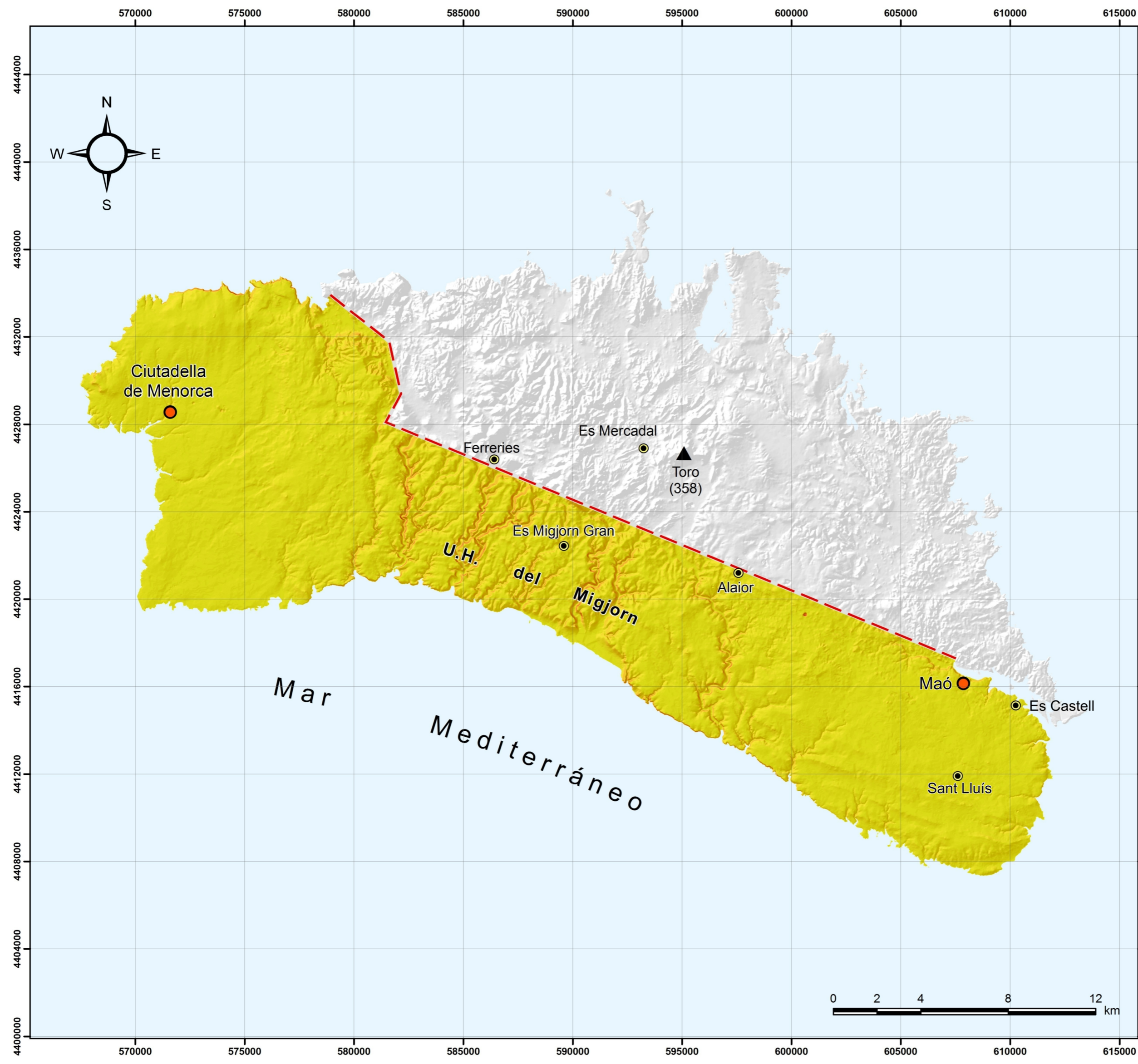


-  Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics
-  Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.
-  Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

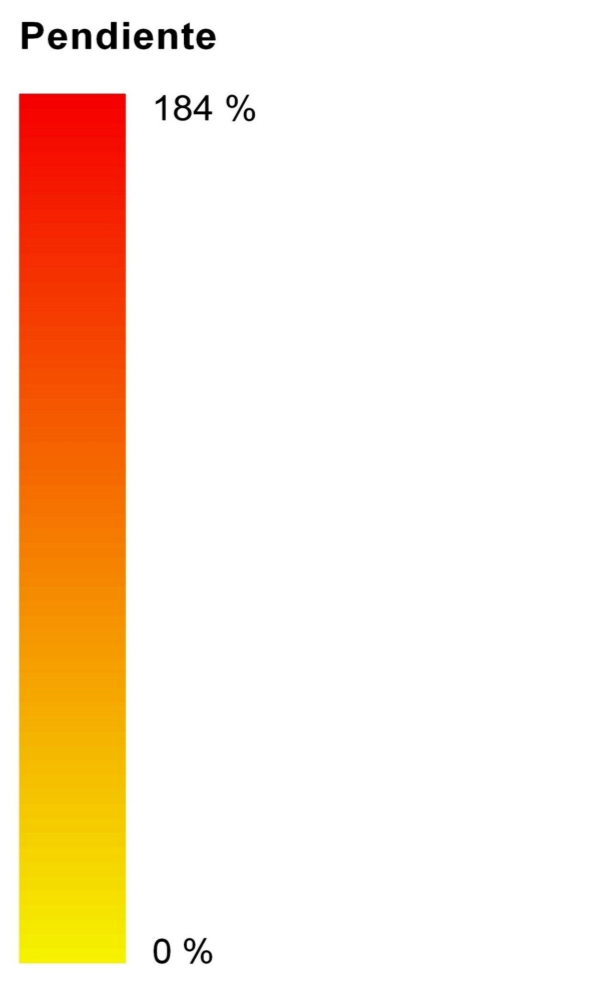


Mapa C.1: Altitud



- ÁREA DE ESTUDIO**
- Población de más de 10000 hab.
 - Población de menos de 10000 hab.
 - - - Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

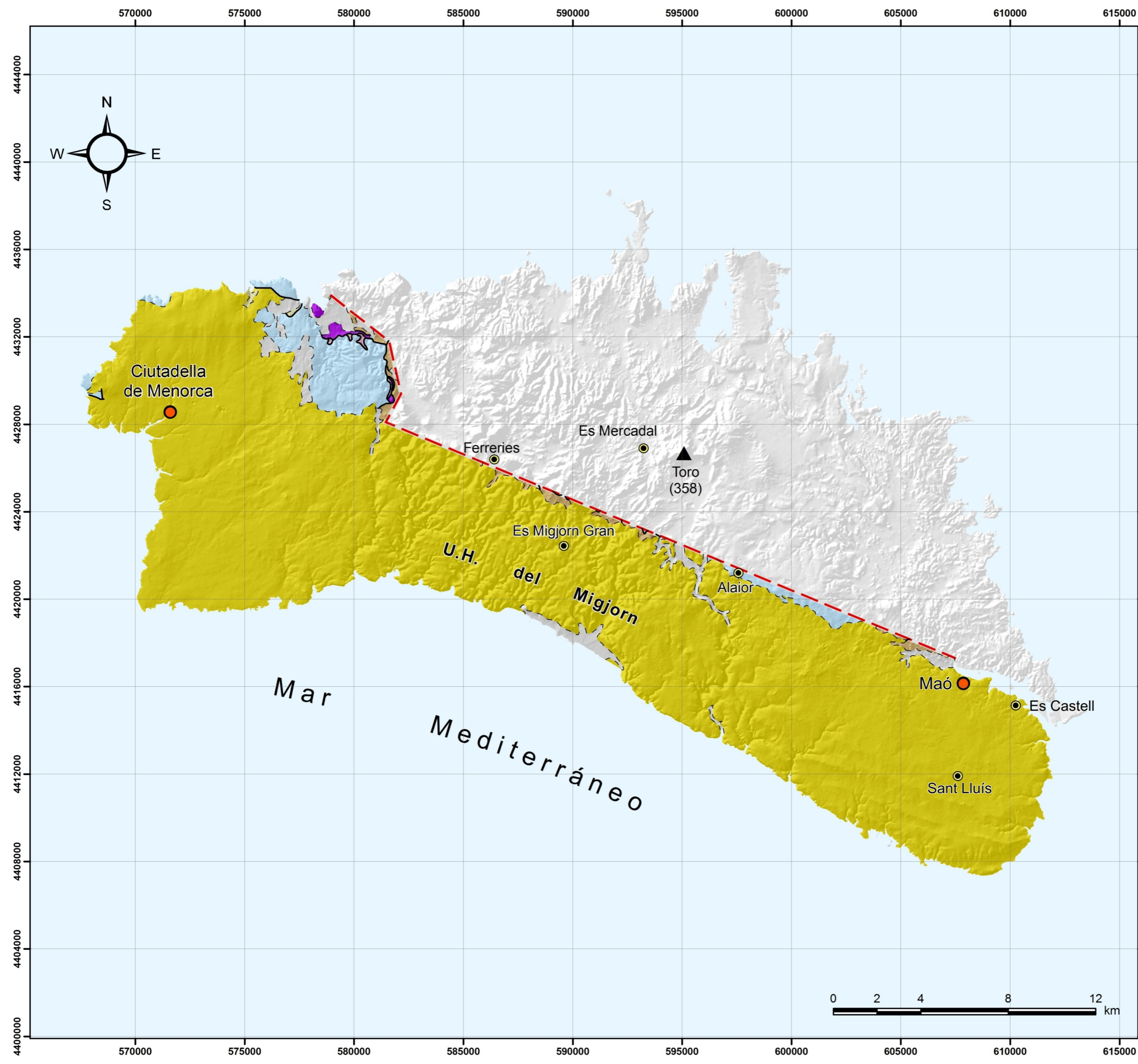


-  Govern de les Illes Balears.
Conselleria de Medi Ambient.
Direcció General de Recursos Hidrics
-  Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.
-  Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)



Mapa C.2: Pendiente



ÁREA DE ESTUDIO

- Población de más de 10000 hab.
- Población de menos de 10000 hab.
- Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

Litología

- Gravas, arenas, limos y arcillas
- Calcarenes y bioconstrucciones
- Dolomías y calizas.
- Calizas micríticas y dolomías laminadas.
- Arcillas, margas y evaporitas
- Conglomerados y areniscas
- Areniscas y lutitas

Contactos

- Contacto discordante
- Contacto mecánico

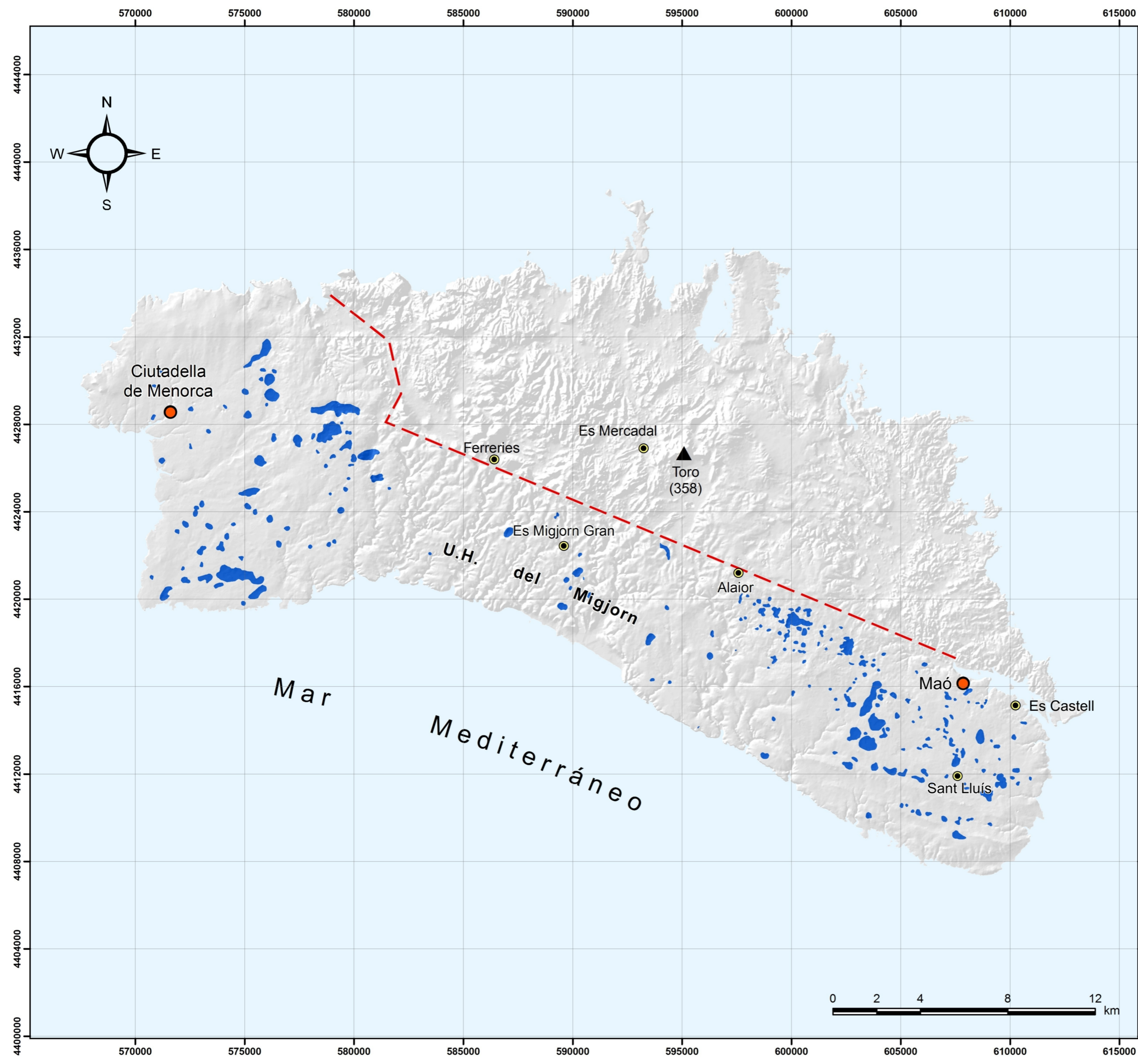
Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)


Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)


Mapa C.3: Litología
(modificado de IGME, 1987)




- ÁREA DE ESTUDIO**
- Población de más de 10000 hab.
 - Población de menos de 10000 hab.
 - - - Límite de Unidad Hidrogeológica

- MÉTODO APLIS: FUENTES**
- Formas de infiltración preferencial**
- Dolina

 Govern de les Illes Balears.
 Conselleria de Medi Ambient.
 Direcció General de Recursos Hídrics

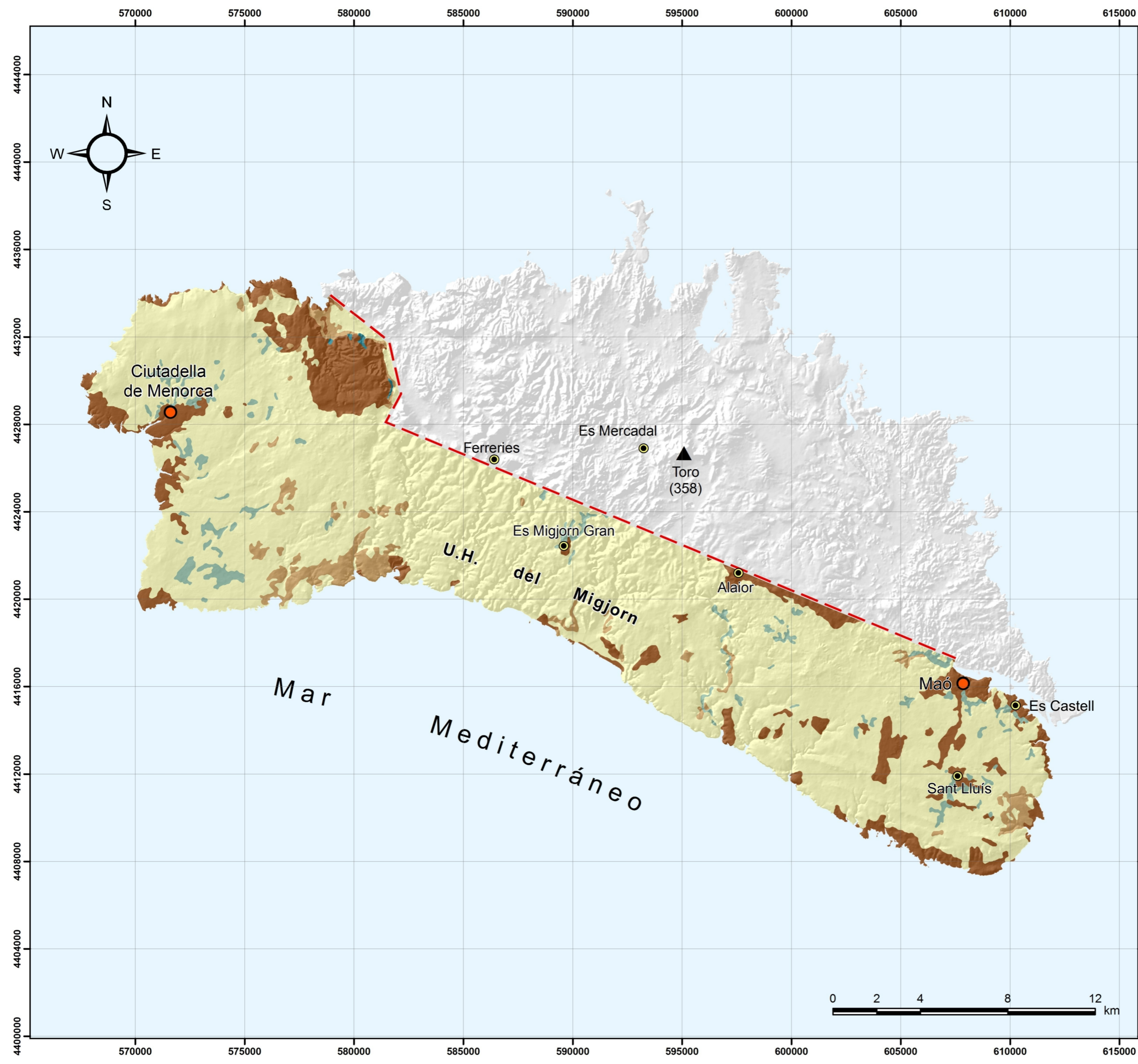
 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa C.4: Infiltración
(modificado de Roselló *et al.*, 2004)





ÁREA DE ESTUDIO

- Población de más de 10000 hab.
- Población de menos de 10000 hab.
- - - Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: FUENTES

Suelos

- Litosoles
- Arenosoles
- Cambisoles
- Planosoles
- Vertisoles

 Govern de les Illes Balears.
 Conselleria de Medi Ambient.
 Direcció General de Recursos Hidrics

 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

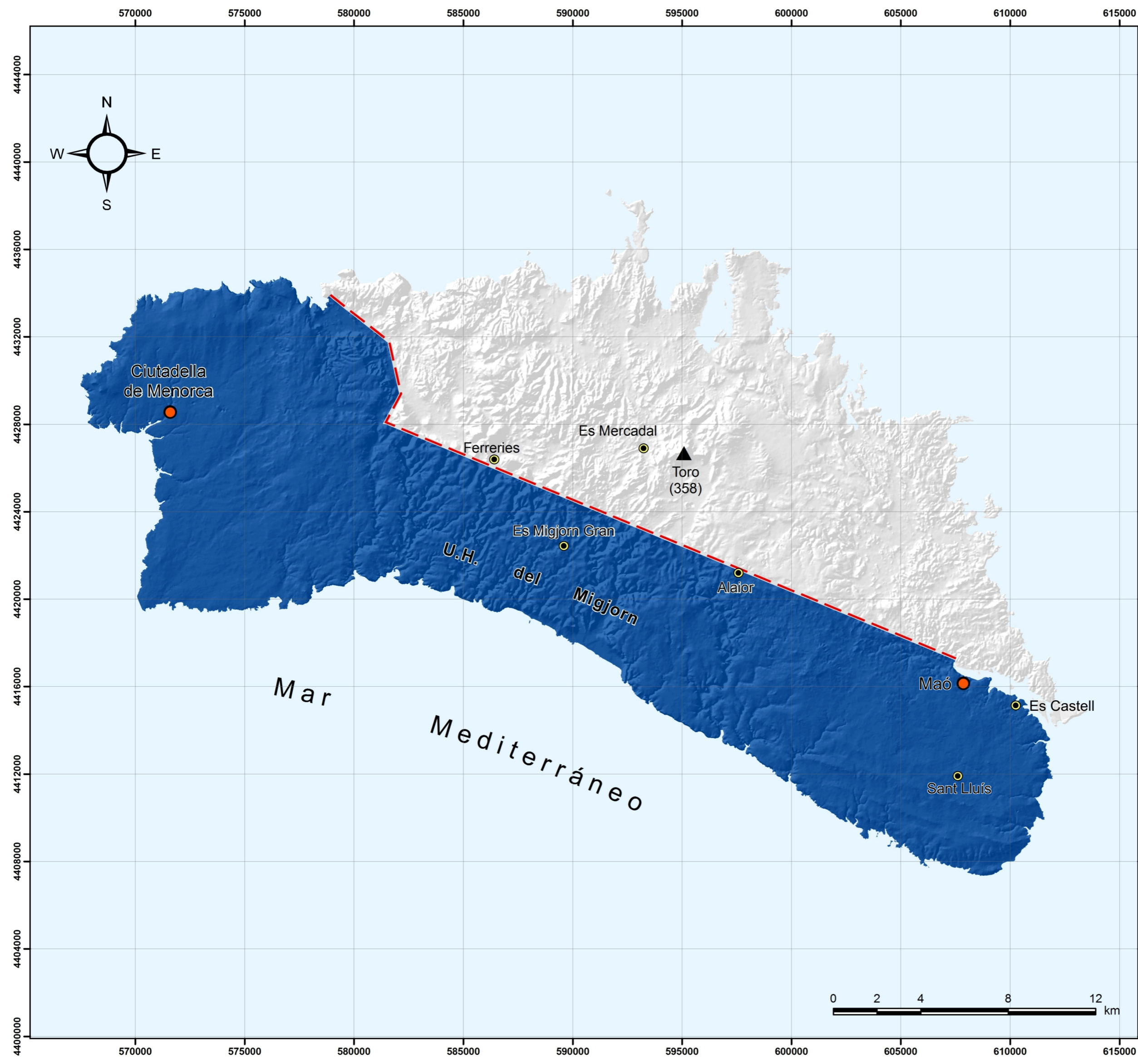
 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)




Mapa C.5: Suelos
(modificado de EPTISA, 2005b)

ANEXO D:

MAPAS DEL MÉTODO APLIS DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DEL
MIGJORN




ÁREA DE ESTUDIO


-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica


MÉTODO APLIS: VARIABLES

Puntuación (Altitud)



 Govern de les Illes Balears.
Conselleria de Medi Ambient.
Direcció General de Recursos Hidrics

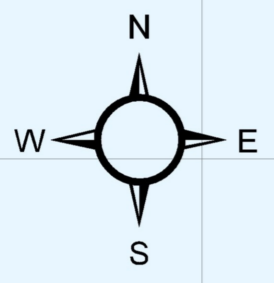
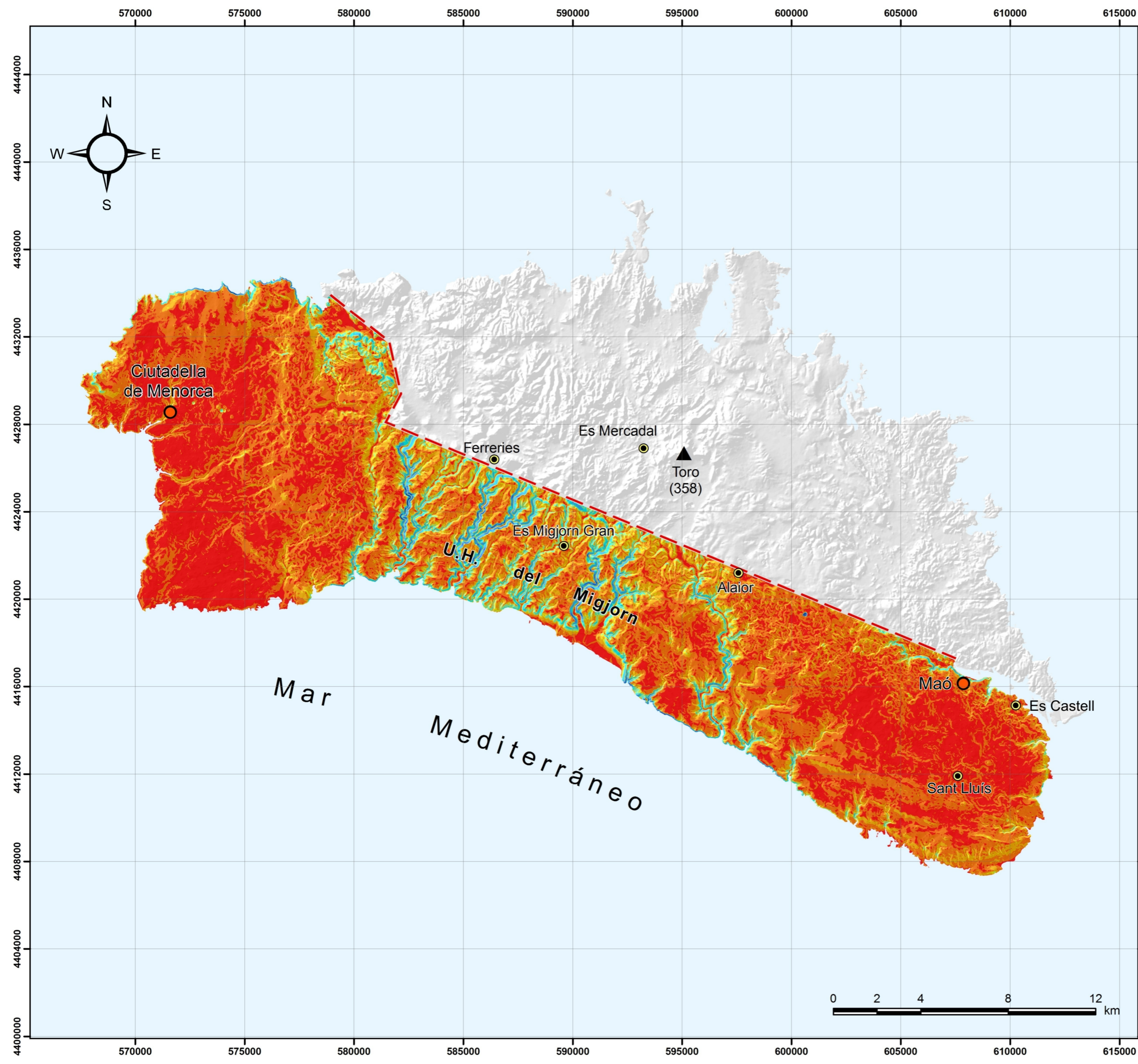
 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)



Mapa D.1: Parámetro A



- ÁREA DE ESTUDIO**
- Población de más de 10000 hab.
 - Población de menos de 10000 hab.
 - - - Límite de Unidad Hidrogeológica

- MÉTODO APLIS: VARIABLES**
- Puntuación (Pendiente)**
- | | |
|--|----|
| | 10 |
| | 9 |
| | 8 |
| | 7 |
| | 5 |
| | 4 |
| | 3 |
| | 2 |
| | 1 |

Govern de les Illes Balears.
 Conselleria de Medi Ambient.
 Direcció General de Recursos Hídrics

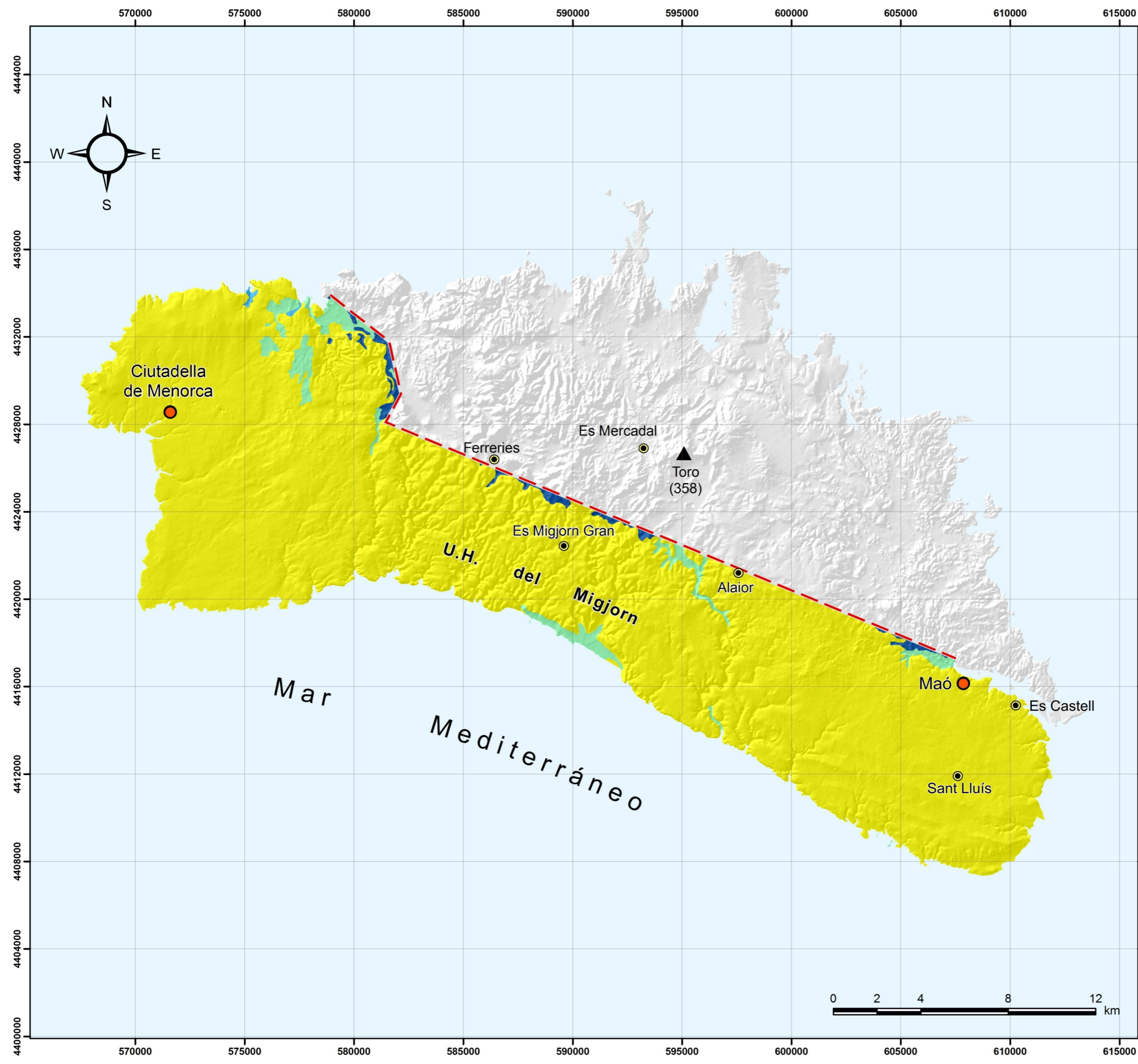
Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)





Mapa D.2: Parámetro P




- ÁREA DE ESTUDIO**
- Población de más de 10000 hab.
 - Población de menos de 10000 hab.
 - - - Límite de Unidad Hidrogeológica

- MÉTODO APLIS: VARIABLES**
- Puntuación (Litología)**
- 7
 - 5
 - 3
 - 1

 Govern de les Illes Balears.
 Conselleria de Medi Ambient.
 Direcció General de Recursos Hidrics

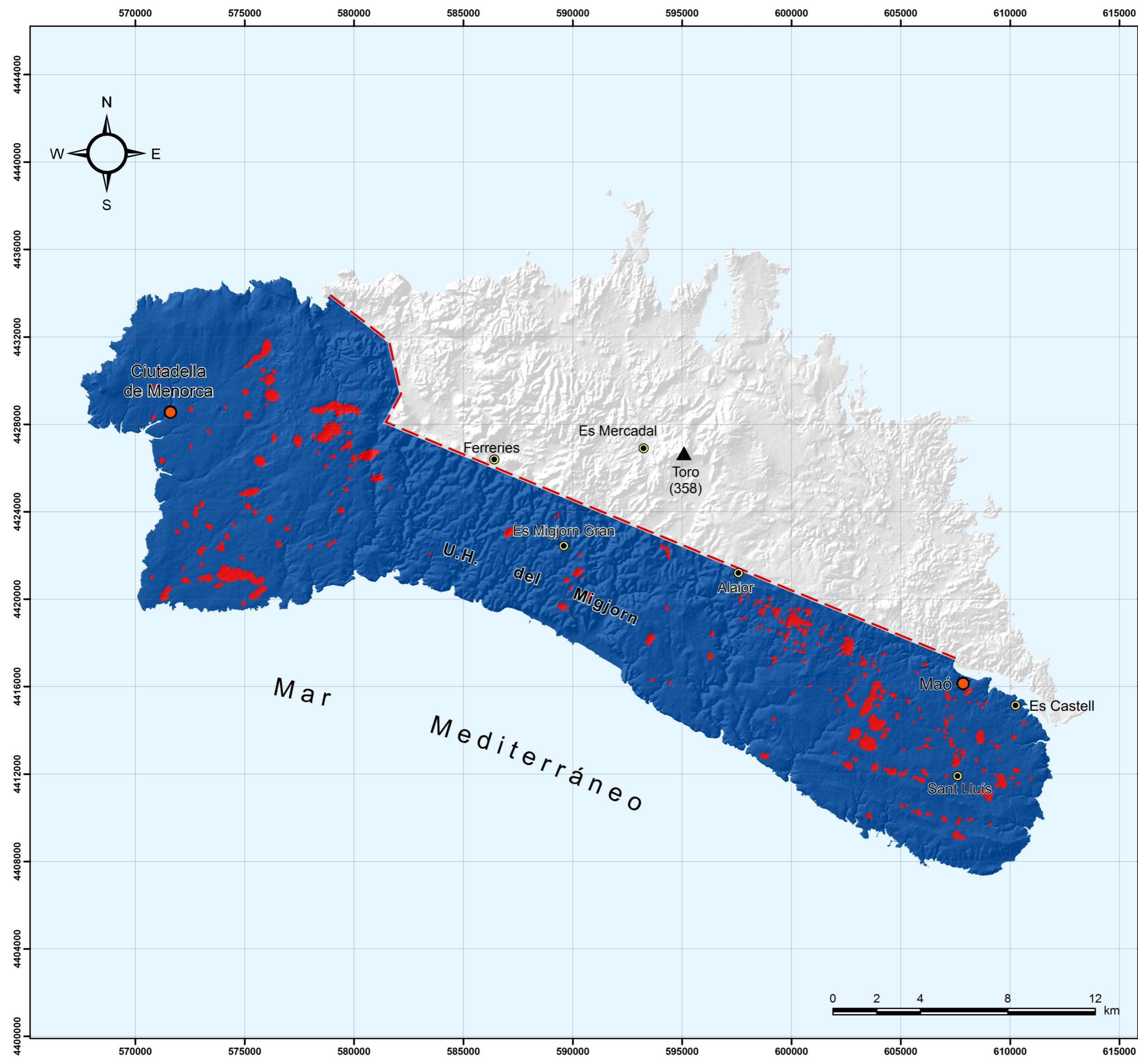
 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)




Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)



Mapa D.3: Parámetro L





ÁREA DE ESTUDIO

-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: VARIABLES

Puntuación (Infiltración)

-  10
-  1

 Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics

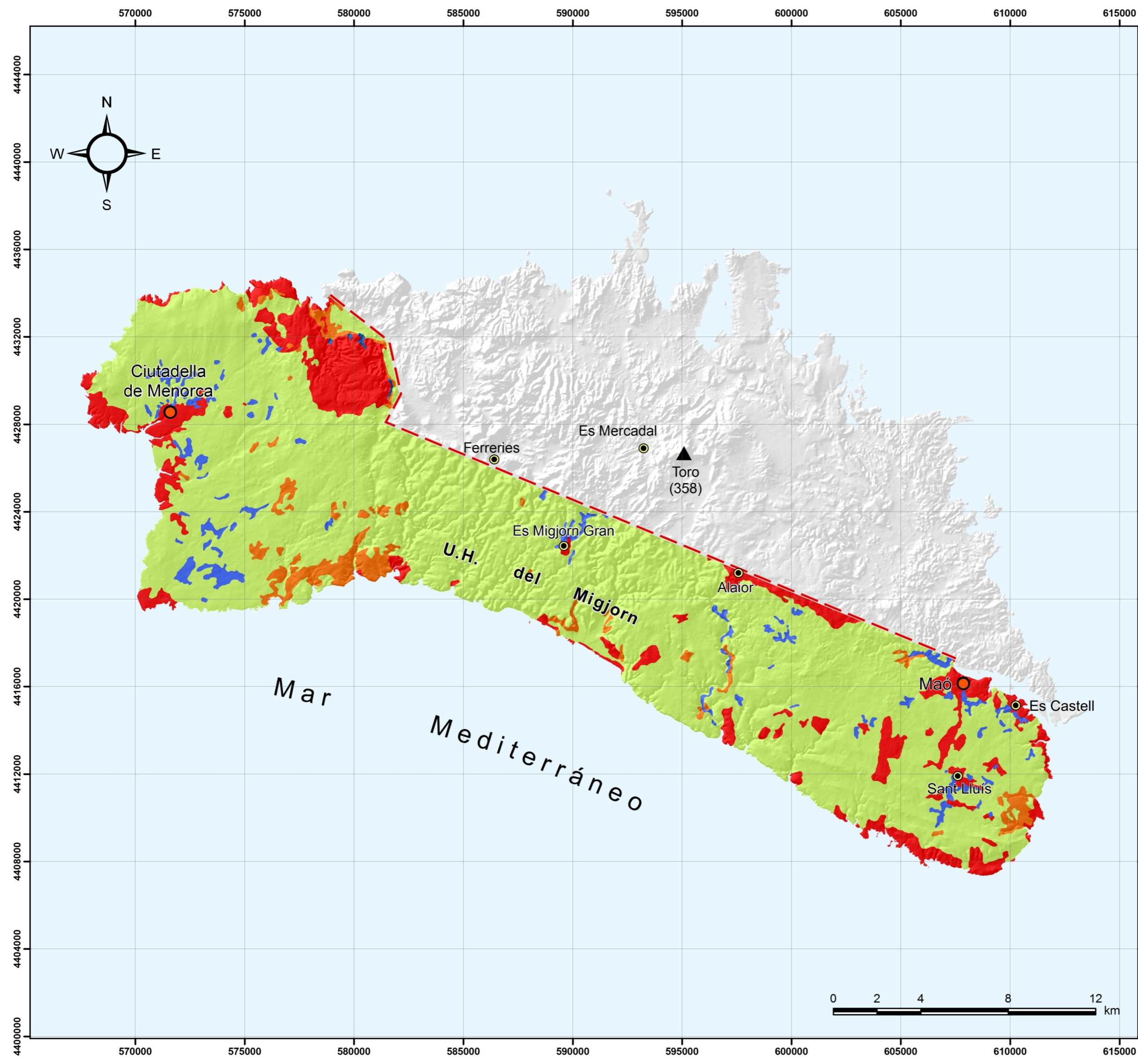
 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)




Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)



Mapa D.4: Parámetro I








ÁREA DE ESTUDIO

-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: VARIABLES

Puntuación (Suelos)

-  10
-  9
-  6
-  2
-  1

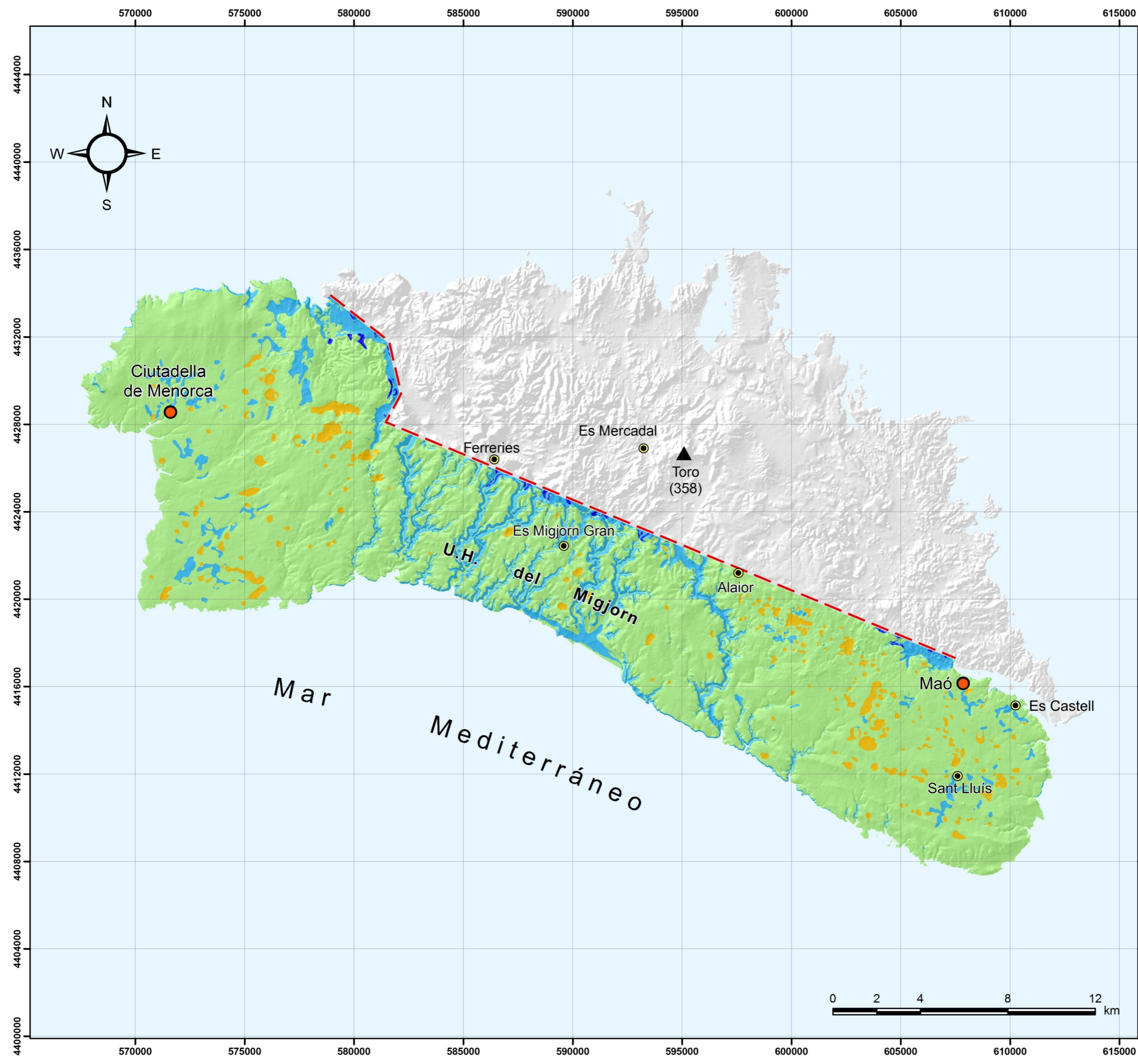
 Govern de les Illes Balears.
Conselleria de Medi Ambient.
Direcció General de Recursos Hidrics

 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa D.5: Parámetro S



ÁREA DE ESTUDIO

- Población de más de 10000 hab.
- Población de menos de 10000 hab.
- Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: RECARGA

Índice de recarga APLIS

- Alta (60 - 80 %)
- Moderada (40 - 60 %)
- Baja (20 - 40 %)
- Muy Baja (0 - 20 %)

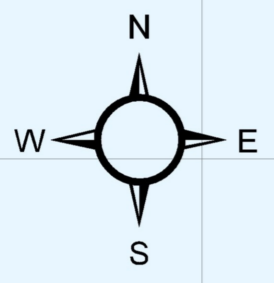
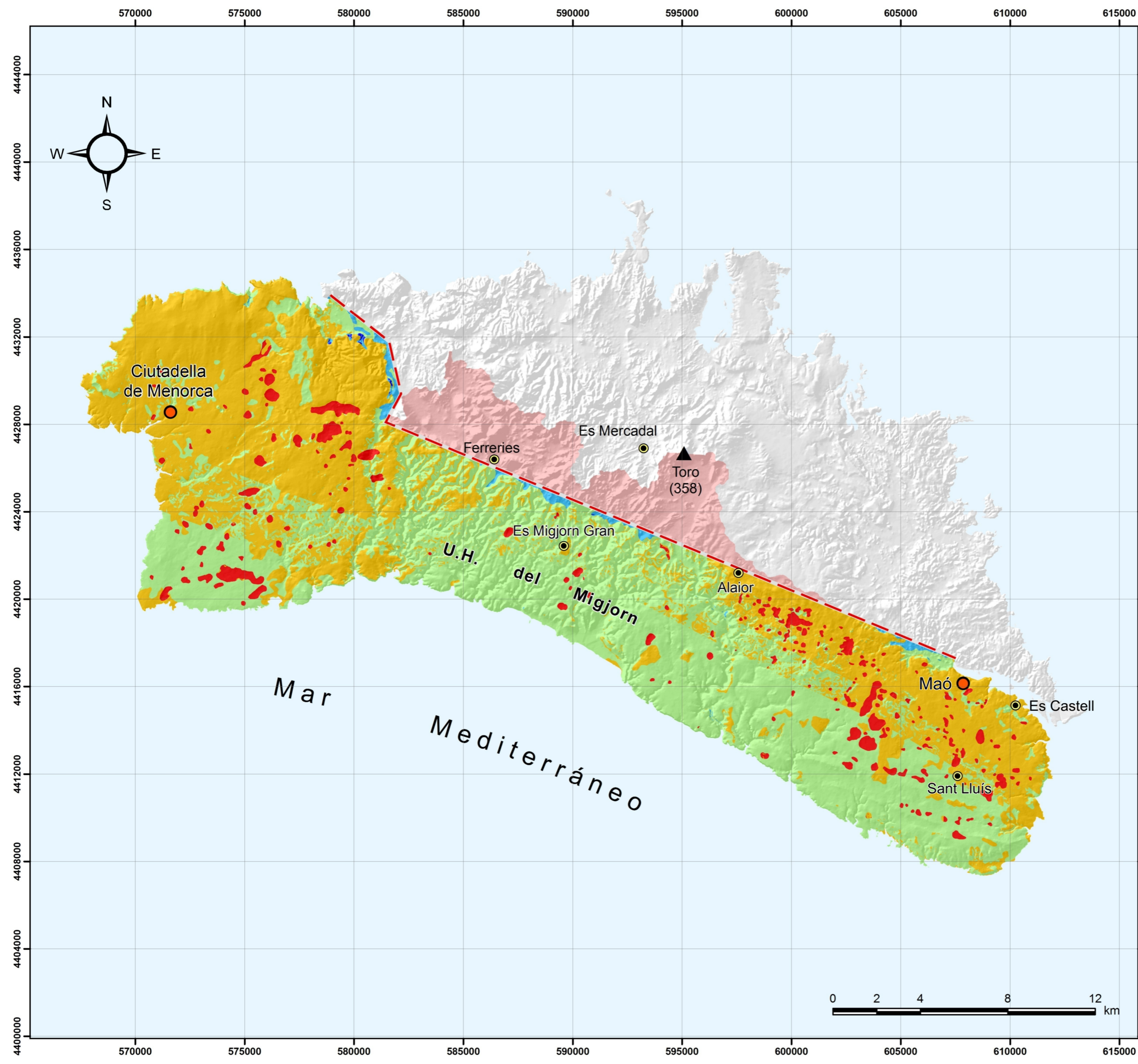
 Govern de les Illes Balears.
 Conselleria de Medi Ambient.
 Direcció General de Recursos Hidrics

 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.




 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)

Mapa D.6: Índice APLIS



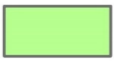




ÁREA DE ESTUDIO


-  Población de más de 10000 hab.
-  Población de menos de 10000 hab.
-  Límite de Unidad Hidrogeológica

MÉTODO APLIS: RECARGA

Lluvia útil

-  320 - 400 mm
-  240 - 320 mm
-  160 - 240 mm
-  80 - 160 mm
-  0 - 80 mm

Aportes externos

-  Áreas con escorrentía superficial vertiente hacia el Migjorn

 Govern de les Illes Balears.
Conselleria de Medi Ambient.
Direcció General de Recursos Hidrics

 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Infraestructura Hidrogeológica.

 Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA)

Estimación de la recarga del acuífero carbonatado del Migjorn (Menorca) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (método APLIS)



Mapa D.7: Recarga específica

ANEXO E:

BALANCE POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE

Estación pluviométrica B-019 Escorca Mossa (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	1552	1001	64,5	951	61,3
1976	1079	592	54,9	588	54,5
1977	1041	418	40,1	393	37,7
1978	1289	937	72,7	912	70,8
1979	1150	705	61,3	655	57,0
1980	1187	837	70,5	837	70,5
1981	670	356	53,1	331	49,4
1982	1017	671	66,0	646	63,5
1983	639	282	44,1	257	40,2
1984	766	346	45,2	320	41,8
1985	1324	1028	77,7	1003	75,8
1986	1065	607	57,0	557	52,3
1987	1071	765	71,4	765	71,4
1988	747	249	33,3	215	28,8
1989	881	370	42,0	320	36,3
1990	1297	971	74,8	971	74,8
1991	1401	967	69,0	942	67,3
1992	901	475	52,7	450	49,9
1993	773	395	51,0	335	43,3
1994	568	300	52,8	259	45,6
1995	788	419	53,2	394	50,1
1996	1567	988	63,1	969	61,9
1997	804	425	52,9	419	52,1
1998	822	495	60,2	470	57,1
1999	887	504	56,8	479	54,0
2000	831	430	51,7	405	48,7
2001	1161	861	74,1	836	72,0
2002	1245	674	54,1	624	50,1
2003	1052	712	67,7	712	67,7
MEDIA	1020	613	58,2	587	55,4

Estación pluviométrica B-006 Pollensa Torre (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	1545	1016	65,8	966	62,5
1976	921	436	47,3	436	47,3
1977	1444	809	56,1	759	52,6
1978	849	518	61,0	518	61,0
1979	857	410	47,8	360	42,0
1980	947	581	61,3	581	61,3
1981	883	449	50,9	424	48,1
1982	680	369	54,3	344	50,6
1983	652	294	45,0	243	37,3
1984	858	392	45,7	351	40,9
1985	1301	905	69,5	895	68,8
1986	979	478	48,8	453	46,2
1987	973	618	63,5	593	60,9
1988	807	287	35,5	236	29,3
1989	998	461	46,1	418	41,9
1990	1334	938	70,3	933	70,0
1991	1270	784	61,8	759	59,8
1992	948	528	55,7	503	53,0
1993	571	200	35,0	167	29,2
1994	769	484	62,9	442	57,5
1995	662	297	44,8	272	41,0
1996	1464	929	63,5	904	61,8
1997	770	401	52,2	401	52,2
1998	886	565	63,7	540	60,9
1999	735	358	48,7	333	45,3
2000	644	258	40,1	233	36,2
2001	776	494	63,6	469	60,4
2002	1005	348	34,7	301	29,9
2003	850	450	53,0	423	49,7
MEDIA	944	519	53,4	492	50,3

Estación pluviométrica B-260 Bunyola Raxa (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	663	222	33,5	195	29,4
1976	804	361	44,9	328	40,8
1977	661	153	23,2	120	18,2
1978	829	480	57,9	455	54,9
1979	696	309	44,4	281	40,5
1980	786	414	52,7	392	49,8
1981	490	210	42,8	185	37,7
1982	576	305	53,0	280	48,7
1983	266	73	27,3	48	17,9
1984	615	288	46,7	245	39,8
1985	488	202	41,4	177	36,2
1986	874	464	53,1	439	50,2
1987	844	575	68,0	550	65,1
1988	539	128	23,7	103	19,0
1989	482	92	19,1	67	13,9
1990	497	231	46,5	193	38,9
1991	738	342	46,3	317	43,0
1992	541	165	30,5	140	25,8
1993	517	156	30,3	127	24,5
1994	532	179	33,7	129	24,3
1995	539	140	25,9	140	25,9
1996	1028	533	51,8	483	47,0
1997	486	157	32,2	124	25,6
1998	551	226	41,0	201	36,4
1999	459	151	33,0	126	27,6
2000	435	97	22,2	62	14,2
2001	730	391	53,6	366	50,2
2002	729	229	31,4	204	27,9
2003	696	352	50,7	327	47,1
MEDIA	624	263	40,0	235	35,2

Estación pluviométrica B-061 Soller Convento (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	708	227	32,0	205	28,9
1976	961	453	47,1	403	41,9
1977	736	187	25,3	166	22,5
1978	1249	876	70,1	867	69,4
1979	1277	902	70,6	852	66,7
1980	1034	706	68,2	706	68,2
1981	540	275	51,0	250	46,4
1982	767	434	56,7	409	53,4
1983	399	128	32,0	103	25,7
1984	777	340	43,8	300	38,6
1985	961	581	60,5	555	57,8
1986	1077	606	56,2	581	53,9
1987	1115	731	65,6	706	63,3
1988	693	159	22,9	109	15,7
1989	639	221	34,6	198	31,0
1990	700	364	52,0	332	47,4
1991	1066	621	58,3	596	55,9
1992	804	454	56,4	428	53,2
1993	668	281	42,1	231	34,6
1994	719	363	50,5	360	50,1
1995	584	197	33,7	174	29,9
1996	1100	623	56,6	573	52,1
1997	551	289	52,4	264	47,8
1998	638	289	45,4	264	41,4
1999	665	289	43,5	264	39,8
2000	480	234	48,8	209	43,6
2001	942	680	72,2	655	69,5
2002	870	365	41,9	340	39,1
2003	731	354	48,4	330	45,1
MEDIA	809	422	49,6	394	46,0

Estación pluviométrica B-251 Bunola 'Alfania Vell' (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	766	319,3	41,7	294,3	38,4
1976	953	386,8	40,6	357,1	37,5
1977	734	221,8	30,2	201,5	27,5
1978	935	575,9	61,6	550,9	58,9
1979	817	454,5	55,7	429,5	52,6
1980	972	616,8	63,4	591,8	60,9
1981	635	328,7	51,8	303,7	47,8
1982	787	500,1	63,5	475,1	60,3
1983	445	149,5	33,6	124,5	28,0
1984	554	258,1	46,6	233,1	42,1
1985	977	574,9	58,9	548,3	56,1
1986	1187	804,3	67,8	779,3	65,7
1987	959	627,7	65,4	602,7	62,8
1988	690	215,2	31,2	166,1	24,1
1989	592	160,2	27,1	135,7	22,9
1990	654	365,8	55,9	341,2	52,2
1991	1074	609,1	56,7	584,1	54,4
1992	672	274,7	40,9	249,7	37,2
1993	600	231,7	38,6	189,2	31,6
1994	733	315,5	43,0	286,4	39,1
1995	613	289,4	47,2	285,8	46,7
1996	1344	780,8	58,1	731,0	54,4
1997	648	351,2	54,2	326,2	50,3
1998	712	362,5	50,9	337,5	47,4
1999	586	279,7	47,7	254,7	43,5
2000	467	192,0	41,1	167,0	35,8
2001	877	534,7	61,0	509,7	58,1
2002	866	387,4	44,7	362,4	41,8
2003	1018	589,8	58,0	564,8	55,5
MEDIA	788	405,5	49,6	378,7	46,0

Estación pluviométrica B-264 Bunyola 'San Vidal' (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975					
1976					
1977	750	265	35,3	226	30,1
1978	1056	867	82,1	639	60,5
1979					
1980	916	559	61,0	534	58,3
1981					
1982					
1983	498	157	31,6	132	26,5
1984	813	393	48,3	364	44,8
1985	918	589	64,1	562	61,2
1986	1134	723	63,7	698	61,5
1987	1088	752	69,1	727	66,8
1988	692	224	32,4	159	22,9
1989	740	275	37,2	252	34,0
1990	732	426	58,3	394	53,9
1991	1083	645	59,6	620	57,3
1992	610	234	38,4	185	30,4
1993	685	334	48,7	307	44,8
1994	758	354	46,7	304	40,1
1995	784	303	38,7	278	35,5
1996	1291	730	56,6	723	56,0
1997	627	307	49,0	268	42,7
1998	709	340	48,0	315	44,5
1999	688	320	46,6	295	42,9
2000	477	192	40,3	167	35,0
2001	706	402	57,0	377	53,4
2002	958	388	40,5	363	37,9
2003	1068	669	62,7	644	60,3
MEDIA	824	435	50,7	397	45,9

Estación pluviométrica B-056 Fornalutx Binibassi (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	780	317	40,6	292	37,4
1976	892	411	46,1	386	43,3
1977	707	168	23,8	140	19,9
1978	1098	735	66,9	713	64,9
1979	1219	850	69,7	800	65,6
1980	1053	723	68,6	723	68,6
1981	535	295	55,1	270	50,5
1982	778	442	56,8	417	53,5
1983	428	154	35,9	129	30,1
1984	637	235	36,9	204	32,1
1985	1012	666	65,8	641	63,3
1986	1240	722	58,2	669	54,0
1987	1095	771	70,4	756	69,0
1988	693	229	33,1	179	25,8
1989	632	185	29,3	181	28,6
1990	679	356	52,5	328	48,3
1991	1057	621	58,8	596	56,4
1992	786	431	54,8	406	51,7
1993	724	314	43,4	264	36,5
1994	751	343	45,6	340	45,3
1995	649	231	35,6	205	31,7
1996	1148	679	59,2	632	55,1
1997	573	310	54,1	285	49,7
1998	707	361	51,1	336	47,6
1999	627	299	47,7	249	39,8
2000	534	280	52,5	280	52,5
2001	1112	869	78,1	844	75,9
2002	1011	502	49,6	477	47,2
2003	909	522	57,4	497	54,7
MEDIA	830	449	51,6	422	48,2

Estación pluviométrica B-745 marratxi 'Son Bonet' (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	1412	911	64,5	886	62,7
1976	958	448	46,8	423	44,2
1977	1103	464	42,1	418	37,9
1978	1050	732	69,7	728	69,3
1979	998	506	50,7	456	45,7
1980	880	556	63,1	556	63,1
1981	682	308	45,1	283	41,4
1982	442	192	43,3	167	37,7
1983	595	274	46,0	249	41,8
1984	652	251	38,5	203	31,2
1985	1144	856	74,8	854	74,6
1986	1003	553	55,1	503	50,2
1987	1003	709	70,7	709	70,7
1988	660	187	28,2	162	24,5
1989	948	422	44,6	372	39,3
1990	1104	742	67,2	739	67,0
1991	1100	673	61,2	648	58,9
1992	822	422	51,3	397	48,3
1993	572	225	39,3	200	34,9
1994	808	488	60,4	438	54,2
1995	660	313	47,5	288	43,7
1996	1345	859	63,8	859	63,8
1997	821	431	52,6	406	49,5
1998	975	646	66,2	621	63,7
1999	677	362	53,4	337	49,7
2000	812	356	43,8	320	39,4
2001	1058	762	72,0	730	69,0
2002	1348	655	48,6	618	45,8
2003	903	529	58,6	529	58,5
MEDIA	915	511	54,1	486	51,1

Estación pluviométrica B-077 Deya Son Bujosa (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	833	270	32,3	228	27,4
1976	851	361	42,4	353	41,4
1977	663	124	18,7	93	14,0
1978	874	515	58,9	490	56,0
1979	941	573	60,9	523	55,6
1980	769	438	57,0	438	57,0
1981	554	263	47,5	238	43,0
1982	602	275	45,6	250	41,4
1983	376	104	27,6	79	21,0
1984	578	201	34,8	163	28,1
1985	790	470	59,5	445	56,3
1986	951	439	46,1	364	38,2
1987	829	518	62,5	518	62,5
1988	513	94	18,3	44	8,6
1989	490	104	21,2	89	18,2
1990	525	213	40,6	175	33,3
1991	698	299	42,8	274	39,2
1992	626	221	35,3	196	31,4
1993	560	186	33,2	136	24,2
1994	677	330	48,8	317	46,9
1995	440	110	24,9	98	22,2
1996	930	468	50,3	418	44,9
1997	605	325	53,7	300	49,5
1998	536	219	40,8	194	36,1
1999	537	229	42,6	204	38,0
2000	470	197	41,9	172	36,6
2001	813	522	64,2	497	61,1
2002	760	259	34,1	234	30,8
2003	606	256	42,3	231	38,1
MEDIA	669	296	42,4	267	38,0

Estación pluviométrica B-013 Escorca-Monasterio Lluch (Mallorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 25mm)		Excedentes (cc 50mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	1169	605	51,8	580	49,7
1976	1180	659	55,9	609	51,6
1977	1305	590	45,2	590	45,2
1978	1740	1408	80,9	1408	80,9
1979	1468	1074	73,2	1024	69,8
1980	1463	1125	77,0	1125	77,0
1981	785	456	58,1	431	54,9
1982	1226	826	67,3	801	65,3
1983	919	512	55,7	487	52,9
1984	1038	606	58,4	573	55,3
1985	1500	1207	80,5	1182	78,8
1986	1280	817	63,8	767	59,9
1987	1348	983	72,9	983	72,9
1988	814	330	40,5	280	34,4
1989	1075	559	52,0	523	48,7
1990	1365	1016	74,4	1016	74,4
1991	1437	940	65,4	915	63,7
1992	1027	601	58,5	576	56,1
1993	723	343	47,4	318	44,0
1994	959	652	67,9	602	62,7
1995	901	515	57,2	490	54,4
1996	1780	1256	70,6	1256	70,6
1997	864	389	45,0	362	41,9
1998	969	612	63,2	587	60,6
1999	933	573	61,4	548	58,7
2000	869	456	52,4	431	49,6
2001	1631	1326	81,3	1301	79,8
2002	1835	1159	63,2	1109	60,4
2003	1460	978	67,0	978	67,0
MEDIA	1209	778	62,3	754	60,0

Estación pluviométrica B-801 San Luis (Menorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 50mm)		Excedentes (cc 75mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	709	249	35,0	224	31,5
1976	638	167	26,2	142	22,3
1977	621	44	7,1	19	3,0
1978	513	136	26,5	111	21,6
1979	611	88	14,3	63	10,2
1980	517	181	35,0	156	30,1
1981	406	35	8,7	10	2,5
1982	549	229	41,6	204	37,1
1983	283	26	9,2	1	0,4
1984	632	94	14,8	69	10,8
1985	745	420	56,4	395	53,0
1986	529	141	26,6	116	21,9
1987	623	319	51,2	294	47,2
1988	458	67	14,7	42	9,3
1989	519	78	15,0	53	10,2
1990	578	216	37,3	191	33,0
1991	673	248	36,9	223	33,2
1992	469	94	20,1	69	14,7
1993	420	63	14,9	38	8,9
1994	477	73	15,4	48	10,1
1995	563	87	15,5	62	11,1
1996	816	267	32,7	242	29,6
1997	634	97	15,3	72	11,4
1998	592	110	18,5	85	14,3
1999	555	167	30,1	142	25,6
2000	475	80	16,7	55	11,5
2001	624	287	46,0	262	42,0
2002	723	169	23,4	144	19,9
2003	754	262	34,8	237	31,5
MEDIA	576	155	25,5	130	21,0

Estación pluviométrica B-824 Mercadal Monte Toro (Menorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 50mm)		Excedentes (cc 75mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	478	98	20,5	73	15,3
1976	736	246	33,5	221	30,1
1977	792	208	26,2	183	23,1
1978	736	301	40,9	276	37,5
1979	767	249	32,4	224	29,2
1980	596	231	38,8	206	34,6
1981	436	55	12,7	30	6,9
1982	544	204	37,5	179	32,9
1983	487	135	27,7	110	22,6
1984	714	139	19,4	114	15,9
1985	811	399	49,2	380	46,8
1986	678	220	32,5	195,4	28,8
1987	644	323	50,2	298,3	46,3
1988	528	57	10,8	32	6,1
1989	445	0	0,0	0	0,0
1990	540	146	27,0	121	22,4
1991	604	183	30,2	158	26,1
1992	512	65	12,6	40	7,8
1993	485	108	22,2	83	17,0
1994	423	32	7,6	7	1,7
1995	354	3	0,9	0	0,0
1996	749	170	22,7	145	19,3
1997	311	0	0,0	0	0,0
1998	531	139	26,1	114	21,4
1999	378	114	30,1	89	23,5
2000	440	56	12,7	31	7,0
2001	800	358	44,7	333	41,6
2002	869	265	30,5	240	27,6
2003	864	430	49,7	405	46,8
MEDIA	595	170	25,8	148	22,0

Estación pluviométrica B-887 alayor 'Torralba d'en Salort' (Menorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 50mm)		Excedentes (cc 75mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	657	216	32,8	191	29,0
1976	667	203	30,4	178	26,6
1977	633	83	13,1	58	9,2
1978	632	233	36,8	208	32,9
1979	664	165	24,8	137	20,7
1980	591	271	45,8	248	42,0
1981	369	40	10,9	15	4,1
1982	572	248	43,3	223	38,9
1983	340	42	12,2	17	4,9
1984	572	94	16,4	69	12,0
1985	756	419	55,4	394	52,1
1986	597	142	23,8	117,1	19,6
1987	612	285	46,5	259,5	42,4
1988	554	130	23,5	105	19,0
1989	463	50	10,8	25	5,4
1990	643	247	38,4	222	34,5
1991	632	287	45,4	262	41,4
1992	471	76	16,2	51	10,9
1993	525	134	25,6	109	20,8
1994	470	17	3,6	0	0,0
1995	423	53	12,6	28	6,7
1996	865	327	37,8	302	35,0
1997	424	21	4,9	0	0,0
1998	592	145	24,5	120	20,3
1999	440	106	24,1	81	18,4
2000	394	30	7,5	5	1,2
2001	657	310	47,1	285	43,3
2002	706	148	20,9	123	17,4
2003	829	391	47,2	366	44,2
MEDIA	577	169	27,0	145	22,5

Estación pluviométrica B-802 Mahon Llumesanas (Menorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 50mm)		Excedentes (cc 75mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	727	255	35,1	230	31,6
1976	707	257	36,4	232	32,8
1977	721	106	14,8	56	7,8
1978	563	233	41,4	233	41,4
1979	773	231	29,9	206	26,7
1980	631	289	45,8	264	41,8
1981	428	88	20,6	63	14,8
1982	572	225	39,3	200	34,9
1983	301	37	12,2	12	3,9
1984	570	76	13,2	40	6,9
1985	627	320	51,0	306	48,8
1986	557	126	22,7	101	18,2
1987	583	289	49,5	264	45,2
1988	438	58	13,3	33	7,6
1989	505	55	10,9	30	5,9
1990	528	54	10,3	29	5,5
1991	683	244	35,8	219	32,1
1992	378	33	8,6	8	2,0
1993	441	82	18,5	57	12,9
1994	512	113	22,1	88	17,2
1995	616	120	19,5	95	15,4
1996	837	318	38,0	293	35,1
1997	626	65	10,4	40	6,4
1998	626	173	27,6	148	23,6
1999	455	134	29,4	109	23,9
2000	519	84	16,2	59	11,3
2001	560	189	33,7	164	29,2
2002	666	90	13,5	65	9,7
2003	869	398	45,8	373	42,9
MEDIA	587	163	26,4	138	21,9

Estación pluviométrica B-893 Mahon aeropuerto (Menorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 50mm)		Excedentes (cc 75mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	651	202	31,0	177	27,1
1976	701	257	36,6	232	33,0
1977	644	61	9,5	36	5,6
1978	576	193	33,5	168	29,2
1979	746	183	24,5	155	20,8
1980	576	249	43,1	226	39,2
1981	382	31	8,2	6	1,6
1982	557	228	40,9	203	36,4
1983	330	71	21,6	46	14,0
1984	627	104	16,6	73	11,7
1985	663	345	52,0	326	49,2
1986	524	124	23,7	99	19,0
1987	622	285	45,7	260	41,7
1988	445	46	10,4	21	4,8
1989	503	49	9,6	24	4,7
1990	549	192	35,0	167	30,5
1991	683	246	36,0	224	32,8
1992	381	44	11,6	19	5,1
1993	379	28	7,4	3	0,8
1994	434	41	9,4	16	3,6
1995	498	96	19,3	72	14,4
1996	706	184	26,1	159	22,5
1997	522	0	0,0	0	0,0
1998	556	92	16,6	67	12,1
1999	358	90	25,1	65	18,1
2000	431	69	15,9	44	10,1
2001	643	283	43,9	258	40,0
2002	604	51	8,4	26	4,3
2003	605	167	27,7	143	23,6
MEDIA	548	138	23,8	114	19,2

Estación pluviométrica B-851 Ciudatella 'Faro Puerto' (Menorca)					
AÑO	Precipitación P (mm)	Excedentes (cc 50mm)		Excedentes (cc 75mm)	
		mm	% P	mm	% P
1975	516	158	30,7	133	25,8
1976	538	138	25,6	113	21,0
1977	759	180	23,7	155	20,4
1978	755	345	45,7	320	42,4
1979	682	209	30,7	184	27,0
1980	541	174	32,1	149	27,5
1981	459	29	6,3	4	0,8
1982	496	242	48,7	217	43,7
1983	301	35	11,7	10	3,4
1984	563	68	12,0	27	4,7
1985	722	375	52,0	366	50,8
1986	628	172	27,4	147,3	23,5
1987	739	399	53,9	373,8	50,6
1988	655	59	9,0	34	5,2
1989	315	0	0,0	0	0,0
1990	528	185	35,0	160	30,3
1991	611	211	34,6	186	30,5
1992	547	72	13,1	47	8,5
1993	522	67	12,9	42	8,1
1994	388	93	24,1	68	17,6
1995	468	79	16,9	54	11,5
1996	747	215	28,8	190	25,4
1997	482	25	5,2	0	0,0
1998	561	125	22,4	100	17,9
1999	500	135	27,0	110	22,0
2000	534	84	15,8	59	11,1
2001	671	352	52,4	327	48,7
2002	730	44	6,0	19	2,6
2003	844	435	51,5	410	48,6
MEDIA	579	162	26,0	138	21,7

ANEXO F:

BALANCE POR EL MÉTODO DE KESSLER

B-077 Deya Son Bujosa (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	221	401	833	26,5	58,64	17,12	2	28,5	40,6
1976	196	384	851	23,0	41,04	11,98	1	24,0	35,9
1977	165	272	663	24,9	-70,66	-20,63	-2	22,9	34,7
1978	427	340	874	48,9	-2,36	-0,69	0	48,9	61,9
1979	310	617	941	32,9	274,54	80,14	15	47,9	60,9
1980	316	334	769	41,2	-8,56	-2,50	0	41,2	53,8
1981	404	99	554	72,9	-243,86	-71,19	-15	57,9	71,4
1982	251	279	602	41,6	-63,36	-18,50	-2	39,6	52,2
1983	91	199	376	24,2	-143,16	-41,79	-4	20,2	31,9
1984	197	251	578	34,0	-91,56	-26,73	-3	31,0	43,2
1985	252	434	790	31,9	91,74	26,78	3	34,9	47,2
1986	252	493	951	26,5	150,14	43,83	4	30,5	42,7
1987	409	299	829	49,3	-43,56	-12,72	-1	48,3	61,4
1988	174	243	513	33,9	-100,06	-29,21	-3	30,9	43,1
1989	165	211	490	33,8	-131,96	-38,52	-4	29,8	41,9
1990	163	315	525	31,1	-27,66	-8,07	-1	30,1	42,3
1991	402	222	698	57,6	-120,76	-35,25	-3	54,6	67,9
1992	219	257	626	35,0	-85,26	-24,89	-2	33,0	45,3
1993	209	325	560	37,4	-17,26	-5,04	0	37,4	49,9
1994	147	497	677	21,7	154,34	45,05	4	25,7	37,6
1995	62	310	440	14,1	-32,86	-9,59	-1	13,1	24,5
1996	286	533	930	30,7	190,04	55,48	5	35,7	48,2
1997	129	381	605	21,4	38,44	11,22	1	22,4	34,2
1998	169	316	536	31,5	-26,38	-7,70	-1	30,5	42,7
1999	189	332	537	35,2	-10,58	-3,09	0	35,2	47,6
2000	55	354	470	11,8	11,42	3,33	0	11,8	23,1
2001	127	623	813	15,7	280,14	81,78	15	30,7	42,9
2002	234	286	760	30,8	-56,81	-16,58	-2	28,8	40,9
2003	245	329	606	40,5	-13,76	-4,02	0	40,5	53,1
	P''m=	342,6	669					MEDIA	45,6

B-745 Marratxi 'Son Bonet' (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	287	915	1412	20,3	445,30	94,75	15	35,3	47,7
1976	254	462	958	26,5	-7,80	-1,66	0	26,5	38,5
1977	354	451	1103	32,1	-19,00	-4,04	0	32,1	44,4
1978	482	448	1050	45,9	-22,10	-4,70	0	45,9	58,8
1979	363	470	998	36,4	0,30	0,06	0	36,4	48,9
1980	433	332	880	49,1	-137,80	-29,32	-3	46,1	59,0
1981	429	148	682	62,9	-321,80	-68,47	-13	49,9	63,0
1982	296	79	442	67,0	-391,40	-83,28	15	82,0	96,6
1983	129	329	595	21,6	-140,70	-29,94	-3	18,6	30,2
1984	213	362	652	32,6	-108,00	-22,98	-2	30,6	42,8
1985	521	536	1144	45,5	66,00	14,04	1	46,5	59,4
1986	260	626	1003	25,9	155,50	33,09	3	28,9	41,0
1987	425	507	1003	42,4	37,20	7,92	1	43,4	56,1
1988	305	175	660	46,2	-295,00	-62,77	-10	36,2	48,7
1989	288	455	948	30,3	-15,50	-3,30	0	30,3	42,5
1990	310	700	1104	28,0	230,00	48,94	5	33,0	45,3
1991	555	288	1100	50,4	-182,30	-38,79	-4	46,4	59,3
1992	332	321	822	40,3	-149,50	-31,81	-3	37,3	49,8
1993	219	314	572	38,3	-155,81	-33,15	-3	35,3	47,7
1994	184	600	808	22,7	130,10	27,68	3	25,7	37,7
1995	142	463	660	21,4	-7,40	-1,57	0	21,4	33,2
1996	384	724	1345	28,5	253,91	54,02	5	33,5	45,8
1997	156	567	821	19,0	96,60	20,55	2	21,0	32,7
1998	284	634	975	29,1	163,90	34,87	3	32,1	44,4
1999	159	475	677	23,5	5,20	1,11	0	23,5	35,3
2000	107	563	812	13,1	93,39	19,87	2	15,1	26,6
2001	210	777	1058	19,8	306,70	65,26	10	29,8	42,0
2002	440	507	1348	32,6	36,71	7,81	1	33,6	46,0
2003	427	403	903	47,3	-66,80	-14,21	-1	46,3	59,2
	P''m=	470,0	915					MEDIA	47,7

B-019 Escorca Mossa (Mallorca)									
AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	334	934	1552	21,5	418,22	81	15	36,5	49,0
1976	409	434	1079	37,8	-81,08	-16	-2	35,8	48,3
1977	301	374	1041	28,9	-141,58	-27	-3	25,9	37,8
1978	637	510	1289	49,4	-5,28	-1	0	49,4	62,5
1979	459	582	1150	39,9	66,72	13	1	40,9	53,6
1980	523	486	1187	44,1	-29,28	-6	-1	43,1	55,8
1981	455	133	670	68,0	-382,08	-74	-15	53,0	66,2
1982	381	584	1017	37,5	68,92	13	1	38,5	51,1
1983	141	350	639	22,1	-164,98	-32	-3	19,1	30,8
1984	299	318	766	39,1	-197,78	-38	-4	35,1	47,5
1985	466	722	1324	35,2	206,22	40	4	39,2	51,8
1986	386	553	1065	36,2	37,72	7	1	37,2	49,7
1987	592	414	1071	55,3	-101,78	-20	-2	53,3	66,6
1988	269	247	747	36,0	-268,78	-52	-5	31,0	43,2
1989	278	411	881	31,6	-103,98	-20	-2	29,6	41,8
1990	285	944	1297	22,0	428,72	83	15	37,0	49,5
1991	608	333	1401	43,4	-182,78	-35	-3	40,4	53,1
1992	334	360	901	37,0	-155,78	-30	-3	34,0	46,4
1993	285	446	773	36,8	-69,78	-14	-1	35,8	48,3
1994	222	333	568	39,1	-182,18	-35	-3	36,1	48,5
1995	142	564	788	18,0	48,22	9	1	19,0	30,7
1996	551	734	1567	35,1	218,22	42	4	39,1	51,7
1997	143	563	804	17,7	47,54	9	1	18,7	30,4
1998	211	552	822	25,7	36,95	7	1	26,7	38,7
1999	297	517	887	33,5	1,98	0	0	33,5	45,8
2000	173	562	831	20,8	46,85	9	1	21,8	33,6
2001	203	906	1161	17,5	390,55	76	15	32,5	44,7
2002	432	501	1245	34,7	-13,85	-3	0	34,7	47,1
2003	413	579	1052	39,2	64,05	12	1	40,2	52,9
	P''m=	515,3	1020						47,5

B-013 Escorca-Monasterio Lluch (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	346	562	1169	29,6	-23,19	-4	0	29,6	41,7
1976	426	456	1180	36,1	-129,19	-22	-2	34,1	46,4
1977	365	415	1305	27,9	-170,09	-29	-3	24,9	36,9
1978	761	815	1740	43,7	230,71	39	4	47,7	60,7
1979	664	746	1468	45,2	161,41	28	3	48,2	61,2
1980	703	614	1463	48,1	29,01	5	0	48,1	61,1
1981	546	166	785	69,6	-418,49	-72	-15	54,6	67,9
1982	445	686	1226	36,3	101,21	17	2	38,3	50,8
1983	401	373	919	43,6	-211,99	-36	-4	39,6	52,2
1984	404	439	1038	38,9	-145,29	-25	-2	36,9	49,4
1985	727	630	1500	48,5	45,31	8	1	49,5	62,5
1986	419	730	1280	32,8	145,01	25	2	34,8	47,1
1987	707	561	1348	52,4	-23,49	-4	0	52,4	65,6
1988	287	311	814	35,2	-273,29	-47	-5	30,2	42,4
1989	319	544	1075	29,7	-40,69	-7	-1	28,7	40,8
1990	341	940	1365	24,9	355,71	61	7	31,9	44,2
1991	711	363	1437	49,5	-222,19	-38	-4	45,5	58,4
1992	393	419	1027	38,3	-166,09	-28	-3	35,3	47,7
1993	299	374	723	41,3	-210,69	-36	-4	37,3	49,8
1994	238	691	959	24,8	106,21	18	-2	22,8	34,6
1995	170	633	901	18,9	48,11	8	1	19,9	31,6
1996	657	820	1780	36,9	234,98	40	4	40,9	53,5
1997	214	498	864	24,7	-86,72	-15	-1	23,7	35,6
1998	283	592	969	29,2	6,89	1	0	29,2	41,3
1999	375	505	933	40,2	-79,33	-14	-1	39,2	51,8
2000	176	612	869	20,3	27,59	5	0	20,3	32,0
2001	302	1233	1631	18,5	648,51	111	15	33,5	45,9
2002	675	645	1835	36,8	60,05	10	1	37,8	50,3
2003	696	585	1460	47,7	0,00	0	0	47,7	60,7
	P''m=	584,7	1209					MEDIA	49,1

B-061 Soller Convento (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	179	364	708	25,2	-45,79	-11	-1	24,2	36,1
1976	218	445	961	22,7	34,61	8	1	23,7	35,6
1977	199	319	736	27,0	-90,79	-22	-2	25,0	36,9
1978	545	586	1249	43,6	175,41	43	4	47,6	60,6
1979	476	771	1277	37,2	361,01	88	15	52,2	65,4
1980	389	540	1034	37,6	129,61	32	3	40,6	53,2
1981	403	95	540	74,7	-314,69	-77	-15	59,7	73,2
1982	273	418	767	35,6	7,41	2	0	35,6	48,1
1983	110	230	399	27,5	-180,09	-44	-4	23,5	35,3
1984	258	298	777	33,1	-112,39	-27	-3	30,1	42,3
1985	324	481	961	33,7	70,61	17	2	35,7	48,1
1986	329	585	1077	30,5	175,01	43	4	34,5	46,9
1987	650	336	1116	58,2	-74,49	-18	-2	56,2	69,6
1988	195	319	693	28,1	-91,49	-22	-3	25,1	37,0
1989	204	276	639	32,0	-134,39	-33	-3	29,0	41,1
1990	221	417	700	31,6	7,01	2	0	31,6	43,8
1991	595	220	1066	55,8	-190,29	-46	-5	50,8	63,9
1992	350	360	804	43,6	-49,89	-12	-1	42,6	55,3
1993	309	321	668	46,2	-88,99	-22	-2	44,2	57,1
1994	193	486	719	26,8	75,71	18	2	28,8	40,9
1995	103	376	584	17,6	-33,79	-8	-1	16,6	28,1
1996	304	665	1100	27,6	255,11	62	10	37,6	50,2
1997	142	330	551	25,8	-79,99	-20	-2	23,8	35,7
1998	164	391	638	25,7	-18,77	-5	0	25,7	37,6
1999	218	427	665	32,8	16,73	4	0	32,8	45,1
2000	68	364	480	14,1	-46,07	-11	-1	13,1	24,5
2001	150	741	942	15,9	330,71	81	15	30,9	43,1
2002	287	362	870	33,0	-48,39	-12	-1	32,0	44,2
2003	300	372	731	41,1	-38,59	-9	-1	40,1	52,7
	P''m=	410,1	809					MEDIA	46,6

B-006 Pollensa Torre (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	243	1062	1545	15,7	596,68	128	15	30,7	42,9
1976	293	389	921	31,8	-76,92	-17	-2	29,8	42,0
1977	491	452	1444	34,0	-13,42	-3	0	34,0	46,4
1978	427	313	849	50,3	-153,02	-33	-3	47,3	60,2
1979	346	399	857	40,4	-66,22	-14	-1	39,4	52,0
1980	449	339	947	47,4	-126,42	-27	-3	44,4	57,2
1981	567	144	883	64,2	-321,62	-69	-13	51,2	64,3
1982	289	324	680	42,6	-141,32	-30	-3	39,6	52,2
1983	123	309	652	18,8	-156,42	-34	-3	15,8	27,3
1984	302	374	858	35,2	-92,02	-20	-2	33,2	45,5
1985	415	728	1301	31,9	262,48	56	7	38,9	51,5
1986	279	488	979	28,5	22,78	5	0	28,5	40,6
1987	385	471	973	39,5	5,68	1	0	39,5	52,1
1988	270	286	807	33,4	-179,72	-39	-4	29,4	41,5
1989	298	443	998	29,9	-22,92	-5	0	29,9	42,0
1990	345	840	1334	25,9	374,18	80	15	40,9	53,6
1991	624	362	1270	49,2	-104,02	-22	-2	47,2	60,1
1992	333	320	948	35,1	-145,72	-31	-3	32,1	44,3
1993	159	377	571	27,8	-88,72	-19	-2	25,8	37,8
1994	166	576	769	21,6	110,68	24	2	23,6	35,5
1995	158	446	662	23,8	-19,12	-4	0	23,8	35,7
1996	450	795	1464	30,8	329,88	71	15	45,8	58,7
1997	201	483	770	26,2	17,48	4	0	26,2	38,1
1998	242	573	886	27,3	107,78	23	2	29,3	41,5
1999	154	486	735	20,9	20,84	4	0	20,9	32,6
2000	164	430	644	25,5	-35,13	-8	-1	24,5	36,4
2001	227	480	776	29,2	14,58	3	0	29,2	41,3
2002	292	351	1005	29,0	-114,52	-25	-2	27,0	39,1
2003	311	460	850	36,6	-5,92	-1	0	36,6	49,0
	P''m =	465,5	944					MEDIA	45,6

B-264 Bunyola 'San Vidal' (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975									
1976									
1977	253	380	750	33,7	-32,31	-8	-1	32,7	45,0
1978	520	373	1056	49,3	-38,98	-9	1	50,3	63,4
1979								0,0	
1980	330	464	916	36,0	51,89	13	1	37,0	49,5
1981									
1982									
1983	138	217	498	27,7	-195,01	-47	-5	22,7	34,5
1984	285	341	813	35,0	-71,11	-17	-2	33,0	45,3
1985	277	514	918	30,1	101,79	25	2	32,1	44,4
1986	384	661	1134	33,9	248,69	60	7	40,9	53,5
1987	537	455	1088	49,4	42,87	10	1	50,4	63,5
1988	210	337	692	30,3	-75,91	-18	-2	28,3	40,4
1989	190	358	740	25,7	-54,41	-13	-1	24,7	36,6
1990	290	387	732	39,6	-25,91	-6	-1	38,6	51,1
1991	640	253	1083	59,1	-159,41	-39	-4	55,1	68,4
1992	134	340	610	22,0	-72,91	-18	-2	20,0	31,7
1993	287	368	685	41,9	-44,41	-11	-1	40,9	53,6
1994	237	480	758	31,2	67,09	16	2	33,2	45,5
1995	157	435	784	20,0	22,59	5	0	20,0	31,7
1996	286	787	1291	22,1	374,59	91	15	37,1	49,6
1997	215	335	627	34,3	-77,91	-19	-2	32,3	44,6
1998	200	384	709	28,2	-28,03	-7	-1	27,2	39,3
1999	264	397	688	38,4	-15,55	-4	0	38,4	51,0
2000	94	332	477	19,7	-80,03	-19	-2	17,7	29,3
2001	204	413	706	28,9	0,19	0	0	28,9	41,0
2002	259	392	958	27,1	-20,61	-5	0	27,1	39,1
2003	510	495	1068	47,8	82,79	20	-2	45,8	58,7
	P''m=	412,4	824					MEDIA	46,3

B-056 Fornalutx Binibassi (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	254	388	780	32,5	-29,32	-7	-1	31,5	43,8
1976	264	419	892	29,6	1,68	0	0	29,6	41,8
1977	233	283	707	33,0	-134,22	-32	-3	30,0	42,1
1978	454	547	1098	41,3	129,28	31	3	44,3	57,1
1979	482	713	1219	39,6	295,88	71	15	54,6	67,8
1980	368	575	1053	35,0	157,88	38	4	39,0	51,5
1981	425	83	535	79,4	-334,42	-80	-15	64,4	78,2
1982	271	459	778	34,8	41,08	10	1	35,8	48,3
1983	132	227	428	30,7	-190,82	-46	-5	25,7	37,7
1984	261	222	637	41,0	-195,92	-47	-5	36,0	48,4
1985	381	503	1012	37,7	85,88	21	2	39,7	52,3
1986	322	716	1240	25,9	298,68	72	15	40,9	53,6
1987	648	342	1095	59,1	-75,02	-18	-2	57,1	70,5
1988	239	318	693	34,5	-99,02	-24	-3	31,5	43,7
1989	214	202	632	33,8	-215,02	-52	-5	28,8	41,0
1990	223	410	679	32,9	-7,02	-2	0	32,9	45,2
1991	594	205	1057	56,2	-212,72	-51	-5	51,2	64,4
1992	350	341	786	44,5	-76,62	-18	-2	42,5	55,3
1993	328	336	724	45,3	-81,92	-20	-2	43,3	56,0
1994	201	465	751	26,8	47,48	11	1	27,8	39,8
1995	115	408	649	17,7	-9,12	-2	0	17,7	29,3
1996	326	696	1148	28,4	278,48	67	13	41,4	54,1
1997	131	348	573	22,8	-69,84	-17	-2	20,8	32,5
1998	178	447	707	25,2	29,98	7	1	26,2	38,2
1999	250	353	627	39,9	-64,42	-15	1	40,9	53,5
2000	75	411	534	14,0	-6,62	-2	0	14,0	25,5
2001	173	873	1112	15,6	455,08	109	15	30,6	42,8
2002	369	383	1011	36,4	-34,72	-8	-1	35,4	47,9
2003	407	433	909	44,8	15,28	4	0	44,8	57,6
	P''m=	417,4	830					MEDIA	49,0

B-260 Bunyola Raxa (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	185	368	663	27,9	49,30	15	1	28,9	41,0
1976	152	460	804	18,9	141,60	44	4	22,9	34,7
1977	175	301	661	26,4	-16,90	-5	0	26,4	38,4
1978	325	373	829	39,2	54,80	17	2	41,2	53,8
1979	187	461	696	26,9	142,60	45	4	30,9	43,1
1980	284	350	786	36,1	31,90	10	1	37,1	49,6
1981	350	110	490	71,5	-208,10	-65	-13	58,5	72,0
1982	206	347	576	35,8	28,60	9	1	36,8	49,3
1983	109	122	266	41,2	-196,10	-62	-10	31,2	43,4
1984	232	229	615	37,8	-89,30	-28	-3	34,8	47,2
1985	136	277	488	27,9	-41,00	-13	-1	26,9	38,9
1986	327	463	874	37,4	144,50	45	4	41,4	54,1
1987	460	314	844	54,4	-4,20	-1	0	54,4	67,7
1988	223	214	539	41,3	-103,90	-33	-3	38,3	50,9
1989	121	278	482	25,1	-40,25	-13	-1	24,1	36,0
1990	218	244	497	44,0	-74,30	-23	-2	42,0	54,7
1991	411	157	738	55,7	-160,90	-51	-5	50,7	63,8
1992	195	231	541	36,1	-87,70	-28	-3	33,1	45,4
1993	137	358	517	26,5	39,90	13	1	27,5	39,5
1994	159	336	532	29,9	17,70	6	1	30,9	43,1
1995	99	316	539	18,3	-2,20	-1	0	18,3	30,0
1996	201	670	1028	19,6	351,70	110	15	34,6	46,9
1997	181	182	486	37,2	-136,70	-43	-4	33,2	45,5
1998	154	343	551	28,0	24,65	8	1	29,0	41,1
1999	173	258	459	37,8	-60,05	-19	-2	35,8	48,2
2000	57	331	435	13,0	12,55	4	0	13,0	24,4
2001	167	459	730	22,8	140,80	44	4	26,8	38,9
2002	182	315	729	24,9	-3,48	-1	0	24,9	36,8
2003	291	363	696	41,9	44,35	14	1	42,9	55,7
	P''m=	318,3	624					MEDIA	46,0

B-251 Bunola 'Alfabia Vell' (Mallorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	248	384	766	32,4	-14,95	-4	0	32,4	44,7
1976	229	463	953	24,1	63,85	16	2	26,1	38,0
1977	225	312	734	30,6	-86,75	-22	-2	28,6	40,7
1978	434	370	935	46,4	-28,75	-7	-1	45,4	58,3
1979	230	554	817	28,2	155,35	39	4	32,2	44,5
1980	371	468	972	38,1	68,95	17	2	40,1	52,7
1981	456	141	635	71,7	-258,55	-65	-10	61,7	75,4
1982	251	505	787	31,8	105,75	26	3	34,8	47,2
1983	136	233	445	30,6	-166,05	-42	-4	26,6	38,6
1984	262	194	554	47,3	-205,05	-51	-5	42,3	55,0
1985	363	468	977	37,2	69,43	17	2	39,2	51,8
1986	420	670	1187	35,4	271,43	68	13	48,4	61,4
1987	504	335	959	52,5	-64,05	-16	-2	50,5	63,7
1988	286	278	690	41,4	-121,05	-30	-3	38,4	51,0
1989	162	315	592	27,4	-84,05	-21	-2	25,4	37,3
1990	239	367	654	36,5	-32,05	-8	-1	35,5	48,0
1991	600	244	1074	55,9	-155,05	-39	-4	51,9	65,0
1992	258	273	672	38,4	-126,05	-32	-3	35,4	47,8
1993	223	358	600	37,1	-41,05	-10	-1	36,1	48,6
1994	198	447	733	27,0	47,95	12	1	28,0	40,1
1995	122	448	613	19,9	48,45	12	1	20,9	32,7
1996	319	805	1344	23,7	405,95	102	15	38,7	51,3
1997	195	367	648	30,1	-32,55	-8	-1	29,1	41,2
1998	233	420	712	32,7	20,94	5	0	32,7	45,0
1999	163	405	586	27,8	5,95	1	0	27,8	39,9
2000	82	371	467	17,5	-28,26	-7	-1	16,5	28,0
2001	193	572	877	21,9	172,95	43	4	25,9	37,9
2002	253	386	866	29,2	-13,05	-3	0	29,2	41,3
2003	509	419	1018	50,0	20,44	5	0	50,0	63,1
	P''m=	399,1	788					MEDIA	47,9

B-893 Mahon aeropuerto (Menorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	220	278	651	33,8	7,00	3	0	33,8	46,1
1976	184	439	701	26,3	168,30	62	10	36,3	48,7
1977	160	247	644	24,8	-23,10	-9	1	25,8	37,7
1978	327	198	576	56,8	-73,00	-27	3	59,8	73,4
1979	174	445	746	23,3	174,50	65	10	33,3	45,6
1980	280	228	576	48,5	-42,70	-16	-2	46,5	59,4
1981	202	124	382	52,8	-146,50	-54	-5	47,8	60,8
1982	221	294	557	39,7	23,20	9	1	40,7	53,3
1983	167	125	330	50,6	-145,10	-54	-5	45,6	58,5
1984	228	254	627	36,4	-16,30	-6	-1	35,4	47,8
1985	245	343	663	36,9	72,50	27	3	39,9	52,5
1986	234	260	524	44,7	-10,30	-4	0	44,7	57,5
1987	306	259	622	49,2	-11,20	-4	0	49,2	62,2
1988	222	122	445	49,8	-148,90	-55	-5	44,8	57,7
1989	153	205	503	30,4	-65,50	-24	-2	28,4	40,5
1990	190	324	549	34,6	53,80	20	2	36,6	49,1
1991	339	226	683	49,6	-44,50	-16	-2	47,6	60,6
1992	160	163	381	41,9	-108,00	-40	-4	37,9	50,4
1993	152	214	379	40,1	-56,40	-21	-2	38,1	50,6
1994	98	323	434	22,5	52,50	19	2	24,5	36,4
1995	76	316	498	15,3	45,80	17	2	17,3	28,9
1996	258	323	706	36,5	52,60	19	2	38,5	51,0
1997	103	241	522	19,7	-29,60	-11	-1	18,7	30,4
1998	165	315	556	29,7	44,80	17	2	31,7	43,9
1999	86	244	358	24,0	-26,30	-10	-1	23,0	34,9
2000	122	273	431	28,2	2,20	1	0	28,2	40,3
2001	186	386	643	28,9	115,00	43	4	32,9	45,2
2002	176	267	604	29,1	-3,10	-1	0	29,1	41,2
2003	139	409	605	22,9	138,30	51	5	27,9	40,0
	P''m=	270,50	548						48,4

B-824 Mercadal Monte Toro (Menorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	173	216	478	36,2	-78,23	-27	-3	33,2	45,5
1976	219	414	736	29,8	119,57	41	4	33,8	46,1
1977	243	329	792	30,6	34,70	12	1	31,6	43,9
1978	384	250	736	52,2	-44,83	-15	-1	51,2	64,3
1979	197	498	767	25,7	203,87	69	13	38,7	51,2
1980	209	280	596	35,1	-14,33	-5	0	35,1	47,5
1981	231	146	436	52,9	-148,33	-50	-5	47,9	60,9
1982	176	323	544	32,3	28,37	10	1	33,3	45,6
1983	199	213	487	41,0	-81,53	-28	-3	38,0	50,5
1984	227	293	714	31,8	-1,53	-1	0	31,8	44,1
1985	232	450	811	28,6	155,57	53	7	35,6	48,0
1986	305	347	678	45,0	52,77	18	2	47,0	59,9
1987	330	242	644	51,3	-52,13	-18	-2	49,3	62,3
1988	203	189	528	38,4	-105,03	-36	-4	34,4	46,7
1989	158	183	445	35,6	-111,33	-38	-4	31,6	43,8
1990	166	327	540	30,7	32,07	11	1	31,7	43,9
1991	282	216	604	46,7	-78,43	-27	-3	43,7	56,5
1992	214	182	512	41,7	-112,23	-38	-4	37,7	50,2
1993	199	275	485	41,0	-19,93	-7	-1	40,0	52,6
1994	154	240	423	36,3	-54,06	-18	-2	34,3	46,7
1995	73	232	354	20,5	-62,00	-21	-2	18,5	30,1
1996	248	300	749	33,1	6,00	2	0	33,1	45,4
1997	73	158	311	23,5	-136,23	-46	-5	18,5	30,1
1998	135	343	531	25,4	48,50	16	2	27,4	39,5
1999	123	244	378	32,6	-50,80	-17	-2	30,6	42,8
2000	78	302	440	17,7	7,80	3	0	17,7	29,3
2001	214	469	800	26,7	174,27	59	7	33,7	46,0
2002	206	439	869	23,7	144,47	49	5	28,7	40,8
2003	312	438	864	36,1	143,11	49	5	41,1	53,8
	P''m=	294,4	595					MEDIA	47,2

B-802 Mahon Llumesanas (Menorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P' / P (%)	P'' - P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	262	300	727	36,1	11,07	4	0	36,1	48,5
1976	209	422	707	29,6	132,67	46	5	34,6	46,9
1977	169	337	721	23,4	47,47	16	2	25,4	37,4
1978	319	193	563	56,7	-96,03	-33	-3	53,7	67,0
1979	184	475	773	23,8	185,27	64	10	33,8	46,1
1980	297	264	631	47,1	-25,73	-9	-1	46,1	59,0
1981	250	139	428	58,3	-149,83	-52	-5	53,3	66,5
1982	199	320	572	34,9	30,37	11	1	35,9	48,3
1983	136	124	301	45,0	-165,03	-57	-7	38,0	50,6
1984	204	249	570	35,8	-40,53	-14	-1	34,8	47,2
1985	236	321	627	37,7	31,67	11	1	38,7	51,3
1986	247	282	557	44,3	-7,43	-3	0	44,3	57,2
1987	280	275	583	48,1	-14,33	-5	0	48,1	61,1
1988	225	131	438	51,3	-158,03	-55	-5	46,3	59,3
1989	164	180	505	32,5	-109,73	-38	-4	28,5	40,6
1990	170	331	528	32,2	41,27	14	1	33,2	45,5
1991	302	275	683	44,2	-14,73	-5	0	44,2	57,0
1992	177	140	378	46,6	-149,03	-52	-5	41,6	54,3
1993	189	232	441	42,8	-57,33	-20	-2	40,8	53,4
1994	127	372	512	24,8	82,67	29	3	27,8	39,9
1995	95	415	616	15,5	125,67	43	4	19,5	31,2
1996	324	339	837	38,7	50,13	17	2	40,7	53,4
1997	88	315	626	14,0	25,66	9	1	15,0	26,5
1998	211	337	626	33,7	47,77	17	2	35,7	48,1
1999	147	248	455	32,3	-41,68	-14	-1	31,3	43,6
2000	125	325	519	24,0	35,77	12	1	25,0	36,9
2001	191	289	560	34,1	-0,73	0	0	34,1	46,5
2002	196	294	666	29,5	5,11	2	0	29,5	41,6
2003	349	467	869	40,2	177,57	61	10	50,2	63,3
	P''m=	289,23	587					MEDIA	49,2

B-887 Alayor 'Torralba d'en Salort' (Menorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	248	246	657	37,8	-41,97	-15	-1	36,8	49,3
1976	210	328	667	31,5	39,63	14	1	32,5	44,8
1977	170	225	633	26,9	-62,77	-22	-2	24,9	36,8
1978	355	217	632	56,2	-70,77	-25	-2	54,2	67,5
1979	178	419	664	26,8	130,73	45	4	30,8	43,0
1980	296	231	591	50,0	-57,37	-20	-2	48,0	61,0
1981	203	137	369	55,1	-151,37	-53	-5	50,1	63,2
1982	192	346	572	33,5	57,63	20	2	35,5	48,0
1983	125	169	340	36,7	-118,87	-41	-4	32,7	45,0
1984	189	304	572	33,1	16,33	6	1	34,1	46,5
1985	277	384	756	36,6	96,23	33	3	39,6	52,2
1986	222	354	597	37,2	65,93	23	2	39,2	51,8
1987	316	266	612	51,6	-22,37	-8	-1	50,6	63,7
1988	279	206	554	50,3	-82,57	-29	-3	47,3	60,2
1989	135	246	463	29,2	-42,07	-15	-1	28,2	40,2
1990	182	409	643	28,2	120,93	42	4	32,2	44,5
1991	341	219	632	54,0	-69,17	-24	-2	52,0	65,1
1992	216	172	471	45,9	-115,77	-40	-5	40,9	53,6
1993	195	307	525	37,2	19,23	7	1	38,2	50,7
1994	125	329	470	26,6	40,43	14	1	27,6	39,7
1995	73	269	423	17,3	-19,07	-7	-1	16,3	27,9
1996	335	371	865	38,8	83,33	29	3	41,8	54,5
1997	95	236	424	22,4	-52,37	-18	-2	20,4	32,2
1998	199	336	592	33,6	47,43	16	2	35,6	48,1
1999	125	265	440	28,5	-23,17	-8	-1	27,5	39,5
2000	107	241	394	27,1	-47,57	-17	-2	25,1	37,1
2001	211	361	657	32,2	73,13	25	2	34,2	46,5
2002	197	340	706	27,9	51,73	18	2	29,9	42,0
2003	318	423	829	38,4	134,43	47	5	43,4	56,2
	P''m=	288,07	577					MEDIA	48,6

B-851 Ciadatella 'Faro Puerto' (Menorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	243	188	516	47,0	-104,23	-36	-3	44,0	56,8
1976	173	278	538	32,1	-14,53	-5	0	32,1	44,4
1977	254	314	759	33,5	21,57	7	0	33,5	45,8
1978	319	357	755	42,3	64,47	22	2	44,3	57,1
1979	230	383	682	33,8	90,87	31	3	36,8	49,2
1980	211	263	541	39,0	-29,13	-10	-1	38,0	50,6
1981	196	209	459	42,6	-82,93	-28	-3	39,6	52,3
1982	202	276	496	40,7	-15,83	-5	0	40,7	53,4
1983	117	140	301	39,0	-152,43	-52	-5	34,0	46,3
1984	202	240	563	35,9	-52,53	-18	-2	33,9	46,2
1985	331	300	722	45,8	7,87	3	0	45,8	58,7
1986	172	425	628	27,3	133,27	46	5	32,3	44,6
1987	369	307	739	49,8	14,57	5	0	49,8	62,9
1988	204	303	655	31,1	11,27	4	0	31,1	43,3
1989	146	119	315	46,3	-172,83	-59	-7	39,3	51,9
1990	146	342	528	27,8	49,37	17	2	29,8	41,9
1991	274	212	611	44,8	-80,23	-27	-3	41,8	54,5
1992	231	186	547	42,2	-106,33	-36	-4	38,2	50,8
1993	156	330	522	29,9	37,47	13	1	30,9	43,2
1994	106	273	388	27,2	-19,63	-7	-1	26,2	38,2
1995	83	312	468	17,7	19,87	7	1	18,7	30,3
1996	273	324	747	36,5	31,97	11	1	37,5	50,0
1997	87	271	482	18,0	-20,73	-7	-1	17,0	28,5
1998	137	353	561	24,4	60,97	21	2	26,4	38,4
1999	170	314	500	34,0	22,27	8	1	35,0	47,4
2000	79	345	534	14,8	52,57	18	2	16,8	28,3
2001	194	387	671	28,9	95,17	33	3	31,9	44,2
2002	186	344	730	25,5	52,17	18	2	27,5	39,5
2003	363	378	844	42,9	85,67	29	3	45,9	58,8
	P''m=	292,13	579					MEDIA	46,8

B-801 San Luis (Menorca)

AÑO	P' (mm)	P'' (mm)	P (mm)	P'/ P (%)	P''- P''m (mm)	(P''-P''m)/P''m (%)	K	P'/P (%) + K	Infil. (% P)
1975	250	298	709	35,2	12,64	4	0	35,2	47,6
1976	162	372	638	25,3	86,74	30	3	28,3	40,4
1977	141	260	621	22,7	-26,06	-9	-1	21,7	33,5
1978	263	207	513	51,4	-78,46	-27	-3	48,4	61,4
1979	136	348	611	22,2	62,84	22	-2	20,2	31,9
1980	265	203	517	51,3	-82,36	-29	-3	48,3	61,3
1981	203	139	406	49,9	-146,36	-51	-5	44,9	57,7
1982	172	353	549	31,3	67,34	24	2	33,3	45,6
1983	122	123	283	43,2	-162,96	-57	-7	36,2	48,7
1984	219	273	632	34,7	-12,46	-4	0	34,7	47,1
1985	248	415	745	33,3	129,34	45	4	37,3	49,8
1986	259	234	529	48,9	-51,36	-18	-2	46,9	59,9
1987	308	284	623	49,5	-1,16	0	0	49,5	62,5
1988	220	153	458	48,1	-132,86	-47	-5	43,1	55,9
1989	185	202	519	35,6	-83,46	-29	-3	32,6	44,8
1990	212	334	578	36,6	48,84	17	2	38,6	51,2
1991	312	274	673	46,3	-11,96	-4	0	46,3	59,2
1992	200	230	469	42,7	-55,08	-19	-2	40,7	53,4
1993	151	250	420	35,9	-36,06	-13	-1	34,9	47,3
1994	118	323	477	24,8	37,34	13	1	25,8	37,7
1995	88	363	563	15,6	77,54	27	3	18,6	30,2
1996	305	330	816	37,3	44,26	16	2	39,3	51,9
1997	91	339	634	14,3	53,24	19	2	16,3	27,8
1998	185	310	592	31,2	24,47	9	1	32,2	44,4
1999	147	358	555	26,6	72,62	25	2	28,6	40,7
2000	141	293	475	29,7	7,07	2	0	29,7	41,9
2001	186	348	624	29,7	62,54	22	2	31,7	44,0
2002	191	375	723	26,4	88,99	31	3	29,4	41,5
2003	290	290	754	38,4	4,72	2	0	38,4	51,0
	P''m=	285,6	576					MEDIA	47,3

CALCULO DE LA INFILTRACION EFICAZ, POR LA FORMULA EMPIRICA DE KESSLER.

Kessler, en 1967, propone un *método empírico* para calcular la infiltración, aplicándolo principalmente a una región cárstica de Hungría. El método se basa en que en las regiones templadas – con dos máximos pluviométricos al año – la infiltración anual depende fundamentalmente de las precipitaciones habidas en los cuatro primeros meses del año (Enero-Abril) y, también, aunque en menor grado, de la precipitación caída en los cuatro últimos meses del año anterior (Septiembre-Diciembre).

La manera de operar viene ilustrada en la Tabla IV, aplicada a los datos de la estación de "La Ermita".

1. Se calcula la relación P'/P en porcentaje,

siendo:

P' = Precipitación de los cuatro primeros meses del año.

P = Precipitación total del mismo año.

2. La anterior relación P'/P, corregida con el sumando ± K, se lleva a la curva empírica de la fig. 9, en la cual se lee directamente el valor de la infiltración en porcentaje para el año considerado.

Tabla IV
CALCULO DE LA INFILTRACION
ESTACION METEOROLOGICA "CABRA ERMITA"
METODO DE KESSLER

AÑO	P' precipitación en los meses de enero a abril mm	P'' precipitación en los meses de septiembre a diciembre mm	P precipitación total del año mm	Relación P'/P %	P' - P'' mm	P' - P'' en % con respecto a la media	K	P'/P ± K	Infiltración %
47-48	514,40	413,80	1.109,50	46,4	- 0,7	- 0,17	0	46,4	58
48-49	163,30	279,80	511,10	31,9	- 134,7	- 32,50	- 3	28,9	41
49-50	208,80	283,90	586,60	35,6	- 130,6	- 31,50	- 3	32,6	44
50-51	766,30	365,20	1.215,60	63,0	+ 49,3	+ 11,90	+ 1	62,0	75
51-52	331,10	431,00	958,10	34,6	+ 16,5	+ 3,90	0	34,6	46
52-53	158,10	430,90	606,50	26,0	+ 16,4	+ 3,90	0	26,0	36
53-54	471,50	272,00	800,60	58,9	- 142,5	- 34,30	- 3	55,9	69
54-55	601,60	334,80	978,50	61,5	- 79,7	- 19,20	- 2	59,5	72
55-56	618,00	498,40	1.144,30	54,0	+ 83,9	+ 20,20	+ 2	56,0	68
56-57	327,40	143,90	761,90	43,0	- 270,6	- 65,30	- 10	33,0	45
57-58	341,70	391,70	817,60	41,8	- 22,8	- 5,50	0	41,8	53
58-59	484,20	552,70	1.218,70	39,7	+ 138,2	+ 33,30	+ 3	42,7	55
59-60	1.042,70	529,70	1.607,70	64,8	+ 115,2	+ 27,80	+ 3	67,8	90
60-61	223,40	899,20	1.254,90	17,8	+ 484,7	+ 116,90	+ 15	32,8	45
61-62	570,50	545,30	1.211,40	47,1	+ 130,8	+ 31,50	+ 3	50,1	63
62-63	814,70	576,10	1.543,20	52,8	+ 161,6	+ 39,00	+ 4	56,8	69
63-64	468,50	668,60	1.167,00	40,1	+ 254,1	+ 61,30	+ 10	50,1	63
64-65	329,90	402,40	768,20	42,9	- 12,1	- 2,90	0	42,9	55
65-66	582,00	467,50	1.099,90	53,0	+ 53,0	+ 12,80	+ 1	54,0	65
66-67	295,40	279,10	644,10	45,9	- 135,4	- 32,70	- 3	42,9	55
67-68	367,90	241,90	651,30	56,5	- 172,7	- 41,70	- 4	52,5	65
68-69	657,80	459,80	1.189,70	55,3	+ 45,3	+ 10,90	+ 1	56,3	68
69-70	457,90	293,10	882,70	51,9	- 121,4	- 29,30	- 3	48,9	61
70-71	462,60	188,41	944,90	48,9	- 226,1	- 54,50	- 5	43,9	56

BIBLIOGRAFIA: Original: KESSLER, H. (1967). "Water balance investigations in the Karst regions of Hungary". Act. Coll. Dubrovnik, AIHS-UNESCO. *Ejemplo tomado de:* LOPEZ VERA, F. y SAIZ GARCIA-CUENCA, J. (1975). "Cálculo de la infiltración eficaz en materiales carstificados". Tecniterrae, 5. Madrid

GRAFICO % DE INFILTRACION
PRECIPITACION RELATIVA LO
CORREGIDA

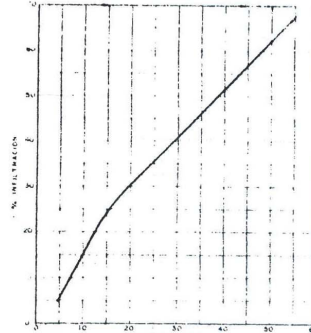


Tabla V

X	K
0-5	0
6-15	1
16-25	2
26-35	3
36-45	4
46-55	5
56-60	7
61-65	10
66-70	13
> 70	15

El sumando ± K se toma como positivo o negativo según sea la diferencia X

P' = PRECIPITACION DE LOS 4 PRIMEROS MESES DEL AÑO
P = PRECIPITACION TOTAL DEL MISMO AÑO
K = FACTOR DE CORRECCION

El valor del sumando ± K es el más laborioso de calcular, pues para leer su valor en la Tabla V, hay que calcular previamente el valor de X, definiendo éste valor como:

$$X = P'' - P''m,$$

y expresado en porcentaje con respecto a la media, siendo:

P'' = Precipitación de los cuatro últimos meses (Septiembre-Diciembre) del año anterior.

P''m = Media de los mismos meses, de una serie de años, que en el ejemplo es de 24.

Por este método se calcula la infiltración en porcentaje para los 24 años del ejemplo, Tabla IV, cuya media es de un 60 por ciento, valor totalmente coherente con los obtenidos por otros métodos.