

PROYECTO CICYT, HID 1999-0205

Salinización Asociada a la Precipitación y a las Aguas Subterráneas en distintas Áreas del Territorio Español Continental e Insular.

Ejecutor: IGME en coordinación con DIT/UPC

Investigador principal: Emilio Custodio (UPC)
Investigadores asociados: Loreto Fernández (IGME)
 Luis Moreno Merino (IGME)
 M^a. del Pilar de la Fuente (IGME)
 Itziar Vázquez (IGME)

Becario: Francisco J. Alcalá (UPC)

Informe interno nº 12

Título:

Aportación media anual de Cl por la escorrentía superficial y subsuperficial y su variabilidad interanual en el territorio peninsular e insular español

Fecha: Febrero 2005

<i>Autores:</i>	Francisco J. Alcalá Con la colaboración de Emilio Custodio	UPC UPC
-----------------	---	------------

Resumen:

Se ha recopilado información sobre el volumen anual de escorrentía y su contenido en Cl para determinar el aporte de Cl por la escorrentía directa (superficial y subsuperficial) en el territorio español, como término del balance de Cl para calcular la recarga a acuíferos. Se han tomado los datos de volumen de escorrentía total media anual y de su coeficiente de variación del territorio español elaborados por el CEDEX para aproximar, en función a la cota topográfica y las fracciones de escorrentía medidas en algunos hidrogramas, un volumen medio y una desviación tipo orientativa del volumen de escorrentía directa. Son escasos los datos de contenido de Cl del agua de escorrentía con un origen principal atmosférico. Para completar grandes áreas del territorio sin datos de concentración en Cl, se ha comparado el contenido de Cl de la escorrentía y de la deposición total atmosférica en iguales puntos geográficos, obteniendo una relación o factor de enriquecimiento del contenido de Cl de la escorrentía respecto al de la deposición. Aplicando este factor a los contenidos en Cl disponibles de la deposición total, se ha obtenido un mapa tentativo de contenido medio y de desviación interanual del contenido de Cl de la escorrentía. Comparando la concentración en Cl y el volumen anual de escorrentía directa en iguales posiciones geográficas del territorio español, se ha obtenido un mapa de aportación media de Cl por la escorrentía directa, A_E , y otro de su desviación tipo, e_{AE} . En la zona costera N y NW peninsular se observan valores de A_E entre 1 y 2 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ con $CV_{AE} \sim 0,10$, tendiendo a disminuir hacia el interior peninsular a valores de $\sim 0,05 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ con un gradiente tentativo de disminución de $\sim 0,01-0,02 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$. El resto de zonas costeras peninsulares muestran valores de A_E entre 0,25 y 1 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ con CV_{AE} entre 0,10 y 0,30 y gradientes de disminución hacia el interior menores entre 0,001 y 0,01 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$. A cotas bajas del centro peninsular los valores de A_E oscilan entre 0,02 y 0,05 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$, con CV_{AE} entre 0,40 y 1,00 y gradientes siempre inferiores a 0,001 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$. Se observa un cierto incremento de A_E con el aumento de cota topográfica en el interior peninsular, que genera gradientes algo mayores y valores de CV_{AE} algo inferiores. En las zonas insulares existe un claro componente radial de A_E , con valores que aumentan generalmente desde la costa hacia el interior, gradientes habituales de disminución superiores o en torno a 1 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ y valores de CV_{AE} próximos a 1,00. La distribución general de valores de A_E suele ser un orden de magnitud inferior a la tasa de deposición total de Cl obtenida en iguales posiciones geográficas. Los valores de CV_{AE} son generalmente algo inferiores, a excepción de los obtenidos en el SE peninsular.

1. INTRODUCCIÓN

Los métodos químicos ambientales para estimar la recarga por la precipitación se basan en el balance de un soluto conservativo, usualmente Cl, comparando la aportación por la lluvia con el contenido en el agua freática y agua de escorrentía (Eriksson y Khunakasem, 1969; Custodio y Llamas, 1983; Wood y Sanford, 1995; Iglesias *et al.*, 1996; Custodio, 1997). En régimen transitorio y en ausencia de aportes de Cl por el terreno o por actividades antrópicas, el agua subterránea freática recibe un flujo másico que coincide con la aportación por la lluvia, después de restar la escorrentía directa (superficial y subsuperficial) que exporta o importa (usualmente exporta) una cantidad de soluto fuera de la cuenca. Los cálculos se establecen para un periodo de tiempo suficientemente amplio en el que no tengan importancia los efectos de los periodos vecinos.

$$P \cdot C_p = I \cdot C_I + E \cdot C_E \quad [1]$$

donde P = aportación pluviométrica, mm; I = recarga, mm; E = escorrentía directa y subsuperficial, mm; C_P, C_I y C_E = concentración de ión Cl en la lluvia, en el agua de recarga y en la escorrentía directa, mg·L⁻¹. En zonas donde el flujo másico correspondiente a la escorrentía es relativamente pequeño, el balance queda como:

$$P \cdot C_p = I \cdot C_I \quad [2]$$

Los valores de P, I y E son los acumulados en el periodo o las medias en el mismo, y C_P, C_I y C_E son las concentraciones medias. Los productos P·C_P, I·C_I y E·C_E son las aportaciones en el periodo o bien las aportaciones medias según convenga.

Para completar los términos de la ecuación [1], con los que calcular la recarga a acuíferos en el territorio español, se presenta un estudio sobre la aportación de Cl por el agua de escorrentía superficial y subsuperficial y su variabilidad interanual en el territorio español peninsular e insular.

De forma habitual el término de aporte de Cl por la escorrentía suele despreciarse en el cálculo de la recarga a acuíferos, especialmente en zonas áridas donde la escorrentía anual puede ser inferior al 5% de la precipitación (Sami y Hughes, 1996; Bazuhair y Wood, 1996). En estas zonas este aporte no es nulo, aunque se suele considerar así para simplificar los cálculos de la recarga, ante la escasez habitual de datos y la escasa magnitud que suele presentar.

Para calcular el aporte de Cl por la escorrentía en un emplazamiento se requiere conocer el valor medio anual del volumen de escorrentía, su concentración media de Cl y la variabilidad interanual de ambos parámetros. La concentración medida de Cl debe tener un origen exclusivamente atmosférico y no debe incluir otras fuentes de Cl de origen natural o antrópico. El volumen de escorrentía no debe incluir la fracción de escorrentía subterránea. La incertidumbre de estimación de la aportación de Cl por la escorrentía a partir de series incompletas o con errores de

muestreo suele ser inferior a la variabilidad natural. Su cuantificación requiere realizar estudios específicos

Los diferentes tipos de incertidumbre asociados al aporte de CI por la escorrentía son similares a los que puede presentar cualquier otro término del balance de CI, o en general cualquier otro término de otros métodos de estimación de la recarga a acuíferos (Custodio, 1998). Los valores obtenidos de cada parámetro pueden incluir errores como el propio de medición que no han sido determinados.

2. ELEMENTOS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Cuando la precipitación consigue alcanzar la superficie del terreno se infiltra hasta saturar su nivel superior, después se comienzan a llenar las depresiones del terreno y al mismo tiempo el agua comienza a escurrir sobre la superficie. Una vez el agua llega a un cauce bien definido se convierte en corriente.

Una parte del agua de precipitación discurre por superficie y constituye escorrentía superficial; otra se infiltra y fluye cerca de la superficie del terreno y constituye posteriormente escorrentía subsuperficial, y otra se infiltra hasta el nivel freático constituyendo recarga en tránsito que posteriormente puede convertirse en escorrentía subterránea como descarga de acuíferos. Dentro de este esquema se ha de descontar la parte de agua que se pierde por evapotranspiración.

La escorrentía superficial es la más rápida en llegar a la salida de la cuenca al estar relacionada con una tormenta particular. La escorrentía subterránea llega de manera más lenta a la salida de la cuenca (desde semanas a años), y difícilmente se le puede relacionar con una tormenta particular; suele corresponder al caudal de un río cuando no hay lluvias y por eso se le denomina también como escorrentía de base.

Esta clasificación, aunque intuitiva, es arbitraria. El agua puede comenzar su desplazamiento hacia el cauce principal como flujo superficial e infiltrarse en el camino, pudiendo terminar como escorrentía subsuperficial o subterránea. A la inversa, la escorrentía subsuperficial puede aparecer en superficie si en su camino se encuentra con un substrato impermeable o existen irregularidades topográficas. Lo importante es la magnitud de cada tipo de escorrentía generada.

2.1. Mecanismos de formación de la escorrentía superficial

Las diversas variables ambientales que intervienen en la recarga, según las características físicas y climáticas de una zona, dan lugar a distintos mecanismos de formación de escorrentía superficial. Los dos más habituales son el de Horton y el de exceso de saturación.

2.1.1. Mecanismo de escorrentía de Horton o hortoniano

La teoría de Horton (1933) parte de tres premisas (Ward y Robinson, 1990):

- i. la superficie del terreno actúa como un plano completamente separado de la atmósfera (no existe ninguna zona de transición)
- ii. el terreno es homogéneo
- iii. la capacidad de infiltración puntual del terreno y la intensidad de precipitación permiten el cálculo directo de la escorrentía superficial. Esta observación no considera la dificultad de convertir medidas puntuales en una distribución areal de la variable.

En una zona de estas características, al inicio de un evento de precipitación todo el agua de lluvia se infiltra (Fig. 1a). La velocidad de infiltración (f) en esos momentos es relativamente elevada y corresponde a la tasa de infiltración inicial (f_0). Esta tasa disminuye progresivamente hasta llegar a una tasa mínima constante (f_c) que se mantiene durante todo el evento. La escorrentía se produce cuando la intensidad de la precipitación es mayor que la tasa de infiltración (Fig. 1b).

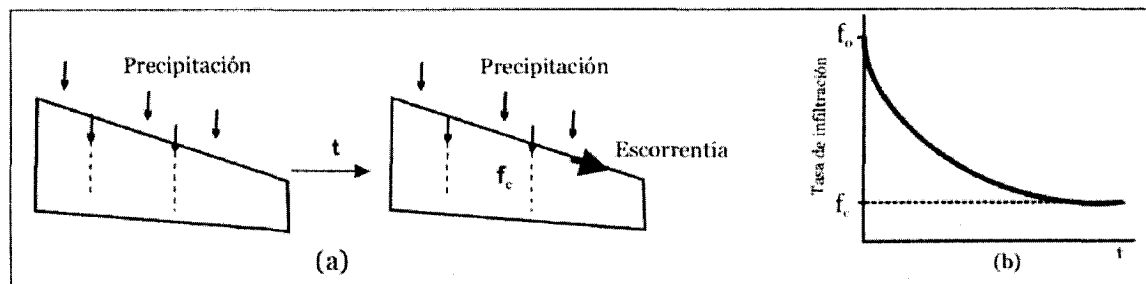


Figura 1.- a: esquema de generación hortoniano de la escorrentía . b: esquema de evolución de la tasa de infiltración; figura tomada de Ferrer i Julià (2003)

El mecanismo de escorrentía hortoniana conlleva de forma general un rápido aumento inicial y un posterior descenso del caudal en el hidrograma, dependiente de la variación espacial de la precipitación, las características del suelo y de su contenido inicial de humedad (Colosimo y Mendicino, 1996). Algunas zonas boscosas carecen de escorrentía superficial pero se observan picos en el hidrograma debido al flujo subsuperficial (Goudie *et al.*, 1990). El mecanismo hortoniano se suele dar en climas semiáridos o de régimen mediterráneo, donde:

- i. las precipitaciones se concentran en unos pocos días del año, aportando grandes cantidades de agua
- ii. hay suelos encostrados, muy compactos o con poca vegetación.

2.1.2. Mecanismo de escorrentía por exceso de saturación

Se produce cuando el suelo presenta un alto nivel de saturación de agua, bien debido a la existencia de flujo de agua subsuperficial (mecanismo de Dunne, 1978),

bien porque el nivel freático está muy elevado (Helwett, 1961). En ambos casos el suelo presenta escasa capacidad para absorber más agua de la que ya contiene cuando se produce precipitación, y se inicia escorrentía sin producirse apenas infiltración (Fig. 2). Las variables que más condicionan este tipo de escorrentía son la topografía y la profundidad del nivel freático (Colosimo y Mendicino, 1996).

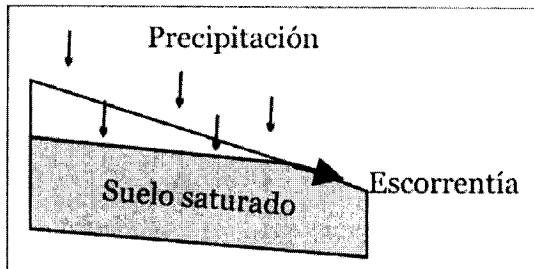


Figura 2.- Generación de escorrentía por exceso de saturación de agua en el suelo; esquema tomado de Ferrer i Julià (2003)

La formación de escorrentía por este mecanismo no se produce de forma generalizada en toda la cuenca, sino preferencialmente en ciertas áreas denominadas de contribución variable (Beven y Kirby, 1979), como son:

- áreas próximas a los cauces donde el nivel freático suele estar más próximo a la superficie y la escorrentía aumenta a medida que la precipitación continúa
- áreas de laderas en forma cóncava donde se acumula más rápidamente agua y se eleva el nivel freático
- áreas con suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua que rápidamente llegan al estado de saturación.

Este tipo de escorrentía se suele dar en:

- i. zonas de climas húmedos en los que el terreno está saturado debido a precipitaciones anteriores
- ii. zonas en las que el volumen de precipitación de un evento es suficiente para saturar el terreno.

2.2. Análisis de Hidrogramas

Un hidrograma es un gráfico que relaciona el gasto (volumen de escorrentía por unidad de tiempo) con el tiempo (Fig. 3).

La escorrentía producida por una sola tormenta genera un hidrograma unitario que incluye las siguientes partes (Fig. 3):

- A: punto de levantamiento, que define la zona donde sólo existe escorrentía subterránea y comienza a observarse un aumento de caudal asociado a un evento pluviométrico
- B: pico del hidrograma, que es el gasto máximo que se produce por la tormenta

- C: punto de inflexión, que es aproximadamente el momento en el que termina la lluvia sobre el terreno, y de aquí en adelante, la escorrentía es subterránea y subsuperficial
- D: final de la escorrentía directa, que es el punto a partir del cual la escorrentía vuelve a ser sólo de origen subterráneo
- t_p : tiempo de pico del hidrograma (tiempo que transcurre desde A a B)
- t_b : tiempo de base del hidrograma (tiempo que transcurre desde A a D)
- Rama ascendente, que es la parte del hidrograma que va desde A a B
- Rama descendente o de recesión, que es la parte del hidrograma que va desde B a D

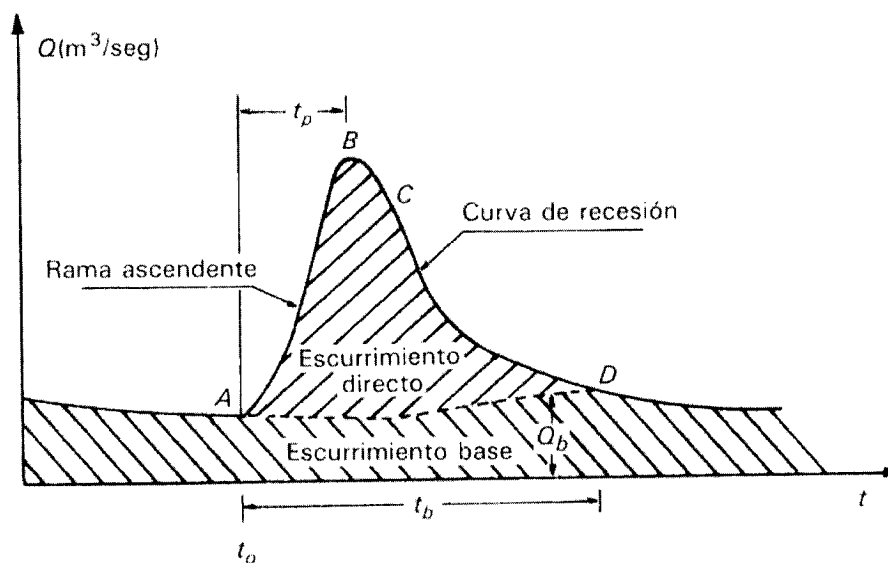


Figura 3.- Partes de un hidrograma; esquema tomado de Aparicio (1987)

El área bajo el hidrograma, definida como $\int_0^t Q dt$, es el volumen total escurrido; el área sobre la línea de separación entre el gasto base y el directo, definida como $\int_0^t (Q - Q_b) dt$, es el volumen de escorrentía directa o superficial.

Debido a que la escorrentía directa se asocia al evento de precipitación, casi siempre aporta un componente del gasto total en un hidrograma mucho mayor que el que genera la escorrentía base. Por otra parte, la escorrentía de base está formada normalmente por la aportación de varias tormentas que ocurrieron antes de la considerada o al aporte de agua subterránea, siendo muy difícil determinar la fracción de cada tipo de aporte. Ya que rara vez es posible conocer con precisión la evolución del nivel freático durante una tormenta y que el punto D de un hidrograma (Fig. 3) es generalmente difícil de distinguir, la tarea de separar el gasto base del directo no es sencilla.

Existen varios métodos para separar el gasto base del directo (Chow, 1993), aunque ninguno de los procedimientos habituales de separación de las fracciones de un hidrograma es completamente preciso. Generalmente se puede aceptar un error en la posición del punto D de una o dos veces la duración de la tormenta, pues el área bajo esta parte del hidrograma es, en general, solo un pequeño porcentaje del volumen total escurrido (Chow, 1993). En áreas mediterráneas con substrato geológico permeable la fracción de escorrentía subterránea suele ser la fracción mayoritaria.

Ante la diversidad de situaciones hidrológicas encontradas en el territorio español (diferentes tamaños de cuencas, usos del suelo, etc.), se ha optado por seleccionar datos bibliográficos cuyos estudios de separación de hidrogramas ofrezcan garantías para cuencas medianas y pequeñas, donde más sencilla es esta tarea y donde más datos se dispone.

3. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN Y CRITERIOS DE SELECCIÓN DE DATOS

Se ha buscado información de los dos parámetros que intervienen en el término de aportación de CI por el agua de escorrentía: volumen de escorrentía y su contenido en CI. La recopilación de series plurianuales de ambos parámetros proporciona un valor medio anual y una medida de la variabilidad natural de la aportación de CI por la escorrentía. La búsqueda de información pretende:

- i) disponer de suficientes valores del volumen de escorrentía directa espacialmente bien distribuidos en el territorio peninsular e insular español.
- ii) disponer de análisis químicos del agua de escorrentía directa, cuyo contenido en CI tenga un origen principal atmosférico, no incluyendo otras fuentes naturales o antrópicas de CI.

De ninguno de ambos tipos de datos se ha conseguido reunir suficiente información útil para calcular el aporte de CI por la escorrentía directa. Las causas son variadas, aunque se pueden sintetizar en dos principales:

- i) Son escasos los datos de escorrentía con un desglose de las fracciones que componen la escorrentía total. En la mayoría de zonas del territorio español, los datos de escorrentía directa son discontinuos en el tiempo o no coinciden con los lugares donde se dispone de datos útiles de concentración de CI.
- ii) El contenido en CI de la escorrentía total muestreado en estaciones de control de la calidad química de redes fluviales, suele incluir otras fuentes de CI diferentes a la que deriva de la deposición total atmosférica. El vertido a los cauces de aguas residuales e industriales tratadas constituyen aportes adicionales de CI de origen antrópico. El lavado o disolución de rocas evaporíticas constituye un ejemplo de aporte natural de CI. La presencia de CI externo al atmosférico reduce considerablemente el número de muestras útiles para el cálculo del aporte de CI por la escorrentía directa, principalmente en cuencas de gran tamaño, no así en cuencas reducidas.

3.1. Datos bibliográficos de volumen de escorrentía obtenidos mediante métodos de medición directa del caudal

En el territorio español existen numerosas estaciones de aforo instaladas en los cauces de los principales ríos que miden el caudal y toman periódicamente muestras para posteriores análisis químicos, pero son escasas las estaciones situadas en lugares donde existe escasa o nula interacción con el medio antrópico y donde el contenido de CI proceda casi en exclusividad del aporte atmosférico.

La medida continua de caudal de ríos y arroyos, y su posterior integración en un valor medio anual, como periodo de referencia habitual de un balance hidrológico, proporciona un valor final de escorrentía total media anual. La escorrentía total incluye una fracción de escorrentía subterránea que no debe incluirse en el término de escorrentía directa que interviene en el balance de CI, al producirse con posterioridad a los eventos de precipitación como descarga de acuíferos o corresponder en ocasiones al propio nivel freático del acuífero.

Los datos de volumen de escorrentía obtenidos a partir de medidas directas en estaciones de aforo proporcionan series más o menos continuas de datos de caudal integrados en hidrogramas más o menos completos. El número disponible es escaso para la realización de este estudio, presentan una mala distribución espacial y su interpretación en ocasiones es confusa. Por estos motivos se ha decidido no continuar con esta línea de búsqueda de información y recurrir a datos de volumen de escorrentía obtenidos mediante métodos de balance en el suelo.

3.2. Datos bibliográficos de volumen de escorrentía obtenidos mediante métodos de balance en el suelo

Los métodos de balance de agua en el suelo comparan la precipitación, estado de humedad del suelo, infiltración y evapotranspiración para obtener el volumen de agua que escurre por una unidad de superficie. Los cálculos se establecen para un periodo de tiempo suficientemente amplio. En ocasiones estos métodos pueden ser poco precisos, pero en general ofrecen un valor medio acertado y una medida de la incertidumbre natural de la variable y de su estimación (Samper, 1997).

Los estudios disponibles que usan este método se realizan en pequeñas cuencas o parcelas experimentales distantes entre sí, siendo difícil su correlación a escala del territorio español por problemas de representatividad temporal (diferentes periodos de estudio con diferente duración) y fiabilidad de resultados (diferentes métodos de cálculo). No obstante, la mayoría proporcionan un orden de magnitud del volumen de escorrentía producido que permite interpretar los resultados.

El CEDEX ha elaborado un mapa de escorrentía total media anual del territorio peninsular e insular español (MIMAN, 2000) a partir de la realización de

balances hídricos en el suelo (Fig. 4). Para ello ha dividido previamente el territorio español (peninsular e insular) en celdas de 1 km² y en cada una de ellas ha calculado el valor de escorrentía total como cierre del balance. Además de los valores medios de escorrentía, en MIMAN (2000) se incluye un mapa del coeficiente de variación (relación desviación estándar/media, dado en %) de la escorrentía total media anual en el territorio español (Fig. 5).

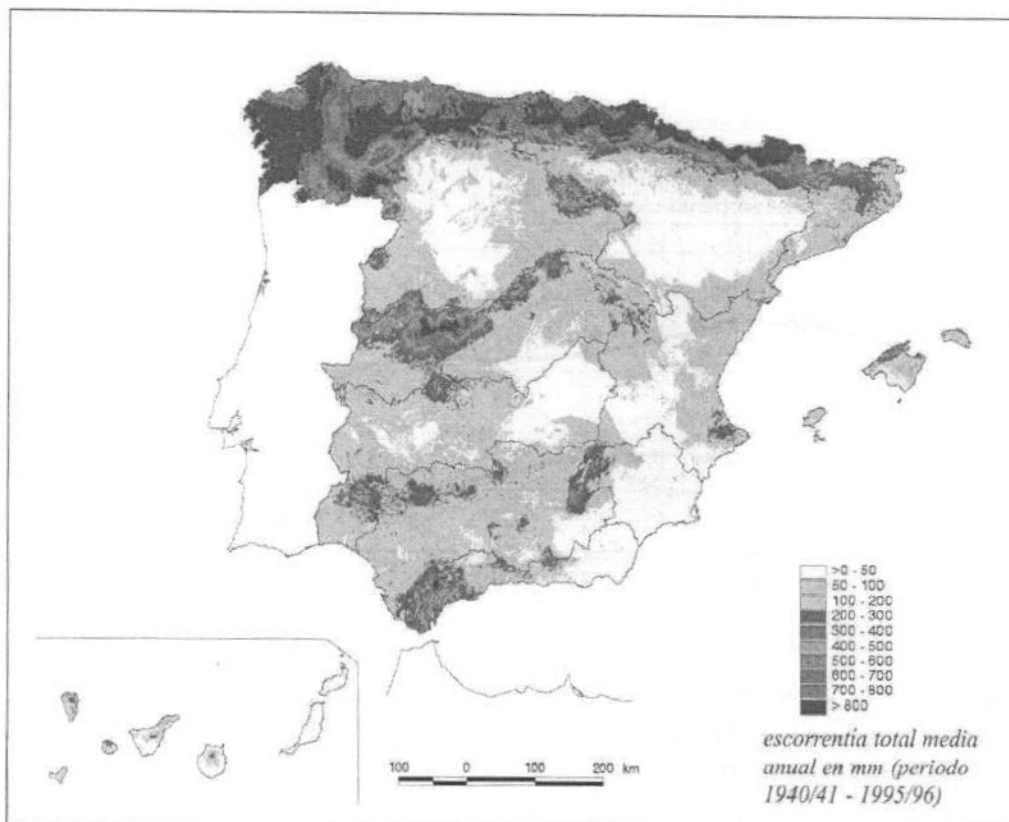


Figura 4.- Mapa de escorrentía total media anual en mm (período 1940/41-1995/96) en el territorio español tomado de MIMAN (2000)

Como se ha indicado, la escorrentía total incluye una fracción desconocida de escorrentía subterránea, por lo que su uso como mapa de escorrentía directa es únicamente posible en aquellas zonas del territorio donde la escorrentía total debe corresponder durante la mayor parte del tiempo y en su mayor parte (referido a volumen) a escorrentía superficial y subsuperficial. Es necesario que la escorrentía presente un comportamiento principalmente hortoniano donde:

- i) sean escasos o nulos los aportes de escorrentía subterránea a los cauces por existir un nivel freático profundo
- ii) exista un substrato suficientemente impermeable que limite la infiltración y en consecuencia la descarga posterior de agua subterránea
- iii) la escorrentía tienda a concentrarse en áreas deprimidas puntuales, etc.

- iv) el aporte de escorrentía subterránea se produzca fuera de la zona de balance (por ejemplo cerca de la costa o en zonas endorreicas por intersección del nivel freático con la red fluvial).

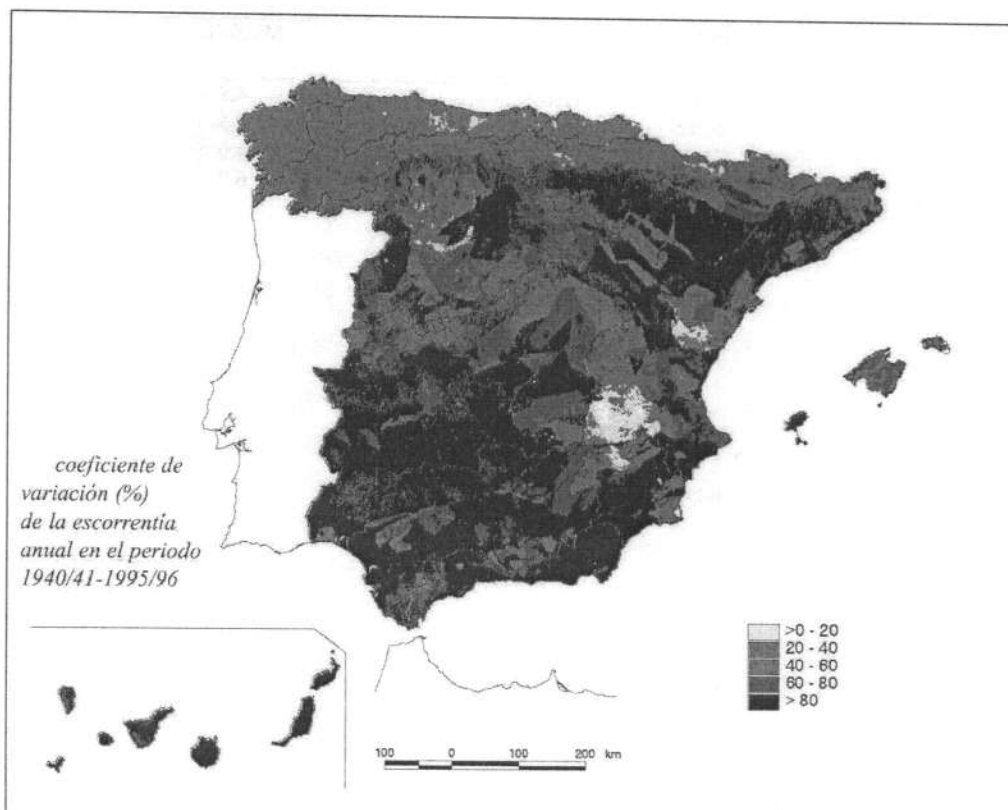


Figura 5.- Mapa de coeficiente de variación (%) de la escorrentía total anual (período 1940/41-1995/96) en el territorio español tomado de MIMAN (2000)

El uso de valores de escorrentía total como valores orientativos de escorrentía directa puede realizarse en:

- i. amplias zonas del S, SE y levante peninsular, y en la mayoría de zonas insulares, donde los niveles freáticos son en general profundos y existen condiciones climáticas que condicionan caudales fluviales nulos durante gran parte del año. Algunas zonas de la meseta o de altiplano también presentan igual comportamiento.
- ii. zonas peninsulares a cota relativamente elevada como para no estar afectadas de forma apreciable por el aporte de escorrentía subterránea. Son generalmente zonas de medianías y de cumbres que se sitúan por encima del nivel freático regional.
- iii. zonas con condicionantes litológico-estructurales especiales que limitan la escorrentía subterránea o bien limitan la escorrentía superficial, como sucede en ciertos terrenos metamórficos, ígneos, etc. con escasa fracturación o desarrollo edáfico.

En el resto del territorio, la mayor parte de la península y en especial la zona N, NE y SW, se requiere la utilización expresa de valores de escurrentía directa por estar asociadas a los siguientes condicionantes:

- i. valles de los principales ríos españoles
- ii. valles de arroyos y otros cauces menores a cota media y baja
- iii. zonas cercanas a áreas lagunares
- iv. relieves calcáreos o volcánicos fracturados
- v. zonas a cota baja o muy próximas a la costa
- vi. etc...

Como la búsqueda de información bibliográfica de datos de escurrentía superficial y subsuperficial no ha sido satisfactoria, se ha optado por utilizar los mapas de la Figura 4 y Figura 5 para obtener valores medios anuales aproximados de escurrentía directa y de su variabilidad interanual en el territorio peninsular e insular español. Esta aproximación ha considerado los aspectos antes mencionados para seleccionar aquellos valores de escurrentía donde son aptas las condiciones físicas, tal y como se ha hecho en otras zonas (Wood *et al.*, 1997).

3.3. Datos bibliográficos de contenido de Cl del agua de escurrentía

3.3.1. Criterios de selección de datos

Se ha realizado una búsqueda de datos de contenido de Cl del agua de escurrentía, estableciendo un conjunto de criterios para su selección (Fig. 6):

- i) Se han seleccionado principalmente puntos de muestreo con series temporales de datos de al menos 2 años. Cuando esto no ha sido posible, se han incluido datos puntuales pertenecientes a una o varias crecidas en arroyos que dan un valor orientativo del orden de magnitud del contenido en Cl pero no proporcionan información sobre la variabilidad temporal. Se han comparado las series temporales de análisis químicos seleccionados con datos de aforos de cursos fluviales mayores cercanos para asegurar que el muestreo corresponde a un momento en el que la escurrentía directa es mayoritaria dentro de la escurrentía total.
- ii) Se han seleccionado datos pertenecientes a pequeñas cuencas o parcelas experimentales, bien documentadas en su mayoría, donde se sabe que no existen aportes de Cl significativos diferentes al atmosférico. Las cuencas de grandes ríos suelen incorporar Cl de origen antrópico (por uso doméstico y/o industrial de halita) y/o natural por lavado de rocas evaporíticas, etc.
- iii) Se han descartado los análisis químicos de escurrentía que incluyen cantidades apreciables de NO_3 , PO_4 , etc., por entender que pueden estar afectadas por procesos antrópicos que modifican su salinidad original. No se han incluido muestras con contenidos altos de SO_4 cuando se sospecha que pueden derivar del lavado de rocas evaporíticas con una fracción variable de

halita. Los criterios utilizados para la selección de análisis químicos de muestras de agua de escorrentía son iguales a los seguidos para la selección de muestras de aguas de recarga no afectas en el territorio peninsular español. Los detalles pueden consultarse en Alcalá y Custodio (2004b).

iv) Se han eliminado aquellos valores de Cl excesivamente bajos o altos sin justificación aparente dentro de la serie temporal asociada a momentos durante los que se produce escorrentía superficial, ya que pueden deberse a posibles errores de determinación de Cl. Esta operación incluye la eliminación de uno o dos valores extremos de la serie, lo que no suele variar significativamente el valor medio o la variabilidad natural. Los errores de determinación de Cl que no han sido observados quedarán incluidos dentro de la variabilidad natural del contenido en Cl del agua de escorrentía. Como la medición de Cl no es dificultosa, salvo a concentraciones bajas en ocasiones comunes en la escorrentía, se admite como término medio un error inferior al 3 % para los datos restantes, según las técnicas habituales con las que se han determinado.

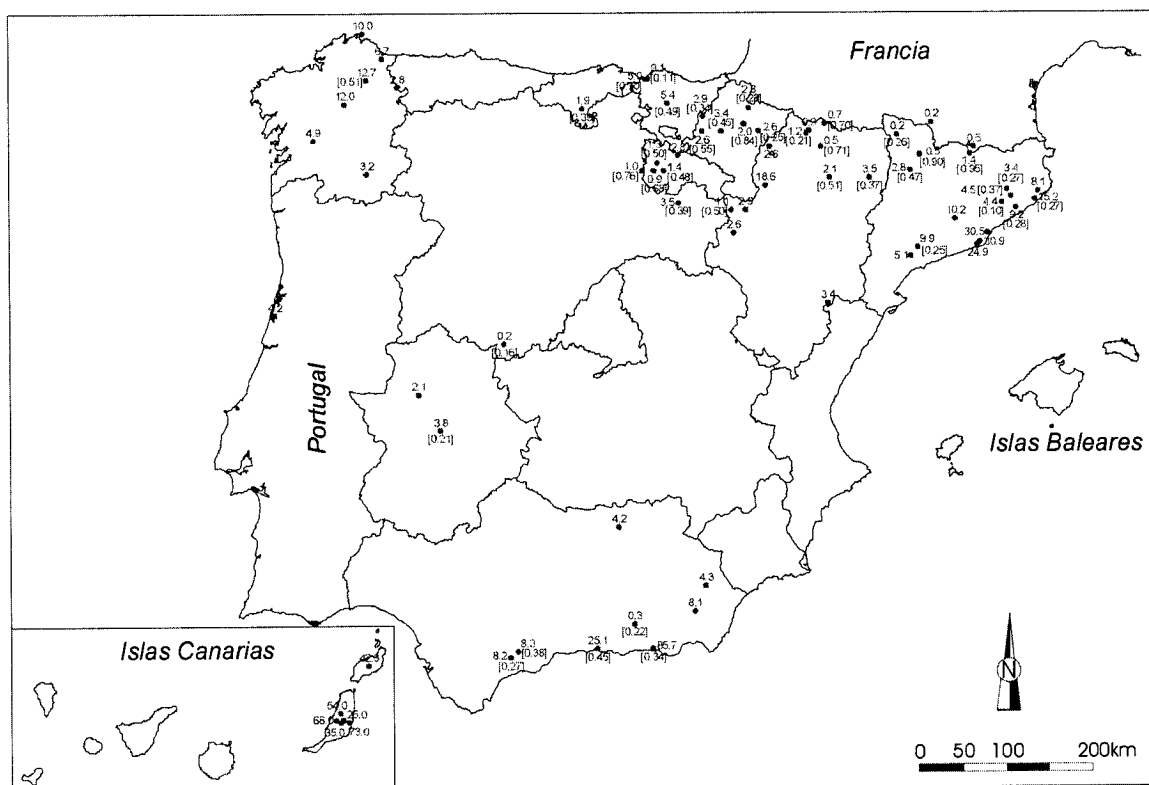


Figura 6.- Contenido medio anual de Cl en mg/L y su variabilidad interanual del agua de escorrentía directa en el territorio peninsular e insular español. El valor de variabilidad interanual está entre corchetes y viene dado como coeficiente de variación (relación desviación estándar/valor medio, adimensional)

La aplicación de todos estos criterios al conjunto de datos inicialmente disponibles en el territorio español, ha conducido a la selección de 71 puntos donde

se ha obtenido un valor medio del contenido de Cl del agua de escorrentía (Fig. 6). Sólo 39 de ellos incluyen información sobre la desviación tipo interanual del contenido de Cl (Fig. 6). La distribución espacial de puntos es heterogénea pero permite realizar comparaciones territoriales cualitativas entre ellos. Los análisis químicos seleccionados de aguas de escorrentía se han incluido en la Tabla 1 y en la Tabla 2 del Anexo I de este informe, indicando la localización geográfica y toponimia de los puntos de agua seleccionados. La Tabla 3 del Anexo I incluye los valores de desviación tipo y de coeficiente de variación del contenido en Cl de aquellos puntos que incluyen series plurianuales de análisis químicos de Cl.

3.3.2. Valores obtenidos

La escasez de datos útiles de contenido de Cl de la escorrentía es similar a la que describen otros autores que han realizado el cálculo de la recarga a acuíferos mediante balance de Cl en otros lugares del mundo (Wood y Sanford, 1995; Sumioka y Bauer, 2003). Esto obliga ocasionalmente a no incorporar directamente el término de aportación de Cl por la escorrentía dentro del balance de Cl, pudiendo aproximarlo o debiendo despreciarlo justificadamente.

La situación habitual en zonas áridas y semiáridas es que la escorrentía no suela superar el 5% de la precipitación anual (Sami y Hughes, 1996, Wood *et al.*, 1997), por lo que se suele obviar en ocasiones la aportación de Cl por la escorrentía en el balance de Cl, al no modificar substancialmente el valor de recarga calculado. En zonas húmedas en cambio, la exportación de Cl por la escorrentía es un término importante dentro del balance de Cl. Para su cálculo se suele medir el volumen de escorrentía mediante diversas técnicas. El contenido de Cl de la escorrentía en estas zonas se suele medir de forma discontinua o puede incluir otras fuentes no atmosféricas de Cl, lo que impide su caracterización apropiada y calcular correctamente después la variabilidad espacial y temporal del contenido de Cl de la escorrentía. Cuando se dispone de datos químicos de la lluvia se suele optar por comparar el contenido de Cl de la deposición total con el contenido medio de Cl del agua de escorrentía medido de forma más ocasional durante el mismo intervalo de estudio (Sumioka y Bauer, 2003; Prych, 1998). Posteriormente se relacionan ambos contenidos en Cl obteniendo un cierto factor de enriquecimiento igual o superior a 1 del contenido de Cl del agua de escorrentía respecto del que presenta la deposición total atmosférica. Para periodos cortos de estudio el factor puede ser inferior 1, lo que se asocia a que el periodo de observación es insuficiente para caracterizar correctamente ambos tipos de contenido de Cl.

Cuando existe escasez de datos de contenido en Cl de la escorrentía y de la deposición atmosférica se puede comparar el contenido de Cl de la escorrentía con el contenido de Cl del agua de recarga no modificada, obteniendo factores de conversión inferiores a 1 (Dettinger, 1989).

En general, estas aproximaciones surgen de la experimentación en cuencas de tamaño reducido (entre 0,1 y 10 km²), donde se conocen razonablemente bien, aunque en ocasiones no de forma numérica, el comportamiento de los parámetros implicados, obteniendo generalmente una buena estimación de la recarga. La variación del enriquecimiento de Cl en la escorrentía de cuencas situadas en diferentes ambientes climáticos, con distinto tamaño, usos del suelo, etc. respecto al contenido de Cl de la deposición atmosférica condiciona factores de enriquecimiento muy distintos entre cuencas cercanas (Asaf *et al.*, 2004). Mientras que en zonas áridas este factor suele ser variable entre 1 a 4, y excepcionalmente puede llegar a 8 (Maurer *et al.*, 1996; Dettinger, 1989), en zonas húmedas la relación entre el contenido de Cl de la escorrentía y de la deposición atmosférica suele ser sólo algo superior a 1. La variabilidad de los factores experimentales de enriquecimiento del contenido de Cl escorrentía y de la deposición está asociada a la variabilidad climática y ambiental existente entre las distintas zonas donde se proponen estas aproximaciones.

Algunos valores experimentales calculados en España son similares a los medidos en otras zonas del mundo con similares condiciones climáticas y ambientales. En zonas de montaña se observa $Cl_{esc} \sim Cl_{lluvia}$ (Camarero *et al.*, 2004); en zonas urbanas $Cl_{esc} = 2-3 \cdot Cl_{lluvia}$ (Vázquez, 2003); en zonas áridas $Cl_{esc} = 2-4 \cdot Cl_{lluvia}$ (Domingo *et al.*, 1994; Herrera y Custodio, 2003); en zonas húmedas del N y NW peninsular $Cl_{esc} = 1-2 \cdot Cl_{lluvia}$ (González-Arias *et al.*, 2000); y en zonas templadas de influencia mediterránea, $Cl_{esc} \sim 2 \cdot Cl_{lluvia}$ (Lambán y Custodio, 1997; Bernal, 2004).

3.3.3. Adaptación de valores de concentración de Cl de la deposición total atmosférica como valores de concentración de Cl de la escorrentía directa

Al disponer de escasos datos útiles de contenido de Cl del agua de escorrentía directa, y presentando estos una distribución espacial muy heterogénea, se ha decidido utilizar como valores aproximados los contenidos medios anuales de Cl de la deposición total atmosférica (Alcalá y Custodio, 2004a). Para ello, se ha calculado el factor de enriquecimiento de la concentración de Cl del agua de escorrentía que se produce respecto de la concentración de Cl de la deposición total atmosférica en aquellos lugares donde se dispone de ambos tipos de datos. Esto implica un error cuantificable en una gran parte del territorio español donde se dispone de ambos tipos de datos, que es desconocido en otra gran parte donde sólo se dispone de un tipo de ellos. Los errores derivan de:

- i) relacionar valores puntuales de concentración de Cl tomados en un pluviómetro (medida puntual) con valores de concentración de Cl del agua de escorrentía asociados al drenaje de una cuenca, parcela experimental, etc., que implican una mayor integración areal del contenido de Cl. La concentración de Cl medida en un punto de una cuenca constituye la suma ponderada de la cantidad de Cl aportada por la lluvia en distintos puntos de la

cuenca y de la deposición seca de Cl depositada con anterioridad al evento de precipitación. Ambos aportes varían dentro de una cuenca por estar relacionados con la altitud, grado de exposición, distancia al mar, etc. En general, para pequeñas cuencas (entre 0,1 y 5 km²) las diferencias suelen ser moderadas o escasas, pero para cuencas más grandes (entre 5 y 10 km²) con mayor grado de variabilidad del ambiente de deposición y en consecuencia una mayor heterogeneidad del contenido de Cl de la deposición total que sobre ella se produce, el error aumenta considerablemente por la posibilidad de concentración preferencial de flujo atmosférico de Cl, heterogeneidad del volumen de precipitación producida en la cuenca y mayor cantidad posible de escorrentía subterránea no medida que puede generarse. El diferente grado de exposición a estos aspectos da lugar a que la obtención del contenido de Cl del agua de escorrentía a partir del contenido de Cl de la deposición total pueda implicar un factor de enriquecimiento generalmente mayor de 2. Este fenómeno es más importante en zonas áridas y semiáridas, donde los episodios de precipitación suelen ser muy irregulares dentro de una cuenca y suele existir una deposición seca de Cl previa a la lluvia de magnitud variable y de distribución irregular.

- ii) El factor de tamaño de la cuenca en zonas de interior peninsular y en zonas a cota elevada suele ser poco importante, debido a la mayor homogeneidad de la concentración de Cl de la deposición total para periodos largos de observación. En zonas costeras, la mayor variabilidad espacial y altitudinal de la concentración de Cl de la deposición total hace que el factor de enriquecimiento presente valores dispares para zonas próximas que marcan fuertes gradientes. Las zonas llanas del interior presentan menor variabilidad natural pero al mismo tiempo presentan factores de enriquecimiento superiores a 2.
- iii) Además del tamaño de cuenca (área de drenaje) y la cercanía a la costa existe la posibilidad de aporte atmosférico de Cl diferente al marino que puede depositarse de forma preferencial en determinadas zonas de la cuenca dando lugar a que la concentración media anual de Cl del agua de escorrentía sea en ocasiones inferior a la que puede presentar la deposición total tomada cerca del foco emisor de Cl de origen no marino. La escasa representatividad temporal o la falta de idoneidad del punto de muestreo también puede generar factores de enriquecimiento inferiores a 1.

En general, estos aspectos y otros posibles condicionan la utilidad práctica del uso de valores de concentración de Cl de la deposición total atmosférica como valores orientativos de concentración de Cl del agua de escorrentía.

De forma cualitativa, suponiendo nulos los aportes externos de Cl (antrópicos y litológicos) al agua de escorrentía y considerando que los efectos de salinidad de la deposición atmosférica se deben reflejar de forma directa en la escorrentía, es posible suponer que la desviación tipo de los contenidos de Cl de la deposición total

y de la escorrentía debe ser similar en zonas a cota elevada, debiendo diferir en zonas a cota baja y cercanas a la costa, donde existe mayor radiación solar, mayor evaporación, y en consecuencia mayor reconcentración de Cl natural en el agua de escorrentía directa, y donde se produce mayor aportación seca de Cl que posteriormente es lavada por la escorrentía.

Algunos datos disponibles de concentración de Cl del agua de escorrentía y contenido de Cl de la deposición total, para un mismo emplazamiento en diferentes zonas sin afección antrópica o litológica significativa del territorio español, muestran una variación de entre ~ 0 y 50 % del contenido medio inicial de Cl de la deposición total, lo que implica factores de enriquecimiento que pueden oscilar entre 1 y 4. Estas cifras deberán considerarse con cautela puesto que los periodos de observación disponibles de la escorrentía y de la deposición total no suelen coincidir en el tiempo ni en la duración de muestreo. Los escasos valores disponibles muestran una relación razonablemente coherente con el ambiente de muestreo pero parcial para caracterizar correctamente todo el territorio español.

4. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE CLORURO DE LA DEPOSICIÓN TOTAL Y DE LA ESCORRENTÍA

La comparación de valores de Cl de la deposición total atmosférica con valores de Cl de la escorrentía directa, medidos ambos en un mismo emplazamiento y en diversas zonas del territorio español, ha permitido obtener valores probables del contenido medio de Cl del agua de escorrentía. Este cálculo ha establecido unos factores de enriquecimiento del contenido de Cl de la escorrentía respecto a los valores del contenido de Cl de la deposición total en zonas concretas del territorio español. En otras zonas sin información disponible, se pueden aplicar los factores de enriquecimiento obtenidos a partir de criterios de similitud del ambiente de muestreo, cota topográfica, etc.

Se ha representado en un mapa los valores medios disponibles de contenido de Cl de la escorrentía directa, $\overline{C_E}$, en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Fig. 6). En otro mapa se han incluido los valores medios disponibles de contenido de Cl de la deposición total, $\overline{C_D}$ (Fig. 7). La comparación de ambos contenidos de Cl se realiza como sigue:

$$f_c = \frac{\overline{C_E}}{\overline{C_D}} \quad [3]$$

donde f_c es el factor de enriquecimiento en tanto por uno del contenido medio de Cl de la escorrentía directa a partir de valores medios de la concentración de Cl de la deposición total atmosférica. La distribución espacial de f_c se muestra en la Figura 8. Los valores de f_c pueden ser cartografiados y posteriormente correlacionados espacialmente, ya que son característicos de amplias zonas del territorio. Se han incluido en la Tabla 1 del Anexo II los valores de f_c obtenidos.

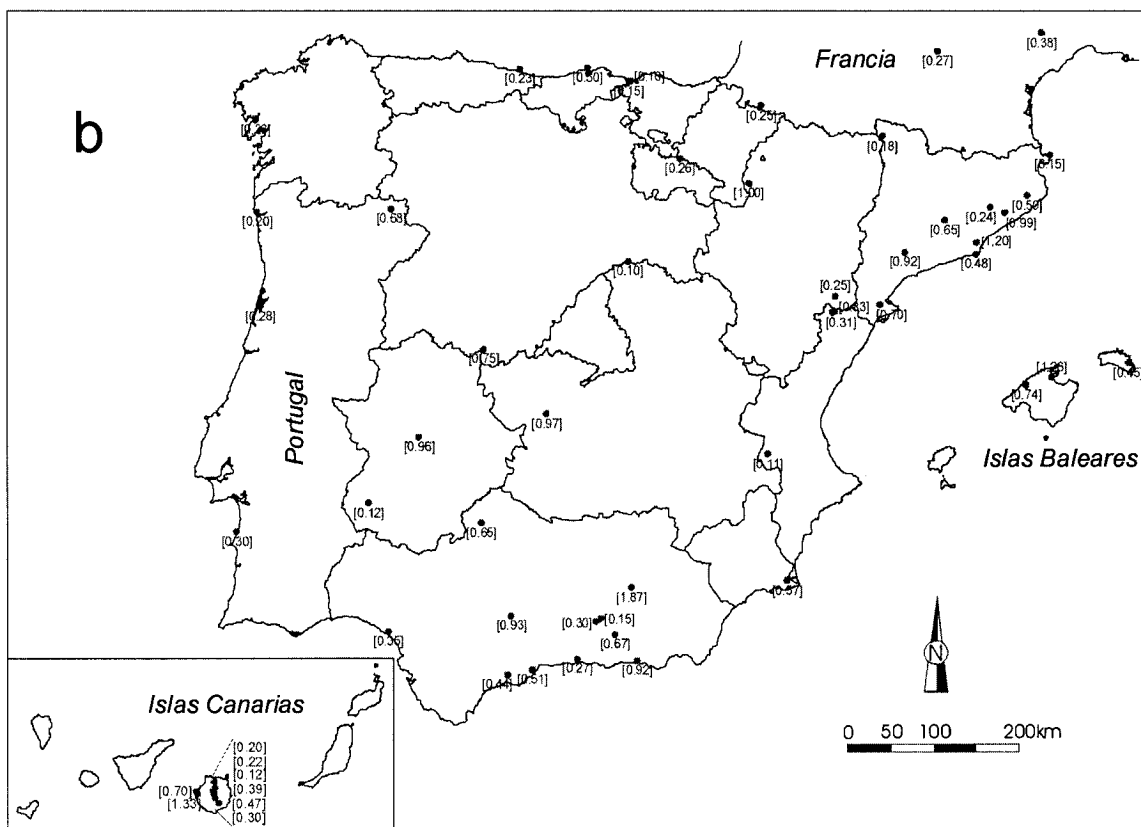
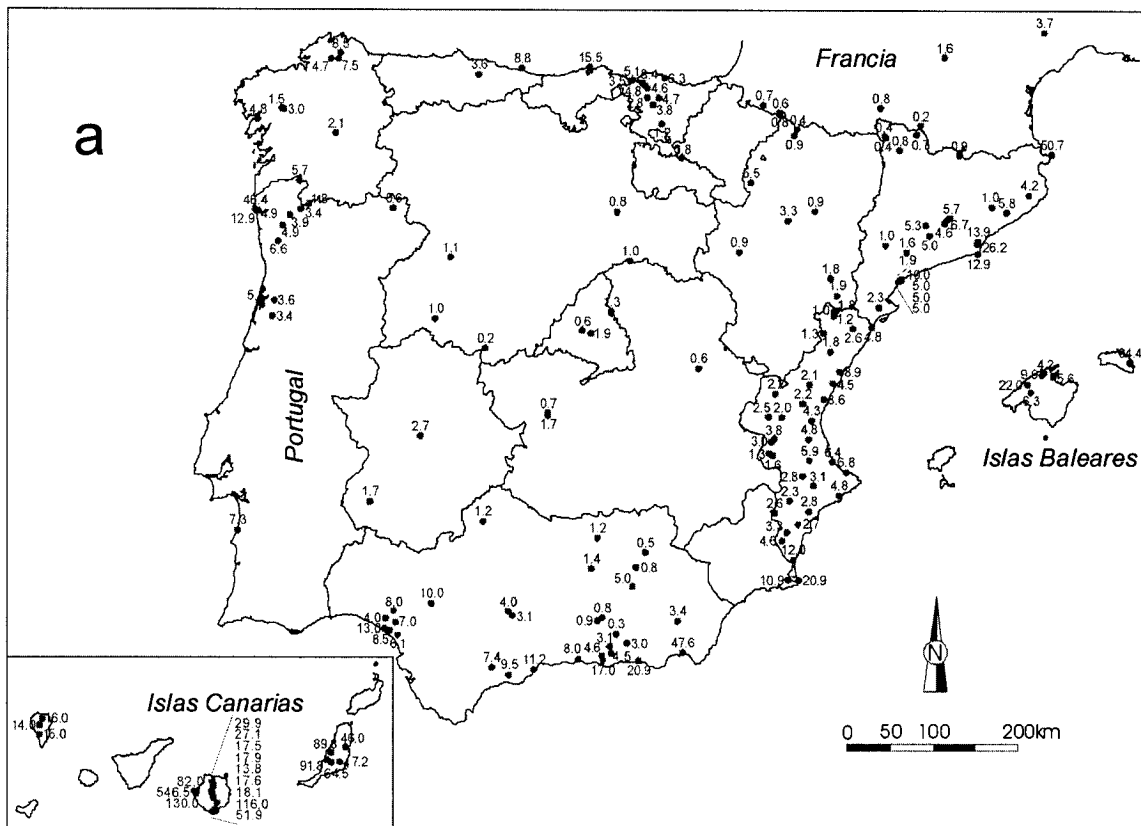


Figura 7.- a: contenido medio de Cl en mg/L de la deposición total atmosférica en el territorio español. b: variabilidad natural de la deposición total atmosférica en el territorio español, dada como coeficiente de variación (relación desviación estándar/valor medio, adimensional)

El uso de valores de CI de la deposición total como valores orientativos de CI de la escorrentía directa, implica conocer su variabilidad natural, que ha de ser corregida mediante un factor de conversión según los valores disponibles de coeficientes de variación del contenido de CI de la escorrentía. Sean CV_D y CV_E respectivamente los coeficientes de variación del contenido de CI de la deposición total atmosférica y de la escorrentía directa, dados ambos como la relación desviación estándar/valor medio:

$$f_E = \frac{CV_E}{CV_D} \quad [4]$$

donde f_E es el factor de conversión en tanto por uno de CV_E respecto a CV_D . La representación espacial de f_E aparece entre corchetes en la Figura 8. En la Tabla 2 del Anexo II se han incluido el conjunto de valores de f_E obtenidos.

Determinados los valores de f_C y f_E que se aplicarán respectivamente a los valores medios y al coeficiente de variación del contenido en CI de la deposición total atmosférica para obtener los contenidos medios orientativos de CI de la escorrentía directa y su variación interanual, se puede calcular un valor de desviación tipo orientativo del contenido de CI de la escorrentía con el que calcular la variabilidad interanual de la aportación de CI por la escorrentía.

Los contenidos medios de CI de la deposición total atmosférica convertidos a valores orientativos de concentración media de CI de la escorrentía directa se recogen en la Tabla 3 del Anexo II. En la Tabla 4 del Anexo II se recogen los valores del coeficiente de variación obtenidos de igual forma.

Los escasos valores disponibles de concentración media de CI del agua de escorrentía en la península muestran una distribución general radial con valores bajos en zonas llanas del interior (entre 1 y 4 mg/L) que disminuyen con el aumento de cota hasta valores inferiores a 0,5 mg/L. Los valores alcanzan varias decenas de mg/L en zonas costeras (Fig. 6). La distribución es similar al contenido medio de CI de la deposición total atmosférica, salvo pequeñas diferencias en algunas zonas de interior (Fig. 7), donde el drenaje de cuencas de cierto tamaño suele incorporar una mayor cantidad de lavado de deposición seca de CI y es también posible cierto aporte de escorrentía subterránea.

Los contenidos en CI de la deposición total y de la escorrentía son similares en la zona N y NW peninsular y presentan un factor de enriquecimiento habitual entre 1 y 1,5, mientras que en zonas costeras del S, E y SE peninsular este factor es muy variable entre 1,5 y 4. En las zonas costeras del NE peninsular el factor de enriquecimiento oscila entre 1 y 2. Los datos son muy escasos en el centro peninsular y a cota baja, habiendo obtenido factores de enriquecimiento entre 1 y 3, mientras que en la zona de cumbres de las principales cadenas montañosas los factores de enriquecimiento tienden a ser próximos a 1.

Las zonas insulares presentan muy pocos datos conjuntos de contenido en CI del agua de escorrentía directa y de la deposición total atmosférica. Los factores de

enriquecimiento medidos están entre 1 y 2, aunque se sospecha que estos pueden oscilar habitualmente entre valores en torno o superiores a 4 en la costa hasta 1 en el interior de las islas. En general se observa un control orográfico de ambos contenidos en CI, pudiendo ser relacionados los factores de enriquecimiento medidos con la cota topográfica y la distancia al mar.

5. APORTACIÓN MEDIA ANUAL DE CLORURO POR LA ESCORRENTÍA

Una vez determinados algunos valores de f_c , se han establecido unas zonas amplias del territorio español donde se han aplicado valores tentativos de f_c a los datos disponibles de CI de la deposición total. Los valores de f_c aplicados en zonas sin datos previos de CI de la escorrentía son meramente orientativos. En estos lugares se han aplicado factores de enriquecimiento similares a los obtenidos en otras zonas con similares condiciones ambientales de muestreo, cota topográfica, condición climática general, distancia al mar, etc.

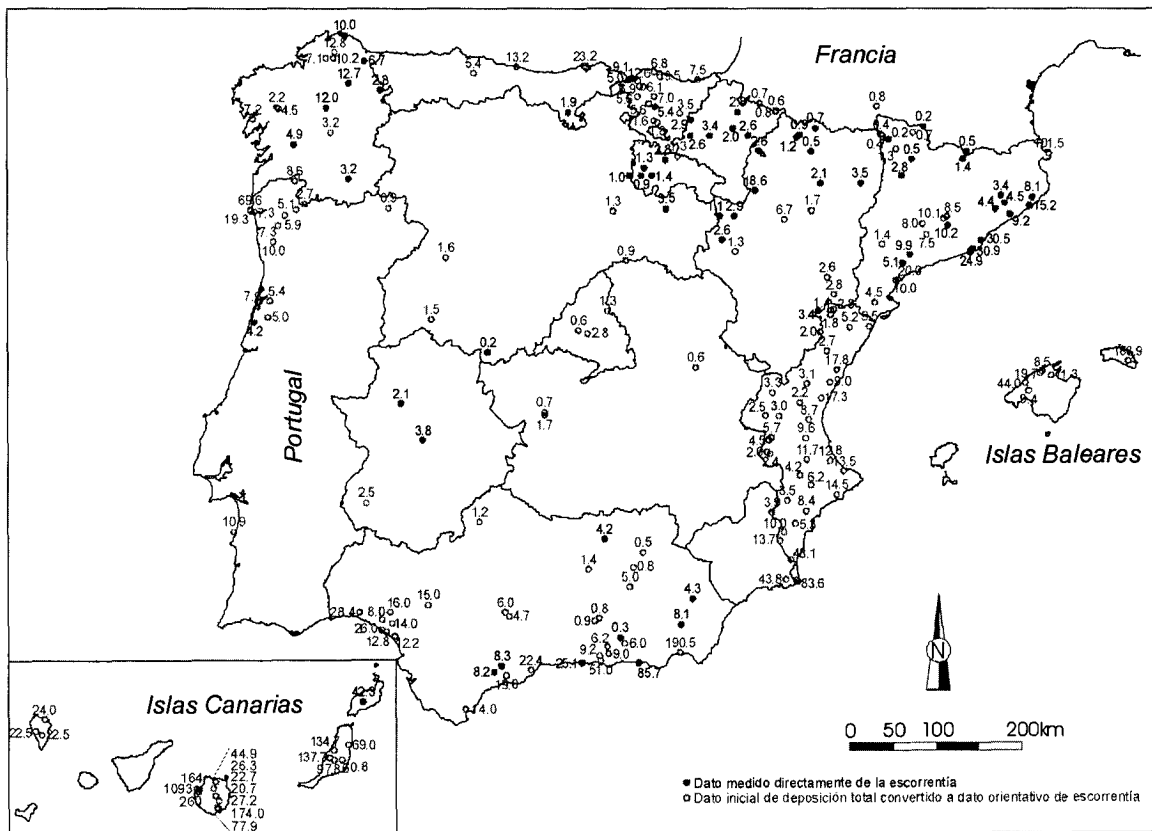


Figura 9.- Concentración media de Cl en mg/L del agua de escorrentía directa en el territorio español. Se especifica cuales son las concentraciones de Cl medidas directamente de la escorrentía y cuales son las concentraciones obtenidas a partir de aplicar factores de enriquecimiento en Cl a los contenidos de Cl disponibles de la deposición total

Después se han representado conjuntamente los contenidos de CI de la deposición total debidamente convertidos a contenidos de CI de la escorrentía, y los contenidos disponibles de CI de la escorrentía, obteniendo un mapa tentativo de la concentración media de CI de la escorrentía directa en el territorio español (Fig. 9).

Posteriormente se ha seleccionado del mapa de escorrentía total media anual elaborado por el CEDEX (MIMAN, 2000) todas aquellas celdas con un valor de escorrentía total situadas en similares posiciones geográficas a la de los datos disponibles de contenido de CI de la escorrentía (Fig. 10). Cada celda de 10 km incluye un valor de escorrentía total como cierre de balance hídrico en el suelo. Este volumen medio anual de escorrentía se relaciona con los contenidos medidos y aproximados de CI de la escorrentía para obtener la aportación de CI por la escorrentía. Se ha seleccionado un tamaño de celda de 10 km, debido a que este tamaño es similar a la superficie promedio de las cuencas hidrológicas en las que se ha obtenido el dato de CI de la escorrentía, y se adapta al número de datos disponibles de concentración de CI y a su distribución espacial.

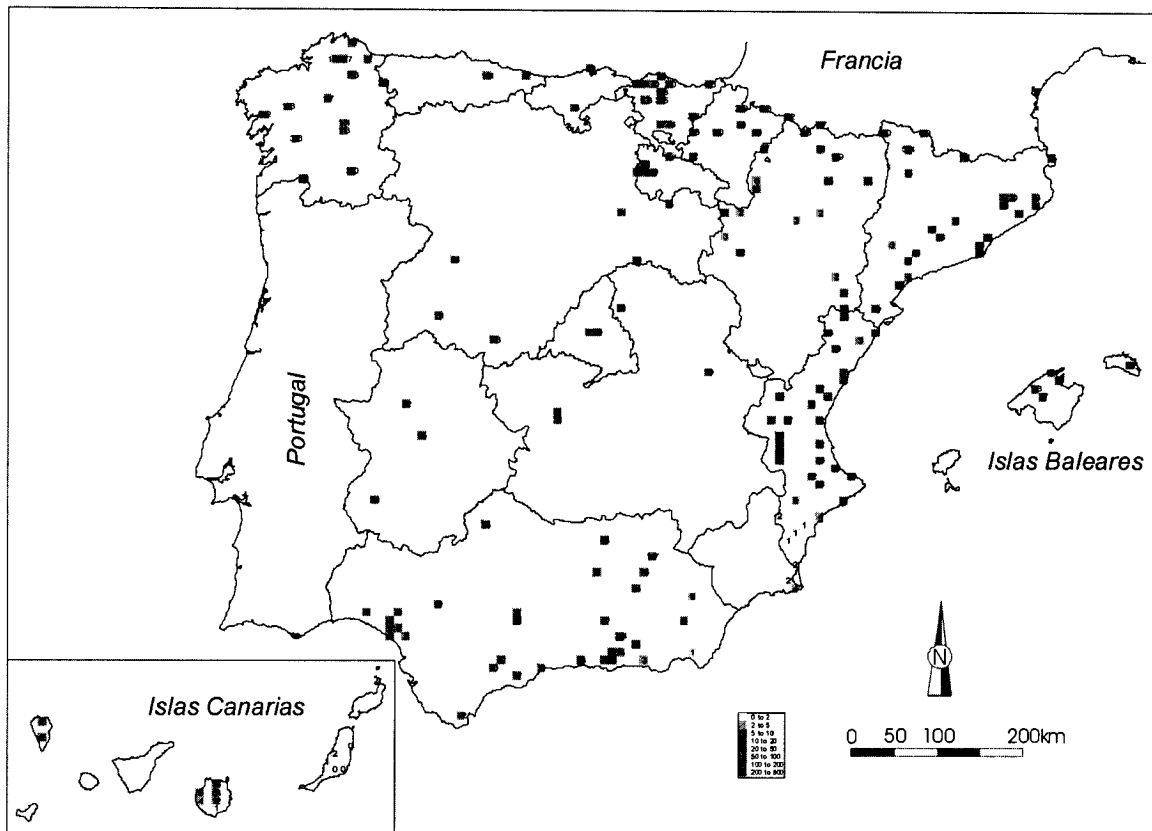


Figura 10.- Localización geográfica de los valores de volumen medio anual de escorrentía directa (en mm/año) obtenidos a partir de datos de volumen de escorrentía total. Los volúmenes corresponden al cierre de un balance hídrico en el suelo según una discretización del territorio español en celdas de 10 km de tamaño. La corrección orientativa de los valores iniciales de escorrentía total a valores probables de escorrentía directa ha consistido en aplicar un factor de reducción del 90 % a aquellos valores situados a cota baja, un 50 % a los valores a cota media y un 25 % a aquellos valores a cota alta

Debido a que los valores disponibles de volumen de escorrentía corresponden a escorrentía total, se ha elaborado un procedimiento para adaptar de forma cualitativa estos datos a valores probables de volumen de escorrentía directa (superficial y subsuperficial), según las diversas fracciones de escorrentía obtenidas en diversos hidrogramas disponibles de algunas cuencas hidrográficas situadas en diferentes posiciones geográficas y a diferente cota en el territorio español. Según estos datos, el volumen de escorrentía directa probable en zonas a cota baja con nivel freático regional poco profundo (cerca del mar, cerca de grandes ríos o cerca de zonas lagunares) oscila en torno al 10 % del volumen de escorrentía total, en zonas de medianías, la fracción de escorrentía subterránea suele oscilar en torno a un 50 % del volumen de escorrentía total, mientras que a cota elevada la escorrentía subterránea suele oscilar en torno al 25 % del volumen de escorrentía total. Se es consciente de que esta simplificación es arbitraria y no considera otros aspectos de importancia ya comentados a lo largo del informe. También es cierto que los hidrogramas disponibles con los que se ha establecido esta relación de fracciones de escorrentía son escasos y están mal distribuidos espacialmente. A pesar de ello, esta corrección de valores de escorrentía total a valores probables de escorrentía directa es orientativa del porcentaje habitual que constituye cada fracción de escorrentía en función a la cota topográfica en la mayor parte del territorio español. Se ha aplicado de forma lineal este criterio orientativo a los valores del volumen de escorrentía total disponibles en función a la cota topográfica, y se han representado los nuevos valores obtenidos de escorrentía directa orientativa en el mapa de la Figura 10. El conjunto de valores de escorrentía total convertidos a valores orientativos de escorrentía directa se recogen en la Tabla 1 del Anexo III.

La comparación del contenido de Cl de la escorrentía mostrado en la Figura 9 con los volúmenes probables de escorrentía directa representados en la Figura 10 permite obtener un conjunto de valores de aportación media anual de Cl del agua de escorrentía directa en el territorio español (Fig. 11). Estos valores se consideran únicamente orientativos del orden de magnitud. La aportación media anual, A_E , se obtiene como:

$$A_E = \overline{E} \cdot \overline{C_E} \quad [5]$$

donde \overline{E} es el volumen medio de escorrentía directa en $\text{mm} \cdot \text{año}^{-1}$, $\overline{C_E}$ es la concentración media de Cl de la escorrentía en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. El listado de valores de A_E aparece en la Tabla 1 del Anexo 4.

Conocidos los valores medios orientativos de A_E y siguiendo el mismo procedimiento anteriormente expuesto de discretización, se ha determinado la variabilidad natural de A_E a partir de la siguiente relación:

$$e_{A_E} = e_E \cdot e_{C_E} \quad [6]$$

donde e_{A_E} , e_E y e_{C_E} son respectivamente la desviación tipo interanual de la aportación de Cl por la escorrentía directa (en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$), del volumen de escorrentía (en $\text{mm}\cdot\text{año}^{-1}$) y de la concentración de Cl (en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Los valores de e_{C_E} , al igual que los valores de $\overline{C_E}$, se han obtenido a partir de series plurianuales de datos directos de concentración de Cl de la escorrentía y del contenido de Cl de la deposición total a los que se les ha aplicado un factor de enriquecimiento f_E .

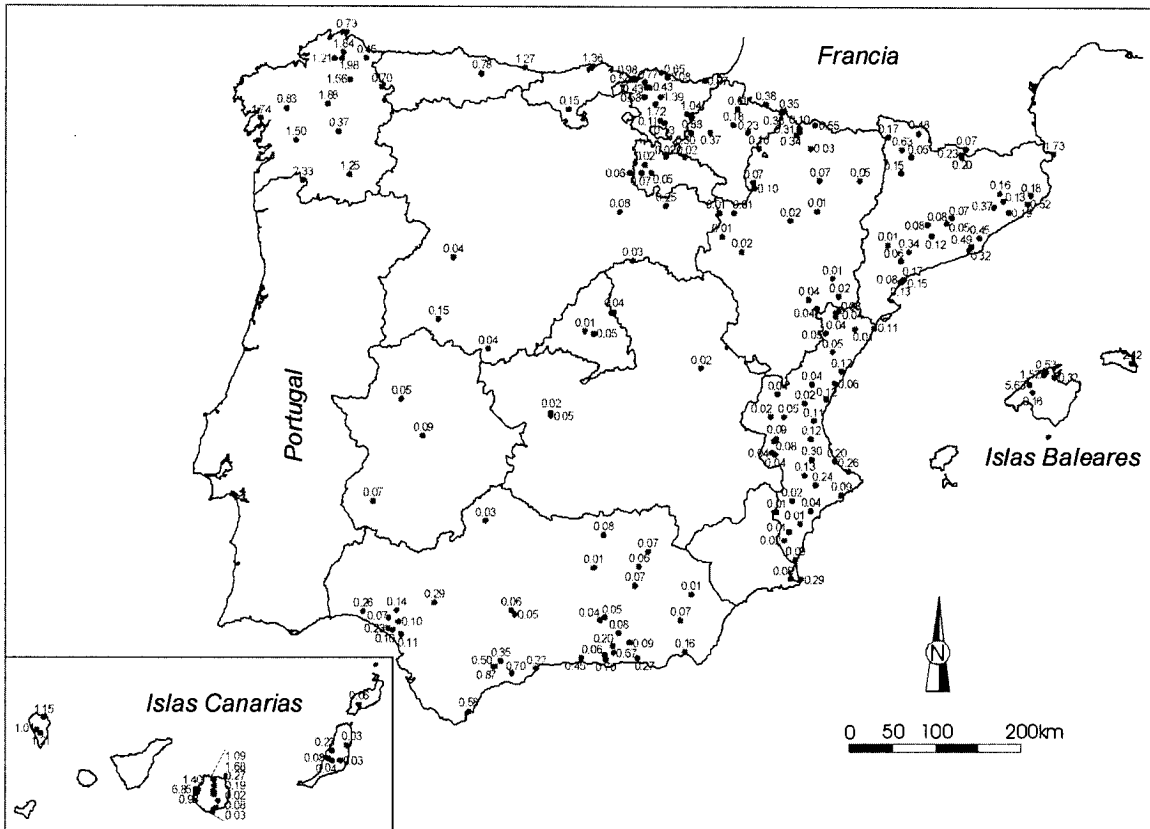


Figura 11.- Valores medios anuales de aportación de Cl por la escorrentía directa en el territorio español (en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$)

La conversión de los coeficientes de variación del contenido de Cl de la deposición total, CV_D , a valores orientativos de coeficiente de variación del contenido de Cl de la escorrentía directa, CV_E , permite conocer el porcentaje de reducción (valor de f_E) que se debe aplicar a CV_D para posteriormente obtener un valor de e_{C_E} . Se han aplicado los valores de f_E a los valores de CV_D de los contenidos en Cl de la deposición total medidos en lugares donde no existen datos de escorrentía, obteniendo valores orientativos de CV_E . Conocido en estos lugares el valor de $\overline{C_E}$ y aproximado el valor de CV_{C_E} se obtiene el valor de e_{C_E} como:

$$e_{C_E} = \overline{C_E} \cdot CV_{C_E} \quad [7]$$

La representación de $\overline{C_E}$ y de CV_{C_E} se realiza en la Figura 12.

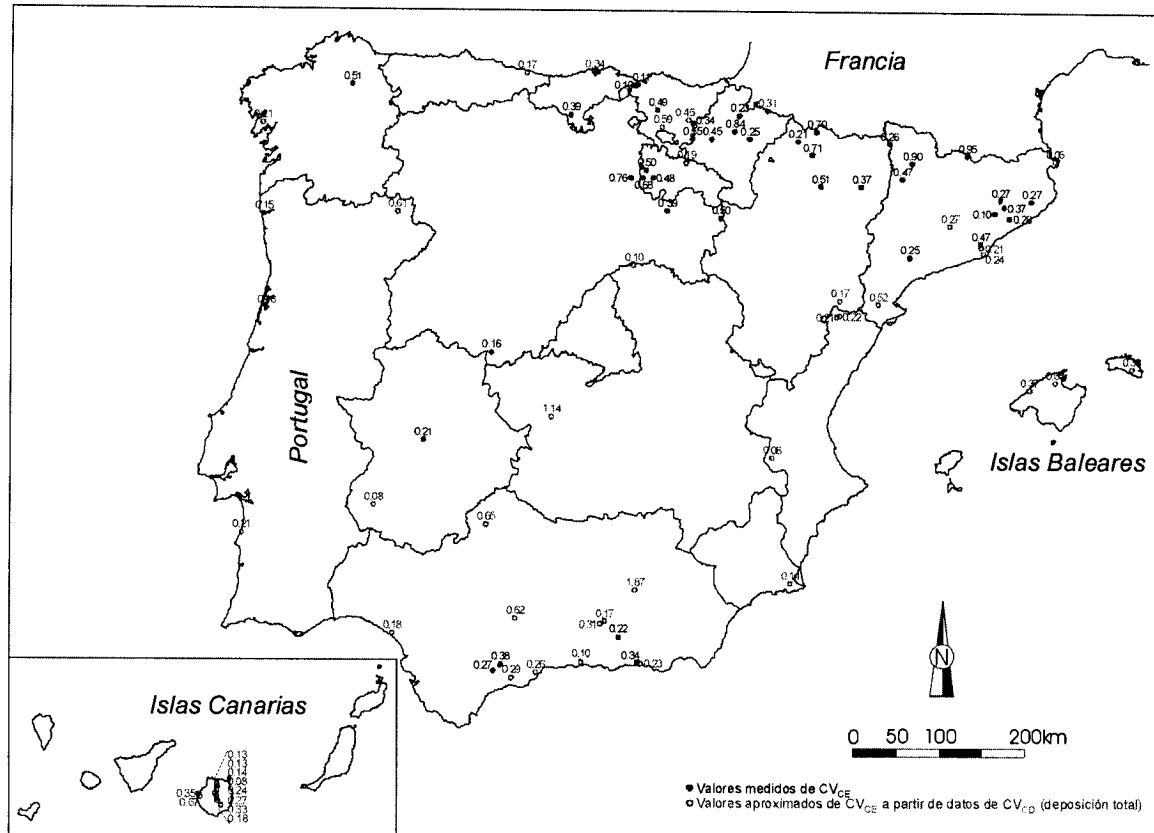


Figura 12.- Representación espacial de los valores disponibles medidos o aproximados del coeficiente de variación del contenido en CI de la escorrentía directa, CV_{C_E} , en el territorio español. Los valores viene dados en tanto por uno

Los valores de e_E utilizados para el cálculo de e_{A_E} se han seleccionado del mapa de coeficientes de variación del volumen de escorrentía total en el territorio español (Fig. 5). La discretización, al igual que para los valores de \overline{E} , se ha realizado en celdas de 10 km en iguales posiciones geográficas a los valores disponibles de CV_{C_E} con el mismo condicionante y objetivo.

Debido a la reducción porcentual realizada al volumen de escorrentía total para obtener el volumen probable que debe constituir la fracción de escorrentía directa, los valores del coeficiente de variación del volumen de escorrentía directa, CV_E , deben ser algo superiores a los inicialmente disponibles. Este aspecto que resulta del tratamiento numérico es coherente con el hecho de que la escorrentía directa presente una mayor estocasticidad que la escorrentía total debido a que se asocia casi en exclusividad a los eventos de precipitación que muestran mayor variabilidad temporal que la aportación de escorrentía subterránea. Los nuevos valores de CV_E se han representado gráficamente en la Figura 13. Conocido CV_E y

\bar{E} se puede obtener e_E a partir de la ecuación [7]. El conjunto de valores de coeficiente de variación del volumen de escorrentía directa se recogen en la Tabla 2 del Anexo III.

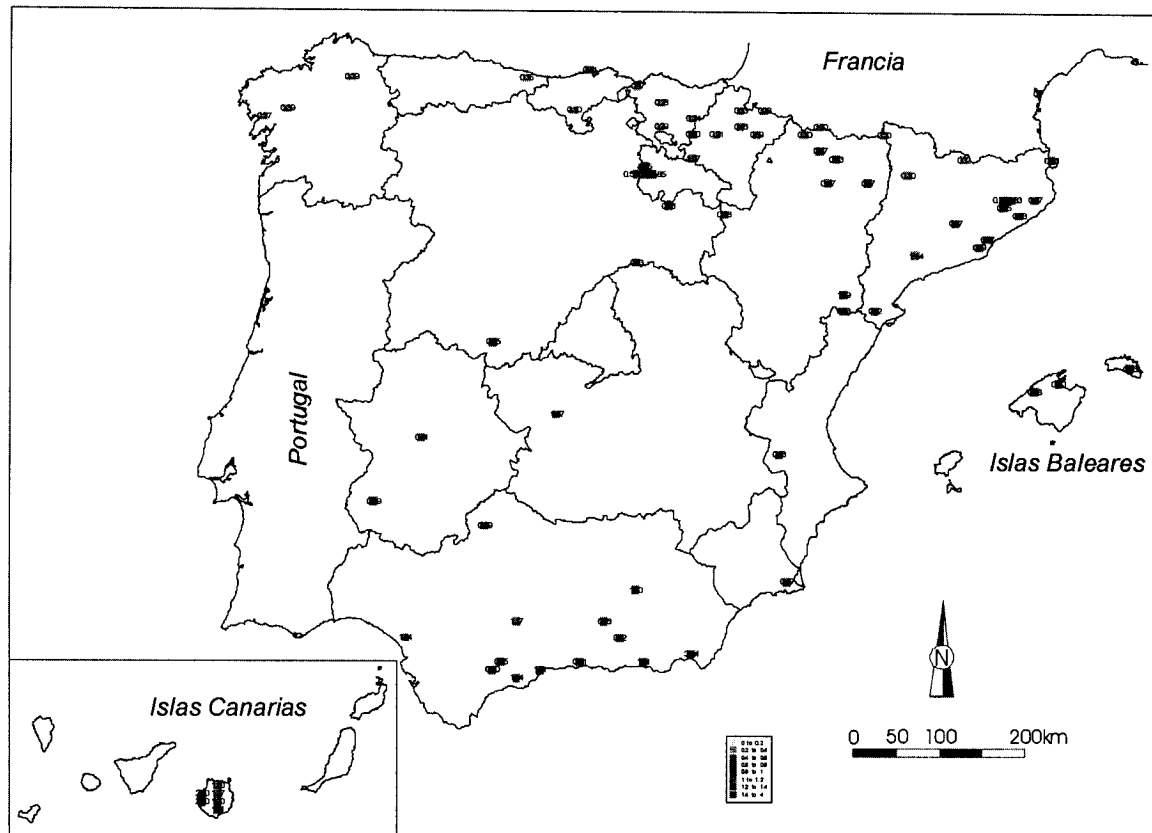


Figura 13.- Representación espacial de los valores seleccionados y posteriormente corregidos de CV_E , en función al valor medio de escorrentía directa obtenido a partir de la reducción realizada al volumen anual de escorrentía total y la aplicación de la desviación tipo de la escorrentía total

Conocidos los valores de CV_{C_E} (Fig. 12) y los valores de CV_E (Fig. 13) se han obtenido los valores de e_{C_E} y e_E a partir de la ecuación [7]. Con ambos se obtienen los valores de e_{A_E} a partir de la ecuación [6]. Los valores de e_{A_E} y de A_E permiten obtener el coeficiente de variación interanual de la aportación de CI por la escorrentía directa en el territorio español, CV_{A_E} , que es indicativo de la variabilidad interanual de los datos calculados de A_E . La representación espacial de los valores de CV_{A_E} se realiza en la Figura 14. El listado de valores de coeficiente de variación de A_E se recoge en la Tabla 2 del Anexo IV.

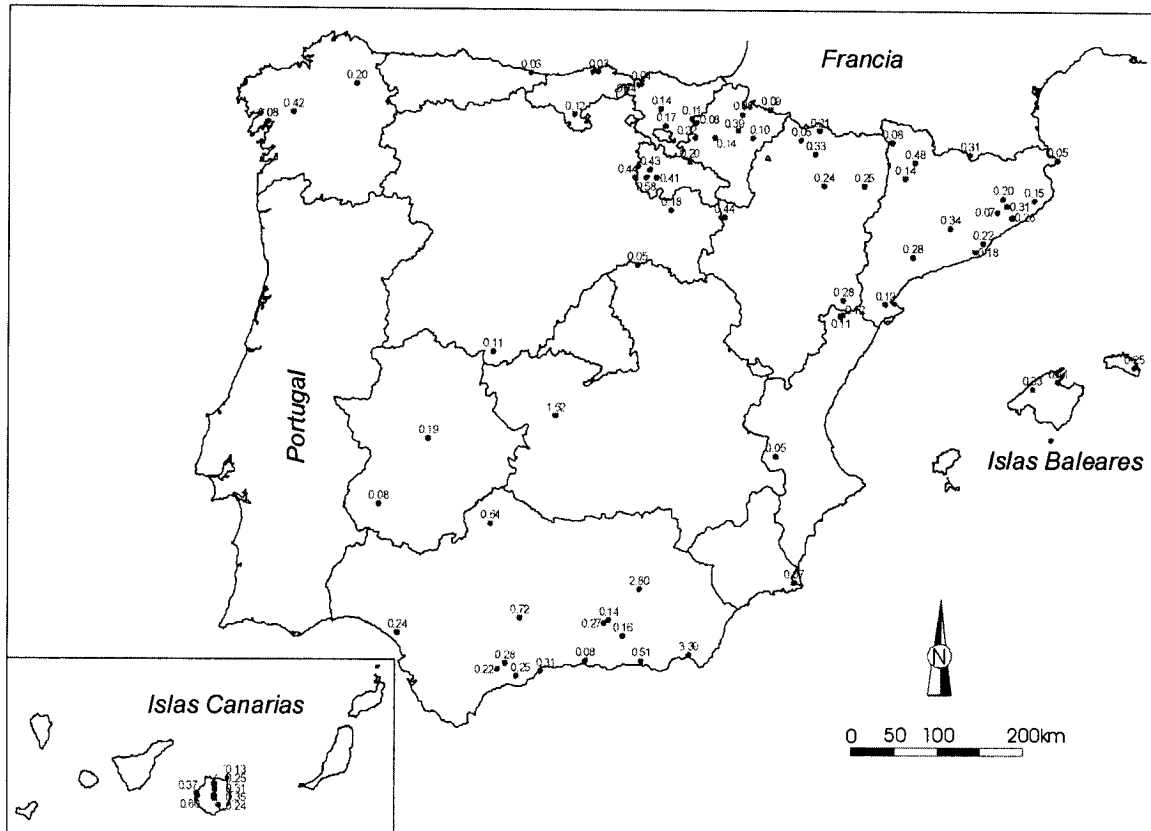


Figura 14.- Coeficiente de variación, CV_{A_E} , en tanto por uno de la aportación de CI por la escorrentía directa en el territorio español

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para obtener la aportación de CI por la escorrentía directa en el territorio peninsular e insular español se han recopilado datos de contenido en CI del agua de escorrentía en pequeñas cuencas durante momentos de crecida que aseguran que la muestra se asocia principalmente a la escorrentía superficial y subsuperficial y que el aporte de CI no atmosférico de origen natural o antrópico es mínimo o ausente.

Debido a que los datos de concentración de CI de la escorrentía directa son escasos para caracterizar su distribución en el territorio español, se han incorporado datos de concentración de CI de la deposición total atmosférica como datos orientativos de la concentración de CI de la escorrentía. Para ello se han comparado en iguales posiciones geográficas las concentraciones de CI de la escorrentía y de la deposición total y se ha obtenido un factor de enriquecimiento variable entre 1 y 4 que se ha interpolado siguiendo criterios cualitativos como el ambiente de muestreo, condición climática, topográfica, distancia al mar, etc.

El contenido en CI de la escorrentía directa en la península reproduce a grandes rasgos una distribución radial con disminución progresiva desde la costa hacia el interior, que genera importantes gradientes de disminución de la

concentración producto de una disminución progresiva del contenido en Cl del aerosol marino.

Los contenidos de Cl en la costa N y NW peninsular oscilan en torno a 10 mg/L, disminuyendo progresivamente hasta valores próximos a 1 e inferiores en las zonas de cumbres de las montañas periféricas del N y NW de la península. Los gradientes orientativos de disminución de la concentración de Cl oscilan entre 0,1 y 0,4 mg·L⁻¹·km⁻¹. Las concentraciones de Cl en la costa E, NE y SW peninsular oscilan entre 10 y 30 mg/L y muestran similares gradientes de disminución del contenido de Cl hacia el interior peninsular. En la costa S y SE son habituales concentraciones de Cl superiores a 50 mg/L, que puntualmente superan los 150 mg/L a causa de un efecto climático árido local asociado al aporte de Cl por la deposición seca atmosférica. Los gradientes de disminución del contenido de Cl hacia el interior peninsular son muy acusados, oscilando entre 1 y 4 mg·L⁻¹·km⁻¹.

En el centro peninsular, la concentración de Cl a cota baja oscila entre 1 y 2 mg/L, existiendo una disminución progresiva de esta conforme aumenta la cota hasta valores inferiores a 0,5 mg/L. Los gradientes son en general muy bajos y se cifran tentativamente entre 0,001 y 0,05 mg·L⁻¹·km⁻¹. Algunas zonas del interior peninsular presentan concentraciones medias de Cl ~ 5 mg/L o mayores, producto del aporte de Cl no marino incluido en la deposición total atmosférica que posteriormente se observa en la escorrentía. Es el caso de la cuenca del Ebro, cuenca del Tajo, etc.

En las islas Canarias se observa una clara disminución de valores de la concentración de Cl en función al aumento de cota topográfica y alejamiento de la costa, con valores a veces superiores a 1000 mg/L en la costa que disminuyen hasta valores de ~ 20 mg/L o inferiores en zonas de cumbres. En zonas de medianías y especialmente en islas de escaso relieve las concentraciones oscilan habitualmente entre 100 y 300 mg/L. Los gradientes de disminución desde la costa hacia el interior son muy altos y se cifran tentativamente entre 4 y 20 mg·L⁻¹·km⁻¹.

En las islas Baleares se observa igual situación de distribución de la concentración de Cl respecto de la cota topográfica, con valores en torno a 10 mg/L en la Serra de Tramuntana y el llano de Mallorca a valores de ~ 40 mg/L en la costa W y NW. El gradiente de disminución hacia el interior de la isla es muy variable entre 1 y 4 mg·L⁻¹·km⁻¹.

Los valores medios descritos de concentración de Cl presentan una variabilidad interanual que en unos casos se ha tomado directamente de series plurianuales de análisis químicos del agua de escorrentía y en otros casos a partir de la variación interanual del contenido de Cl de la deposición total. Al coeficiente de variación interanual del contenido de Cl de la deposición total también se le ha aplicado un factor de conversión comparándolo con el coeficiente de variación del contenido de Cl de la escorrentía en iguales posiciones geográficas. Los factores han variado entre 0,5 y 1, siendo 0,5 una condición habitual en zonas cercanas a la

costa y zonas de escasa cota topográfica del interior peninsular y 1 en aquellas zonas situadas a cota elevada y zonas de interior del N y NW peninsular.

En general los coeficientes de variación del contenido de CI de la escorrentía son algo inferiores a los que presenta el contenido de CI de la deposición total y varían entre 0,10 y 0,25 en zonas costeras, y en torno a 0,50 o superior en zonas de interior a cota baja. Ocasionalmente existen coeficientes de variación en torno o algo superiores a 1,00 en zonas montañosas. Los coeficientes de variación se deben considerar como únicamente orientativos de un orden de magnitud, debido principalmente a dos factores importantes:

- i) la transformación del contenido de CI de la escorrentía a partir del contenido a CI de la deposición total implica un error que no ha sido contrastado
- ii) la escasa representación temporal de los valores disponibles de escorrentía, en ocasiones en torno o algo inferiores a 3 años, no permite mostrar toda la variabilidad interanual de los valores disponibles y puede condicionar errores posteriores cuando se comparan con los datos de deposición total.

Los valores medios de concentración de CI de la escorrentía, tanto los medidos como los aproximados, y su desviación tipo se han comparado posteriormente con los valores medios y de desviación tipo orientativos del volumen de escorrentía directa anual en el territorio español. La escorrentía directa se ha obtenido a partir de la escorrentía total como una fracción variable en función a la cota topográfica.

A partir de unos pocos hidrogramas disponibles y algunos datos bibliográficos se ha observado que la escorrentía directa suele constituir en torno a un 5 y un 20% de la escorrentía total a cota baja, con un valor centrado en el 10%. A cota elevada (en zona de cumbres) la escorrentía directa es predominante y suele oscilar entre un 60 y un 100% con valores centrados en el entorno del 75%. Por tanto es visible a grandes rasgos el control topográfico sobre el volumen de escorrentía directa respecto del volumen disponible de escorrentía total. Se ha obtenido un factor de reducción lineal de la escorrentía total en función de la cota de 0,1 a 1 m.s.n.m a 0,75 a 3000 m.s.n.m. Los resultados proporcionan un orden de magnitud probable del volumen de escorrentía directa esperable dentro del volumen de escorrentía total. Algunos de los valores obtenidos se han comparado con datos bibliográficos y se observan desviaciones casi siempre inferiores al 30% a cota media y baja, que pueden alcanzar hasta el 50% a cota elevada debido a la mayor importancia relativa que tiene en estas zonas el substrato geológico respecto a su capacidad de infiltración o de escurrimiento superficial. En general los valores pueden considerarse dentro de un orden de magnitud, lo que permite su interpretación.

También se ha modificado el coeficiente de variación de la escorrentía directa, mantenido en este caso la desviación tipo de la escorrentía total, por lo que el coeficiente de variación ha tendido a aumentar. Este aumento refleja de forma coherente la mayor estocasticidad temporal de la escorrentía directa asociada a eventos de precipitación que presenta mayor variabilidad que la escorrentía total que

incluye una fracción variable de escorrentía subterránea de supuesta menor variabilidad temporal que reduce la variabilidad interanual en la escorrentía total.

Después se han comparado los valores medios de concentración de Cl de la escorrentía y los valores aproximados de volumen medio interanual de escorrentía directa. También se han comparado las desviaciones tipo interanuales de ambos parámetros. De esta forma se han obtenido en diversos puntos del territorio la aportación media anual de Cl del agua de escorrentía y su desviación interanual.

Se observa de forma general que la aportación de Cl por la escorrentía directa es un orden de magnitud inferior a la obtenida para la deposición total de Cl en el territorio peninsular. El cálculo de la recarga a acuíferos considerando el término de aportación de Cl por la escorrentía directa no modificará substancialmente los resultados, ya que reducirá el valor final de recarga en un 10% como término medio al que se obtendría comparando únicamente los términos de deposición total de Cl y contenido de Cl del agua de recarga.

La distribución general de valores de aportación de Cl por la escorrentía directa es similar a la que presenta la deposición total de Cl, aunque por término medio con un orden de magnitud inferior. No obstante, existen algunas diferencias, especialmente en aquellas zonas del interior a cota baja donde el volumen de escorrentía directa aproximado es muy bajo, o en zonas de interior a cota elevada donde éste ha sido algo sobrevalorado. Especialmente importantes son aquellas zonas donde existen materiales permeables a cota elevada, donde el volumen de escorrentía directa obtenido puede haber sido algo sobrevalorado, dando valores puntuales en torno a $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$, similares a los de deposición total de Cl (Fig. 15). Estas excepciones no modifican el comportamiento general.

La aportación media de Cl de la escorrentía, A_E , tiende a la disminución progresiva desde la costa hacia el interior peninsular, con valores habituales entre 1 y $2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ en la costa N y NW peninsular y gradientes tentativos de disminución de A_E entre 0,01 y $0,02 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ (Fig. 15). A_E oscila entre 0,5 y $1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ en el NE y S peninsular, con gradientes tentativos de disminución entre 0,001 y $0,02 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$. A_E varía entre 0,2 a $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ en el SE peninsular, con gradientes tentativos de disminución entre 0,001 y $0,01 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ (Fig. 15).

Hacia el interior peninsular se produce un gradiente de disminución de A_E hasta valores habituales en torno a $0,05 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$, con gradientes tentativos de variación en torno a $4\times 10^{-4} \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$. En la cuenca del Ebro y otras zonas del interior existen valores en torno o inferiores a $0,02 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$, producto de una baja escorrentía superficial (Fig. 15).

En las islas de mayor relieve del archipiélago canario se observa que existe una progresiva disminución de la aportación de Cl por la escorrentía desde la costa hacia el interior, siendo habitual pasar de valores de 1,5 a $0,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$. En las zonas sur de las islas de mayor relieve y en las islas de menor relieve la aportación es muy baja y en ocasiones de hasta dos órdenes de magnitud inferior a la deposición total de Cl, con valores de 0,03 a $0,10 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ (Fig. 15).

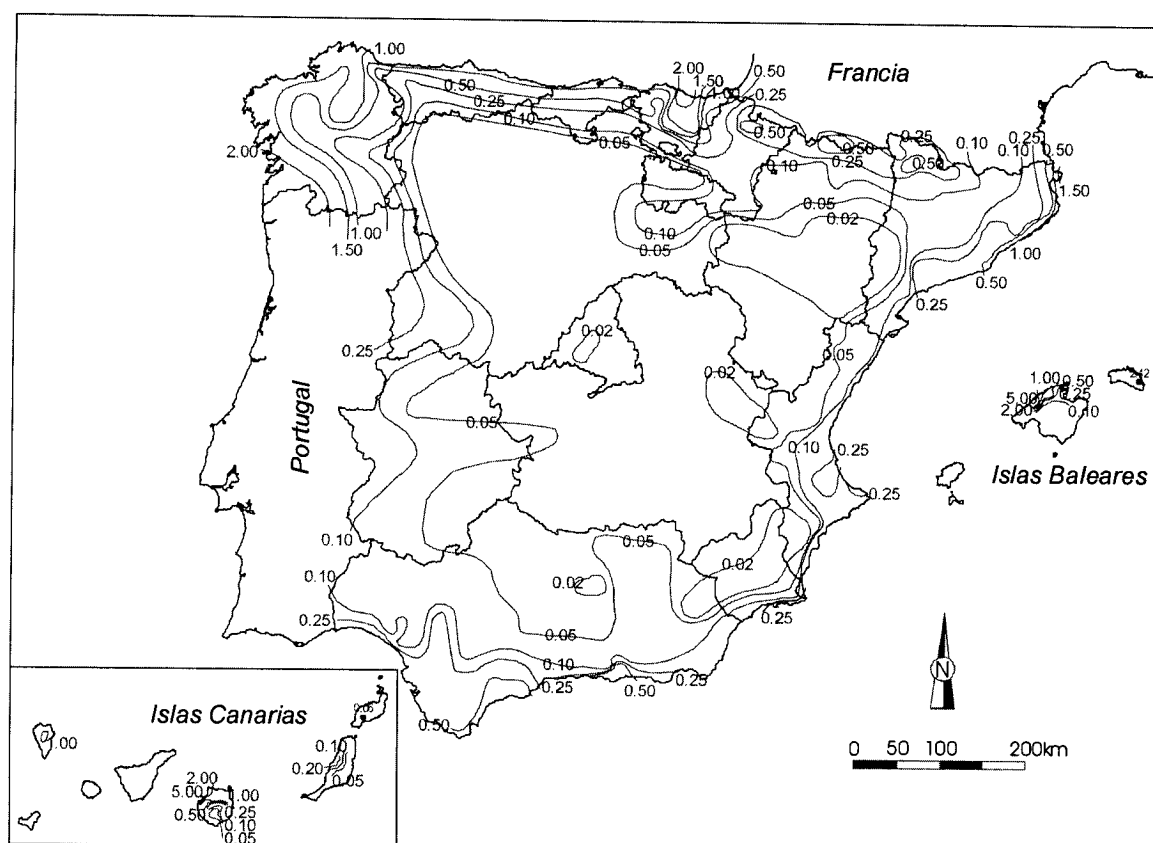


Figura 15.- Mapa preliminar de isovalores de aportación de CI por la escorrentía directa en el territorio español (valores en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$)

En las islas Baleares se observan valores de A_E superiores a $2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ en las zonas costeras del N y NW de Mallorca que pasan a valores de 0,10 a $0,50 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ en zonas de cumbres y del llano de la isla (Fig. 15).

La variabilidad interanual de A_E se ha representado a través de su coeficiente de variación interanual, CV_{AE} . CV_{AE} presenta una distribución muy heterogénea de valores, con una tendencia general al incremento desde la costa N y NW hacia el interior peninsular (Fig. 16). Los valores inferiores o en torno a 0,10 en la costa N y NW pasan hacia el interior a valores superiores a 0,20 e incluso de hasta 0,40, que posteriormente disminuyen a su vez a valores en torno a 0,10 en la meseta norte castellana. Inicialmente se genera un gradiente de aumento de $\sim 0,01 \text{ \%}\cdot\text{km}^{-1}$ y posteriormente un gradiente de disminución en torno a $0,002 \text{ \%}\cdot\text{km}^{-1}$. A partir de ahí se observa un incremento progresivo de CV_{AE} hacia el SE peninsular, que alcanza valores en torno y superiores a 1,00 en la meseta sur castellana y mayores a 2,00 en el SE peninsular, donde el gradiente supera el $0,02 \text{ \%}\cdot\text{km}^{-1}$. Estos valores tan altos de CV_{AE} se asocian a una alta variabilidad temporal del contenido de CI y una variabilidad temporal aun mayor del volumen de escorrentía directa. En la costa E y NE peninsular existe un incremento de CV_{AE} desde 0,10 en la costa hasta 0,20 y superior hacia el interior, con un gradiente tentativo de aumento hacia el interior

entre 0,003 a 0,01 $\% \cdot \text{km}^{-1}$. Las zonas interiores a cota elevada muestran valores de CV_{AE} entre 0,10 y 0,20, que rara vez llegan a 0,30. (Fig. 16).

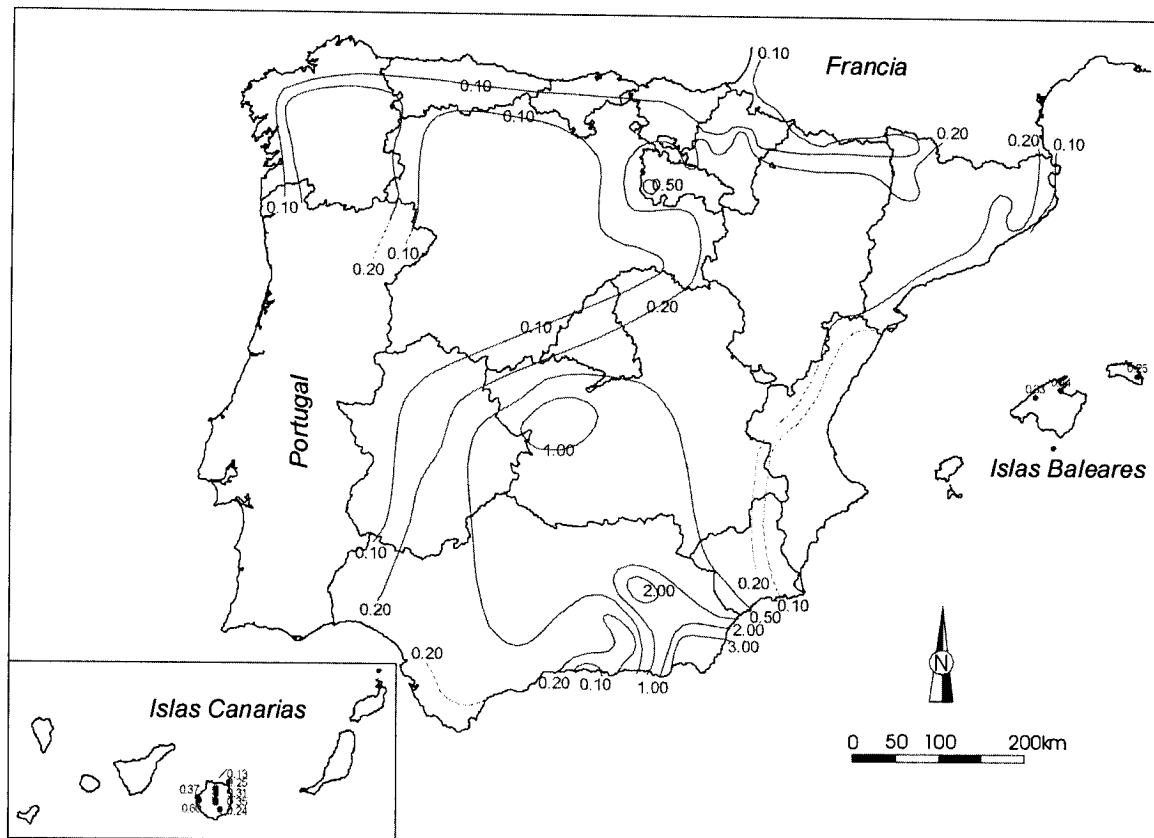


Figura 16.- Representación preliminar del coeficiente de variación (relación desviación estándar/valor medio, adimensional) de la aportación de CI por la escorrentía directa en el territorio peninsular e insular español

En el archipiélago canario son escasos los valores disponibles de CV_{AE} . En la isla de Gran Canaria, CV_{AE} oscila entre 0,10 cerca de la costa N a 0,60 en la zona W y SW de la isla. Los gradientes tentativos están en torno a 0,01 $\% \cdot \text{km}^{-1}$. En la isla de Mallorca la situación es similar, con valores de $\text{CV}_{\text{AE}} \sim 0,30$ a cota elevada e inferiores a 0,10 en la costa. Los gradientes podrían oscilar entre 0,02 y 0,03 $\% \cdot \text{km}^{-1}$ (Fig. 16).

Los valores de coeficiente de variación de la aportación de CI por la escorrentía directa son algo inferiores a los de la deposición total de CI, aunque puntualmente existen valores altos anómalos explicables por una alta variabilidad del término de volumen de escorrentía, no tanto por la variabilidad del contenido en CI.

No obstante, las conclusiones obtenidas están sujetas al objetivo de obtener un orden de magnitud del parámetro estudiado. No se trata por tanto de realizar afirmaciones categóricas sino más bien aportar algunos comentarios y cifras de interés para la obtención del término de aportación de CI por la escorrentía directa y su variación natural. Las cifras incluidas en este informe están condicionadas a un

conjunto de simplificaciones y aproximaciones, que ha sido necesario realizar debido al escaso número de datos disponibles.

7. REFERENCIAS

- Alcalá, F.J. y Custodio, E. (2004a). La deposición atmosférica de cloruro al terreno en España. *Boletín Geológico y Minero*. 115: 319-330.
- Alcalá F.J. y Custodio E. (2004b). *Recopilación de datos sobre el contenido en Cl del agua freática no modificada en el territorio peninsular español*. Proyecto CICYT: HID 1999-0205 (informe 9). Centro de Documentación del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 1-66.
- Alcalá F.J. y Custodio E. (2004c). *Estudio comparativo de la deposición total y húmeda de Cl en las estaciones de San Pablo y Roquetes: Red Europea del EMEP*. Proyecto CICYT: HID 1999-0205 (informe 10). Centro de Documentación del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 1-35.
- Aparicio, F.J. (1987). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Ed. Noriega. Limusa, México. 303 pp.
- Asaf, L., Nativ, R., Shain, D., Hassan, M. y Geyer, S. (2004). Controls on the chemical and isotopic compositions of urban stormwater in a semiarid zone. *Journal Hydrol.* 294: 270-293.
- Bazuhair, A.S. y Wood, W.W. (1996). Chloride mass-balance method for estimating ground water recharge in arid areas: examples from western Saudi Arabia. *Journal Hydrol.* 186: 153-159.
- Bernal, S. (2004). Hydrological processes and nutrient dynamics during storm events in an intermittent Mediterranean stream. Tesis Doctoral. Univ. de Barcelona. En preparación.
- Beven, K.J. y Kirby, M.J. (1979). A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Science Bulletin*. 24(1):43-69.
- Camarero, L., Wright, R.F., Catalá, J. y Ventura, M. (2004). Application of MAGIC to Lake Redó (Central Pyrenees): an assessment of the effects of possible climate driven changes in atmospheric precipitation, base cation deposition, and weathering rates on lake water chemistry. *Journal Limnol.* 63(1): 123-132.
- Chow, V.T. (1993). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill. Santafé de Bogotá. 584 pp.
- Colosimo, C. y Mendicino, G. (1996). *GIS for distributed rainfall-runoff modeling*. En: V.P. Singh y M. Fiorentino (Ed.). *Geographical Information System in Hydrology*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers. 195-235.
- Custodio, E. (1997). *Evaluación de la recarga por la lluvia mediante métodos ambientales químicos, isotópicos y térmicos*. En: *La Evaluación de la Recarga a los Acuíferos en la Planificación Hidrológica*. (Eds.: Custodio, E., Llamas, M.R. y Samper, J.). IGME y AIH. Las Palmas de Gran Canaria-Madrid. 83-110.
- Custodio, E. (1998). Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. *Boletín Geológico y Minero*. 109(4): 329-346.
- Custodio E. y Llamas, M.R. (1983). *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega. Barcelona (2 Vols): 1-2350.
- Dettinger, M.D. (1989). Reconnaissance estimates of natural recharge to desert basins in Nevada, U.S.A., by using chloride-balance calculations: *Journal of Hydrology*, 106(1-2): 55-78.

- Domingo, F., Puigdefábregas, J., Moro, M.J. y Bellot, J. (1994). Role of vegetation cover in the biogeochemical balances of a small afforested catchment in southeastern Spain. *Journal of Hydrology*. 159: 275-289.
- Dunne, T. (1978). *Field studies of hillslope flow processes*. En: M.J. Kirkby (Ed.). Hillslope Hydrology. John Wiley & Sons. 227-293.
- Eriksson, E. y Khunakasem, V., (1969). Chloride concentration in groundwater, recharge rate and rate of deposition of chloride in the Israel coastal plain. *Journal Hydrol*. 7:178-197.
- Ferrer I Julià, M. (2003). Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teledetección. Cuadernos del CEDEX, nº 48, 1-346 pp.
- González-Arias, A., Amezaga, I., Echeandía, A. y Onaindia, M. (2000). Buffering capacity through cation leaching of *Pinus radiata* D. Don canopy. *Plant Ecology*. 149(1): 23-42.
- Goudie, A., Atkinson, B., Gregory, K.J., Simmons, I.G., Stoddart, D.R. y Sugden, D.E. (1990). *The encyclopaedic dictionary of Physical Geography*. Black-Well. 528 pp.
- Helwett, J.D. (1961). *Some ideas about storm runoff and baseflow*. En: M.G. Anderson y T.P. Burt (Ed.). Process studies in hillslope hydrology. John Wiley & Sons. 314 pp.
- Herrera, C. y Custodio, E. (2003). Hipótesis sobre el origen de la salinidad de las aguas subterráneas en la islas de Fuerteventura, Archipiélago de Canarias, España. *Boletín Geológico y Minero*. 114(4): 433-452.
- Horton, R.E. (1933). The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Trans. Am. Geophys. Union*. 14: 446-460.
- Iglesias, M., Custodio, E., Giráldez, J.V., Manzano, M y Ordóñez, R. (1996). Caracterización química de la lluvia y estimación de la recarga en el área de El Abalarío, Doñana, Huelva. IV SIAGA. Vol.: II. 99-121. Almería.
- Lambán, L.J. y Custodio, E. (1999). Caracterización de la recarga en la Unidad de Anoia: aplicación de un modelo de balance de agua en el suelo y realización de un balance de cloruros. En: *Tineo, A. Hidrología Subterránea. Serie de Correlación geológica*, 13: 71-78.
- Maurer, D.K., Berger, D.L. y Prudic, D.E. (1996). *Subsurface flow to Eagle Valley from Vicee, Ash, and Kings Canyons, Carson City, Nevada, estimated from Darcy's Law and the chloride-balance method*. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations. Report 96-4088. 74 pp.
- MIMAM (2000). *El libro del Agua en España*. Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. 637 pp.
- Prych, E.A. (1998). Using chloride and chlorine-36 as soil-water tracers to estimate deep percolation at selected locations on the U.S. Department of Energy Hanford Site, Washington. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2481: 67 pp.
- Sami y Hughes (1996). A comparison of recharge estimates to a fractured sedimentary aquifer in South Africa from a chloride mass balance and an integrated surface-subsurface model. *Journal Hydrol*. 179: 111-136.
- Samper, J. (1997). *Métodos de evaluación de la recarga por la lluvia por balance de agua: utilización, calibración y errores*. En: La Evaluación de la Recarga a los Acuíferos en la Planificación Hidrológica. (Eds.: Custodio, E., Llamas, M.R. y Samper, J.). IGME y AIH. Las Palmas de Gran Canaria-Madrid. 41-81.

- Sumioka, S.S. y Bauer, H.S. (2003). Estimating ground-water recharge from precipitation on Whidbey and Camano Islands, Island County, Washington, Water Years 1998 and 1999: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 03-4101, 49 pp.
- Vázquez, E. (2003). *Urban groundwater : Barcelona city case study*. Tesis Doctoral. Dpto. de Ing. del Terreno y Cartográfica. Univ. Pol. Cataluña (Barcelona). 134 pp.
- Ward, R.C. y Robinson, M. (1990). *Principles of Hydrology*. McGraw Hill. 365 pp.
- Wood, W.W. y Sanford, W.E. (1995). Chemical and isotopic methods for quantifying ground-water recharge in a regional, semiarid environment. *Ground Water*. 33: 458-468.
- Wood, W.W., Rainwater, K.A. y Thompson, D.B. (1997). Quantifying macropore recharge: examples from a semi-arid area. *Ground Water*. 35(6): 1097-1106.

Anexo I.- Recopilación bibliográfica de análisis químicos del agua de escorrentía en el territorio español. Contenido medio en Cl y variabilidad natural

Tabla 2.- Parámetros químicos de las muestras de agua de escorrentía seleccionadas en el territorio español

Punto	C.E.			Aniones (mg/L)										Cationes (mg/L)									
	T(°C)	pH	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	CO ₃ H ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Br ⁻	P ₂ O ₅	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	SiO ₂	F ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Fe ⁺²	Mn ⁺²	NH ₄ ⁺	Li ⁺	Sr ⁺²	
Bco. Ohanes							4,3	0,0186															
Rambla de Guainos		8,4	776	330,3	5,15	61,9	85,7																
Est. Exp. S ^a Filabres							8,1																<0,05
Puig Les Agudes		7,2	682	442,7	0	26	24,9	1,370	2,6	2,7		5,1		15,7	0,9	92,2	36,1						0,01
Riera Les Comes		8,0	445	188	0	44,5	30,9	0,200	25,5	21,4		9,2		24,7	0,5	60	12,9						0,03
La Budellera		8,3	541	198	0	50	30,5		34,1	66		11,2		29,7	1,8	77,5	13,4						0,03
Est. Exp. La Castanya							4,4																
Les Comes							10,2																
Arroyo Maderos							3,8																
Tuineje		7,5	245	75	0	33	35,0		0,54	6	<0,05	7,0	<0,5	34	6	21	3						<0,05
Mirador-Malpaís		7,4	187	52	0	14	25,0		2,00	5	0,09	4,7	<0,5	31	10	8	1						<0,05
Morro de Velosa		7,7	323	86	0	17	54,0		0,05	3	<0,05	4,5	<0,5	43	2	27	3						<0,05
Pájara		7,5	422	89	0	43	68,0		0,42	13	<0,05	7,1	<0,5	56	9	30	4						<0,05
Malpaís		7,9	507	155	0	32	73,0		1,30	10	<0,05	10,3	<0,5	87	11	28	4						<0,05
Valle Aísa							1,2																<0,5
Est. Aforo Lubierre							0,9																
Embalse Río Grande							4,2																
Bco. Heria							42,3																
Lago Redó		6,4	11,2			1,30	0,2			0,744				0,253	<0,05	1,44	0,0847						<0,05
Cospeito							12,7																
Río Genal							8,2																
Río Grande							8,3																
Cueva de Nerja							25,1																
Est. Exp. L'Avic							9,9																
Ibxina							5,4																
El Sabinar							18,6																
Riera Major		8,1	90			3,1	3,4			0,25				6,5		16	2,9						1,9
Ridaura		7,2		55		12	15,2		0,05	<0,05	<0,05												0,1
Riera Vermegà				45		11,2	8,1					4,1		9,9	2,1	8,1	2,2						
Sant Celoni							9,2																
Étang d'Aubé		5,7	6,2			0,96	0,2			0,496				0,299	0,1173	0,48	0,0726						<0,05
La Caldera		8,1	36,3			0,576	0,3			0,744				0,322	0,0782	4,82	0,6534						<0,05
Laguna Cimera		6,3	5,7			0,192	0,2			0,372				0,299	0,0782	0,34	0,1331						<0,05
Riera de Arbúcies							4,5																
Cabeça Gorda		13,5	6,6	62		8,6	4,2		0,02	2,38							10,0	0,03					
Charca Grande		24,0	8,4			20	2,1			10,0	0,1												1,0
Masma		7,9	45,4			3,4	6,7			2,9		6,8		5,8	0,5	2,6	0,9	0,02					0,02
Buxantes		6,9	72,6			5,7	12,0		7	3,3		7,4		7,6	0,5	3,1	2,3	0,06					0,06
Doade		7,1	29,9			2,1	4,9			1,2		2,6		4,5	0,3	0,6	0,5	0,01					0,01
A Fonsagrada		7,7	149,4			4,6	2,8		25	0,7		5,0		4,0	0,2	19,9	4,0	0,02					0,04

Tabla 2.- (continuación)

Punto	C.E.			Aniones (mg/L)										Cationes (mg/L)									
	T(°C)	pH	(µS/cm)	CO ₃ H	CO ₃	SO ₄ ⁻	Cl	Br	P ₂ O ₅	NO ₃	NO ₂	SiO ₂	F	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Fe ⁺²	Mn ⁺²	NH ₄ ⁺	Li ⁺	Sr ⁺²	
Miño		6,7	82,5			3,4	10,0		12,3	2,6		5,9		7,8	0,7	3,8	1,8	0,05		0,01			
Laza		6,5	51,2			4,3	3,2			2,4		4,3		8,5	1,0	2,6	1,2	0,01		0,01			
Río Esera	11,4	8,3	240				3,5		nd	1,0										0,07			
Río Carol	18,7	7,7	55			4,4	1,4		0,14	1,1										0,07			
Río Ubagua	10,8	7,9	369			10,3	3,4		0,1	6,2										0,14			
Río Aragón	7,0	7,9	369				2,6		0,05	1,6										0,49			
Emb. de Santolea	17,8	8,2	335			13,5	3,4		0,04	3,3										<0,06			
Río Noguera-Pallaresa	3,3	8,2	117			13,6	2,8		0,13	1,7										0,06			
Emb. de Eugui	15,0	8,3	185			10,7	2,8		0,02	1,4										0,58			
Río Arga	19,3	8,3	218	110,0	0,0	14	2,0		0,1	1,8				7,3	1,2	32,1	7,3			0,06			
Río Híjar	12,1	8,0	140			17,4	1,9		<0,05	1,3										nd			
Río Subialde	13,4	8,0	221				2,6		0,03	1,9										0,77			
Emb. de Maidevera	10,3	7,5	396			15	2,6		0,08	1,4										<0,05			
Río Oropesa	13,0	7,8	60			4,6	1,0		0,07	1,4										0,06			
Río Oja	7,0	7,2	31			2,8	0,9		0,02	2,0										0,30			
Río Oja	9,0	8,0	88			15,5	1,3		0,02	1,3										0,53			
Bco. Cadajón	6,0	7,9	191			41,8	1,4		0,03	2,7										0,10			
Río Iregua	7,0	8,4	297				3,5		0,19	2,0										0,14			
Río Irati	3,8	7,4	210				2,6		0,41	1,7										<0,06			
Emb. de Urdalur	18,0	8,1	115			16,8	2,9		0,25	1,2										0,84			
Emb. de Sarra	7,3	7,6	161			10,7	0,7		0,11	1,4										0,01			
Río Aurín	7,2	8,2	297			7,6	0,5		0,06	1,0										nd			
Río Huecha	7,2	8,3	178			17,9	2,9		0,25	2,8										0,03			
Ayo. Agramonte	10,1	7,4	46			1,9	1,1		0,04	1,5										<0,06			
Río Err	14,0	7,0	80			13,5	0,5		<0,04	1,3										<0,06			
Bco. Santa Anna	15,0	7,7	98			11,3	0,5		0,23	1,3										0,03			
Río Guatzalema	27,2	8,1	279			24,4	2,1		0,005	0,0										0,04			
Bco. de Prades	9,6	8,5	540			46,4	5,1		0,04	0,6										nd			
C.M.D. Najerilla	4,1	7,9	189				2,8		0,09	2,4										0,26			
Posadero		5,1				8,7	5,0							5,3	1,5	3,5	0,8			0,80			
Manzanal		4,8				16,9	9,1							9,6	2,4	5,9	1,5			1,18			

Tabla 3.- Localización geográfica, toponimia, intervalo temporal de muestreo en meses de los puntos de muestreo seleccionados. Se indica el valor promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de contenido de Cl del agua de escorrentía

Punto	Provincia o isla	Localización geográfica original						Huso 30 extendido		Fecha de inicio	Fecha de finalización	meses	Media	Desv. Est.	CV	Origen
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso	Sector	UTM X	UTM Y	Cl (mg/L)				Cl (mg/L)	Cl		
Rambla de Guainos	Almería	494003	4068986	85	30	S	494003	4068986	03-ene-04	12-ago-04	17	85,7	28,90	0,34	Inédito	
Est. Exp. La Castanya	Barcelona	446202	4624462	731	31	T	944993	4638127	feb-82	mar-83	12	4,39	0,43	0,10	Ávila y Roda (1985)	
La Budellera	Barcelona	425315	4587238	280	31	N	926702	4599452	19-abr-03	17-abr-04	12	30,5	14,19	0,47	Inédito	
Arroyo Maderos	Cáceres	739492	4347876	459	29	S	221677	4349163	feb-88	may-01	39	3,80	0,80	0,21	Gómez González (2002)	
Valle Aisa	Huesca	695082	4728192	1100	30	T	695082	4728192	27-dic-83	24-abr-84	4	1,17	0,24	0,21	Lasanta y García (1999)	
Lago Redó	Lleida	318981	4721254	1600	31	T	811067	4725870	01-ago-88	01-ago-91	36	0,25	0,07	0,26	Camarero <i>et al.</i> (2004)	
Cospeito	Lugo	615900	4788100	465	29	T	128678	4797272	abr-98	nov-98	7	12,7	6,54	0,51	López-Mosquera <i>et al.</i> (2000)	
Río Genal	Málaga	310826	4058234	700	30	S	310826	4058234	mar-96	feb-97	12	8,24	2,22	0,27	Liñán <i>et al.</i> (1999)	
Río Grande	Málaga	320441	4065926	530	30	S	320441	4065926	mar-96	feb-97	12	8,34	3,15	0,38	Liñán <i>et al.</i> (1999)	
Cueva de Nerja	Málaga	422481	4069278	100	30	S	422481	4069278	mar-91	dic-98	93	25,1	11,30	0,45	Liñán <i>et al.</i> (1999)	
Est. Exp. L'Avic	Tarragona	335099	4575313	950	31	T	837387	4581282	03-jun-85	08-jun-86	12	9,88	2,45	0,25	Lledó y Escarré (1985)	
Ibxina	Vizcaya	516479	4766908	980	30	T	516479	4766908	06-jun-84	07-jun-85	12	5,44	2,66	0,49	Antigüedad (1988)	
Riera Major	Barcelona	454412	4640782	480	31	T	952060	4655022	07-nov-96	03-oct-97	11	3,37	0,90	0,27	Butturini (1999)	
Riera Vernegà	Barcelona	493545	4636044	280	31	T	991536	4653030	03-jun-97	23-ago-99	27	8,10	2,20	0,27	Sala y Farguell (2002)	
Sant Celoni	Barcelona	463965	4616671	180	31	T	963302	4631578	15-jul-98	14-jun-02	48	9,22	2,60	0,28	Bernal (2004)	
La Caldera	Granada	470334	4100568	3050	30	S	470334	4100568	01-may-90	01-ago-91	15	0,32	0,07	0,22	Mosello (1999)	
Laguna Cimera	Ávila	304058	4459670	2140	30	T	304058	4459670	01-mar-90	01-ago-91	17	0,21	0,04	0,16	Mosello (1999)	
Riera de Arbúcies	Barcelona	458504	4631505	170	31	T	956802	4646032	10-ene-91	15-dic-91	11	4,45	1,65	0,37	Batalla y Sala (1993)	
Río Esera	Huesca	445179	4669689	469	31	T	775600	4670695	20-may-96	20-may-99	37	3,50	1,31	0,37	CHE (2003)	
Río Ubaqua	Navarra	585800	4730490	520	30	T	585800	4730490	10-abr-94	7-oct-96	30	3,40	1,52	0,45	CHE (2003)	
Río Noguera-Pallaresa	Lleida	505980	4679051	524	31	T	827650	4680585	21-nov-93	18-abr-96	29	2,80	1,32	0,47	CHE (2003)	
Emb. de Eugui	Navarra	620675	4760228	640	30	T	620675	4760228	5-oct-94	17-ene-00	64	2,80	0,65	0,23	CHE (2003)	
Río Arga	Navarra	614855	4740243	441	30	T	614855	4740243	8-jul-85	13-jul-00	183	2,00	1,68	0,84	CHE (2003)	
Río Híjar	Cantabria	406600	4760036	851	30	T	406600	4760036	5-jun-95	1-jun-00	61	1,90	0,74	0,39	CHE (2003)	
Río Subialde	Navarra	561050	4730455	774	30	T	561050	4730455	5-jul-93	15-oct-98	64	2,60	1,43	0,55	CHE (2003)	
Río Oropesa	Burgos	483650	4680590	960	30	T	483650	4680590	11-ene-95	6-may-98	40	1,00	0,76	0,76	CHE (2003)	
Río Oja	La Rioja	498700	4680593	813	30	T	498700	4680593	6-nov-91	7-mar-00	101	0,90	0,61	0,68	CHE (2003)	
Río Oja	La Rioja	502900	4690338	713	30	T	502900	4690338	11-ene-94	2-jun-98	53	1,30	0,65	0,50	CHE (2003)	
Bco. Cadajón	La Rioja	511475	4680615	728	30	T	511475	4680615	11-ene-94	11-ene-96	24	1,40	0,67	0,48	CHE (2003)	
Río Iregua	Huesca	529815	4639157	361	30	T	529815	4639157	8-mar-94	6-may-98	51	3,50	1,35	0,39	CHE (2003)	
Río Irati	Navarra	633800	4730790	504	30	T	633800	4730790	13-feb-95	14-feb-99	49	2,60	0,65	0,25	CHE (2003)	
Emb. de Urdalur	Navarra	562100	4750115	645	30	T	562100	4750115	7-jun-95	7-jun-00	61	2,90	0,97	0,34	CHE (2003)	
Emb. de Sarra	Huesca	718600	4740181	1423	30	T	718600	4740181	13-jun-94	10-jun-96	24	0,70	0,49	0,70	CHE (2003)	
Río Aurín	Huesca	713350	4710985	201	30	T	713350	4710985	14-oct-93	11-abr-96	30	0,50	0,35	0,71	CHE (2003)	
Ayo. Agramonte	Zaragoza	597800	4630053	1060	30	T	597800	4630053	3-jul-94	1-jul-96	24	1,10	0,55	0,50	CHE (2003)	
Río Err	Lleida	614956	4707805	1224	31	T	909575	4710275	23-mar-95	23-mar-00	61	0,50	0,48	0,95	CHE (2003)	
Bco. Santa Anna	Lleida	536683	4698730	692	31	T	840030	4700491	16-jul-95	24-jul-96	12	0,50	0,45	0,90	CHE (2003)	
Río Guatizalema	Huesca	724475	4670940	604	30	T	724475	4670940	27-ene-93	24-ene-95	24	2,10	1,06	0,51	CHE (2003)	
Posadero	Vizcaya	488346	4797574	355	30	T	488346	4797574	02-oct-90	05-sep-95	60	5,01	0,49	0,10	González-Arias <i>et al.</i> (2000)	
Manzanal	Vizcaya	490972	4798018	350	30	T	490972	4798018	02-oct-90	05-sep-95	60	9,11	0,98	0,11	González-Arias <i>et al.</i> (2000)	

Anexo II.- Factor de enriquecimiento del contenido medio en Cl de la escorrentía y factor de conversión de su coeficiente de variación

Tabla 1.- Factor de enriquecimiento del contenido medio en CI de su escorrentía a partir de la comparación con el contenido medio en CI de la deposición total atmosférica en los mismos lugares de muestreo o zonas próximas de similar ambiente de muestreo. n = meses de registro

Punto	Provincia o isla	Localización geográfica original					Huso 30 extendido		Fecha de inicio	Fecha de Final	n	CI (mg/L)	Origen datos	Factor de Enriquec.	Origen
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso	Sector	UTM X	UTM Y							
<i>Rambla de Guainos</i>	Almería	494003	4068986	85	30	S	494003	4068986	03-ene-04	12-ago-04	7	85,70	Escorrentía	4,09	Inédito
<i>Adra</i>	Almería	498579	4067241	25	30	S	498579	4067241	15-dic-02	21-jun-04	18	20,95	Deposición total		Inédito
<i>Est. Exp. S^a Filabres</i>	Almería	548303	4116560	1660	30	S	548303	4116560	01-sep-88	31-ago-89	12	8,08	Escorrentía	2,40	Domingo <i>et al.</i> (1994)
<i>Nacimiento-Filabres</i>	Almería	548303	4116560	1660	30	S	548303	4116560	01-sep-88	31-ago-89	12	3,37	Deposición total		Domingo <i>et al.</i> (1994)
<i>Puig Les Agudes</i>	Barcelona	410957	4573128	320	31	N	913330	4584350	09-feb-04	09-feb-04	0	24,90	Escorrentía	1,93	Inédito
<i>El Prat de Llobregat</i>	Barcelona	424354	4567071	20	31	T	927143	4579223	15-sep-03	16-sep-04	12	12,90	Deposición total		Dip. Barcelona (ined.)
<i>La Budellera</i>	Barcelona	425315	4587238	280	31	N	926702	4599452	19-abr-03	17-abr-04	12	30,50	Escorrentía	2,19	Inédito
<i>Barcelona</i>	Barcelona	425727	4582427	125	31	T	927451	4594671	01-mar-99	04-abr-03	50	13,91	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004b)
<i>Est. Exp. La Castanya</i>	Barcelona	446202	4624462	731	31	T	944993	4638127	01-feb-82	01-mar-83	13	4,39	Escorrentía	4,32	Ávila y Roda (1985)
<i>La Castanya</i>	Barcelona	446202	4624462	731	31	T	944993	4638127	1983	1994	132	1,02	Deposición total		Ávila (1996)
<i>Les Comes</i>	Barcelona	385300	4608090	280	31	T	885259	4617509	17-jun-05	18-jun-05	0	10,20	Escorrentía	1,80	Lambán (1998)
<i>La Pobla de Claramunt</i>	Barcelona	392100	4614690	370	31	T	891594	4624579	1995	1996	12	5,68	Deposición total		Lambán (1998)
<i>Arroyo Maderos</i>	Cáceres	739492	4347876	459	29	S	221677	4349163	01-feb-88	01-may-01	161	3,80	Escorrentía	1,41	Gómez González (2002)
<i>Mina Ratones</i>	Cáceres	739567	4348275	476	29	S	221778	4349556	oct-97	may-01	43	2,70	Deposición total		Gómez González (2002)
<i>Morro de Velosa</i>	Fuerteventura	593070	3145950	680	28	R	593070	3145950	15-mar-99	15-mar-99	0	54,00	Escorrentía	1,17	Herrera (2001)
<i>Puerto del Rosario</i>	Fuerteventura	611220	3152800	20	28	R	611220	3152800	1998	1999	12	46,00	Deposición total		Herrera (2001)
<i>Malpaís</i>	Fuerteventura	603500	3133900	90	28	R	603500	3133900	13-mar-99	13-mar-99	0	73,00	Escorrentía	1,55	Herrera (2001)
<i>Pozo Negro</i>	Fuerteventura	603500	3133900	90	28	R	603500	3133900	1998	1999	12	47,20	Deposición total		Herrera (2001)
<i>Valle Aísa</i>	Huesca	695082	4728192	1100	30	T	695082	4728192	27-dic-83	24-abr-84	4	1,17	Escorrentía	1,27	Lasanta y García (1999)
<i>Aísa</i>	Huesca	695082	4728192	1100	30	T	695082	4728192	27-dic-83	24-abr-84	4	0,92	Deposición total		Lasanta y García (1999)
<i>Est. Aforo Lubierre</i>	Huesca	698582	4731392	1770	30	T	698582	4731392	27-dic-83	24-abr-84	4	0,90	Escorrentía	2,57	Alvera y Puigdefábregas (1984)
<i>San Juan de la Peña</i>	Huesca	698632	4736391	1340	30	T	698632	4736391	27-dic-83	24-abr-84	4	0,35	Deposición total		Alvera (1990)
<i>Embalse Río Grande</i>	Jaén	450877	4224417	535	30	S	450877	4224417	01-jun-96	01-jun-96	0	4,20	Escorrentía	3,43	Hidalgo Estevez <i>et al.</i> (1996)
<i>Linares</i>	Jaén	446502	4220980	420	30	S	446502	4220980	oct-02	mar-03	5	1,23	Deposición total		Benavente <i>et al.</i> (2004)
<i>Lago Redó</i>	Lleida	318981	4721254	1600	31	T	811067	4725870	01-ago-88	01-ago-91	36	0,25	Escorrentía	0,62	Camarero <i>et al.</i> (2004)
<i>Lago Redó</i>	Lleida	317196	4723611	2243	31	T	809116	4728095	01-ago-88	01-ago-91	36	0,40	Deposición total		Camarero <i>et al.</i> (2004)
<i>Río Genal</i>	Málaga	310826	4058234	700	30	S	310826	4058234	01-mar-96	01-feb-97	11	8,24	Escorrentía	1,12	Liñán <i>et al.</i> (1999a)
<i>Llanos de la Nava</i>	Málaga	312749	4058811	1060	30	S	312749	4058811	mar-96	feb-97	12	7,36	Deposición total		Liñán <i>et al.</i> (1999a)
<i>Cueva de Nerja</i>	Málaga	422481	4069278	100	30	S	422481	4069278	01-mar-91	01-dic-98	94	25,07	Escorrentía	3,13	Liñán <i>et al.</i> (1999b)
<i>Cueva de Nerja</i>	Málaga	422481	4069278	100	30	S	422481	4069278	mar-91	dic-98	93	8,00	Deposición total		Liñán <i>et al.</i> (1999b)
<i>Est. Exp. L'Avic</i>	Tarragona	335099	4575313	950	31	T	837387	4581282	03-jun-85	08-jun-86	12	9,88	Escorrentía	1,99	Lledó y Escarré (1985)
<i>Ermita de Sant Pere</i>	Barcelona	365500	4593890	550	31	T	866464	4601944	1995	1996	12	4,97	Deposición total		Lambán (1998)
<i>Itxina</i>	Vizcaya	516479	4766908	980	30	T	516479	4766908	06-jun-84	07-jun-85	12	5,44	Escorrentía	1,45	Antigüedad (1988)
<i>Itxina</i>	Vizcaya	516479	4766908	980	30	T	516479	4766908	1984	1985	12	3,75	Deposición total		Antigüedad (1988)
<i>El Sabinar</i>	Zaragoza	642032	4661394	302	30	T	642032	4661394	01-jun-99	01-sep-00	15	18,60	Escorrentía	3,38	Lasanta <i>et al.</i> (2001)
<i>Santa Anastasia</i>	Zaragoza	640532	4668394	346	30	T	640532	4668394	jun-99	sep-00	16	5,50	Deposición total		Lasanta <i>et al.</i> (2001)

Tabla 1.- (continuación)

Punto	Provincia o isla	Localización geográfica original					Huso 30 extendido		Fecha de inicio	Fecha de Final	n	CI (mg/L)	Origen datos	Factor de Enriquec.	Origen
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso	Sector	UTM X	UTM Y							
Riera Vermegà	Barcelona	493545	4636044	280	31	T	991536	4653030	03-jun-97	23-ago-99	27	8,10	Escorrentía	1,92	Sala y Farguell (2002)
Riera Vermegà	Girona	493545	4636044	200	31	T	991536	4653030	04-nov-93	28-oct-94	12	4,22	Deposición total		Sala y Farguell (2002)
Sant Celoni	Barcelona	463965	4616671	180	31	T	963302	4631578	15-jul-98	14-jun-02	48	9,22	Escorrentía	1,59	Bernal (2004)
Sant Celoni	Barcelona	463965	4616671	180	31	T	963302	4631578	20-ago-98	11-oct-01	38	5,78	Deposición total		Bernal (2004)
Étang d'Aubé	Francia	363608	4733991	2091	31	T	854722	4741758	06-jun-98	08-sep-98	3	0,21	Escorrentía	1,07	Mosello (1999)
Étang d'Aubé	Francia	363608	4733991	2091	31	T	854722	4741758	06-jun-98	08-sep-98	3	0,20	Deposición total		Mosello (1999)
La Caldera	Granada	470334	4100568	3050	30	S	470334	4100568	01-may-90	01-ago-91	15	0,32	Escorrentía	1,07	Mosello (1999)
La Caldera	Granada	470334	4100568	3050	30	S	470334	4100568	01-may-90	01-ago-91	15	0,30	Deposición total		Mosello (1999)
Laguna Cimera	Ávila	304058	4459670	2140	30	T	304058	4459670	01-mar-90	01-ago-91	17	0,21	Escorrentía	1,07	Mosello (1999)
Laguna Cimera	Ávila	304058	4459670	2140	30	T	304058	4459670	01-mar-90	01-ago-91	17	0,20	Deposición total		Mosello (1999)
Cabeça Gorda	Portugal	517860	4481380	131	29	T	9167	4497487	05-mar-02	05-mar-02	0	4,20	Escorrentía	1,18	Inédito
Albergaria a Velha	Portugal	543862	4505631	131	29	T	36840	4519970	oct-85	oct-89	48	3,57	Deposición total		Condesso de Melo (2002)
Doade	Pontevedra	552969	4706429	620	29	T	59954	4720145	06-may-93	06-may-93	0	4,90	Escorrentía	1,64	Díaz-Fierros (1993)
Santiago	A Coruña	538498	4746249	285	29	T	48321	4760991	19-mar-01	10-sep-02	18	2,99	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004c)
Miño	A Coruña	606699	4847312	87	29	T	123763	4857087	06-may-93	06-may-93	0	10,00	Escorrentía	1,17	Díaz-Fierros (1993)
Viveiró	Lugo	604660	4821586	460	29	T	119863	4831535	sep-88	may-89	8	8,55	Deposición total		Prada-Sanchez et al. (1993)
Emb. de Eugui	Navarra	620675	4760228	640	30	T	620675	4760228	oct-94	ene-00	64	0,80	Escorrentía	1,15	CHE (2003)
Iraty	Francia	656125	4766415	1300	30	T	656125	4766415	01-ene-90	31-dic-00	24	0,7	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004d)
Laza	Ourense	623912	4668968	1040	29	T	128209	4677691	06-may-93	06-may-93	0	3,20	Escorrentía	1,52	Díaz-Fierros (1993)
O Saviñao	Lugo	606204	4721150	506	29	T	114207	4731077	14-mar-02	01-ene-00	12	2,10	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004d)
Río Carol	Girona	601128	4698622	1202	31	T	904400	4700985	24-jul-96	24-jul-96	0	1,40	Escorrentía	1,49	CHE (2003)
La Molina	Girona	409199	4692514	1440	31	T	903215	4703555	ago-87	ago-88	12	0,94	Deposición total		Camarero y Catalán (1993)
Emb. de Santolea	Teruel	257472	4510464	208	31	T	721650	4510385	12-sep-96	12-sep-96	0	3,40	Escorrentía	1,88	CHE (2003)
Atzeneta	Castellón	740971	4455777	402	30	T	740971	4455777	oct-89	dic-91	26	1,81	Deposición total		Carratalà et al. (1998)
Emb. de Maidevera	Zaragoza	601025	4600345	927	30	T	601025	4600345	15-ene-96	16-ene-96	0	2,60	Escorrentía	2,98	CHE (2003)
Sª de Vicort	Zaragoza	625828	4581288	1383	30	T	625828	4581288	04-abr-01	02-ago-02	17	0,87	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004c)
Bco. Cadajón	La Rioja	511475	4680615	728	30	T	511475	4680615	11-ene-94	11-ene-96	24	1,40	Escorrentía	1,66	CHE (2003)
Logroño	La Rioja	553429	4700060	370	30	T	553429	4700060	05-mar-88	31-dic-00	153	0,85	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004d)
Bco. de Prades	Tarragona	410756	4569557	533	31	T	828050	4570535	11-dic-96	11-dic-96	0	5,10	Escorrentía	2,68	CHE (2003)
L'Avic-Serra de Prades-2	Tarragona	335240	4575158	700	31	T	837538	4581136	1981	1986	60	1,90	Deposición total		Bellot y Escarré (1988)
Posadero	Vizcaya	488346	4797574	355	30	T	488346	4797574	02-oct-90	05-sep-95	60	5,01	Escorrentía	1,41	González-Arias et al. (2000)
Posadero	Vizcaya	488346	4797574	355	30	T	488346	4797574	02-oct-90	05-sep-95	60	3,54	Deposición total		González-Arias et al. (2000)
Manzanal	Vizcaya	490972	4798018	350	30	T	490972	4798018	02-oct-90	05-sep-95	60	9,11	Escorrentía	1,78	González-Arias et al. (2000)
Manzanal	Vizcaya	490972	4798018	350	30	T	490972	4798018	02-oct-90	05-sep-95	60	5,12	Deposición total		González-Arias et al. (2000)
Emb. de Urdalur	Navarra	562100	4750115	645	30	T	562100	4750115	7-jun-95	7-jun-00	16	2,90	Escorrentía	1,23	CHE (2003)
Araya	Álava	555977	4754379	603	30	T	555977	4754379	sep-86	nov-88	26	2,36	Deposición total		Durana et al. (1990)

Tabla 2.- Factor de conversión del coeficiente de variación del contenido en CI de la escorrentía a partir de su comparación con el coeficiente de variación del contenido en CI de la deposición total atmosférica en los mismos lugares de muestreo o zonas próximas de similar ambiente de muestreo. n = meses de registro

Punto	Provincia o isla	Localización geográfica original					Huso 30 extendido		Fecha		CV		Origen datos	Factor de Enriquec.	Origen
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso	Sector	UTM X	UTM Y	de inicio	Final	n	CI			
Rambla de Guainos	Almería	494003	4068986	85	30	S	494003	4068986	03-ene-04	12-ago-04	17	0,34	Escorrentía	0,36	Inédito
Adra	Almería	498579	4067241	25	30	S	498579	4067241	15-dic-02	21-jun-04	18	0,92	Deposición total		Inédito
La Budellera	Barcelona	425315	4587238	280	31	N	926702	4599452	19-abr-03	17-abr-04	12	0,47	Escorrentía	0,39	Inédito
Barcelona	Barcelona	425727	4582427	125	31	T	927451	4594671	01-mar-99	04-abr-03	50	1,20	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004b)
Est. Exp. La Castanya	Barcelona	446202	4624462	731	31	T	944993	4638127	01-feb-82	01-mar-83	13	0,10	Escorrentía	0,41	Ávila y Roda (1985)
La Castanya	Barcelona	446202	4624462	731	31	T	944993	4638127	1983	1994	132	0,24	Deposición total		Ávila (1996)
Arroyo Maderos	Cáceres	739492	4347876	459	29	S	221677	4349163	01-feb-88	01-may-01	161	0,21	Escorrentía	0,22	Gómez González (2002)
Mina Ratones	Cáceres	739567	4348275	476	29	S	221778	4349556	oct-97	may-01	43	0,96	Deposición total		Gómez González (2002)
Lago Redó	Lleida	318981	4721254	1600	31	T	811067	4725870	01-ago-88	01-ago-91	36	0,26	Escorrentía	1,43	Camarero <i>et al.</i> (2004)
Lago Redó	Lleida	317196	4723611	2243	31	T	809116	4728095	01-ago-88	01-ago-91	36	0,18	Deposición total		Camarero <i>et al.</i> (2004)
Rio Genal	Málaga	310826	4058234	700	30	S	310826	4058234	01-mar-96	01-feb-97	11	0,27	Escorrentía	0,61	Liñán <i>et al.</i> (1999a)
Ojén	Málaga	334382	4049681	335	30	S	334382	4049681	ene-96	mar-98	88	0,44	Deposición total		Liñán <i>et al.</i> (1999a)
Cueva de Nerja	Málaga	422481	4069278	100	30	S	422481	4069278	01-mar-91	01-dic-98	94	0,45	Escorrentía	1,66	Liñán <i>et al.</i> (1999b)
Cueva de Nerja	Málaga	422481	4069278	100	30	S	422481	4069278	mar-91	dic-98	93	0,27	Deposición total		Liñán <i>et al.</i> (1999b)
Est. Exp. L'Avic	Tarragona	335099	4575313	950	31	T	837387	4581282	03-jun-85	08-jun-86	12	0,25	Escorrentía	0,38	Lledó y Escarré (1985)
Cal Tort	Barcelona	388300	4612290	360	31	T	887964	4621915	1983	1987	48	0,65	Deposición total		Lambán (1998)
Riera Vermegà	Barcelona	493545	4636044	280	31	T	991536	4653030	03-jun-97	23-ago-99	27	0,27	Escorrentía	0,55	Sala y Farguell (2002)
Riera Vermegà	Girona	493545	4636044	200	31	T	991536	4653030	04-nov-93	28-oct-94	12	0,50	Deposición total		Sala y Farguell (2002)
Sant Celoni	Barcelona	463965	4616671	180	31	T	963302	4631578	15-jul-98	14-jun-02	48	0,28	Escorrentía	0,28	Bernal (2004)
Sant Celoni	Barcelona	463965	4616671	180	31	T	963302	4631578	20-ago-98	11-oct-01	38	0,99	Deposición total		Bernal (2004)
La Caldera	Granada	470334	4100568	3050	30	S	470334	4100568	01-may-90	01-ago-91	15	0,22	Escorrentía	0,33	Mosello (1999)
La Caldera	Granada	470334	4100568	3050	30	S	470334	4100568	01-may-90	01-ago-91	15	0,67	Deposición total		Mosello (1999)
Laguna Cimera	Ávila	304058	4459670	2140	30	T	304058	4459670	01-mar-90	01-ago-91	17	0,16	Escorrentía	0,22	Mosello (1999)
Laguna Cimera	Ávila	304058	4459670	2140	30	T	304058	4459670	01-mar-90	01-ago-91	17	0,75	Deposición total		Mosello (1999)
Emb. de Eugui	Navarra	620675	4760228	640	30	T	620675	4760228	oct-94	ene-00	64	0,23	Escorrentía	0,92	CHE (2003)
Iraty	Francia	656125	4766415	1300	30	T	656125	4766415	01-ene-90	31-dic-00	24	0,25	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004d)
Bco. Cadajón	La Rioja	511475	4680615	728	30	T	511475	4680615	11-ene-94	11-ene-96	24	0,48	Escorrentía	1,83	CHE (2003)
Logroño	La Rioja	553429	4700060	370	30	T	553429	4700060	05-mar-88	31-dic-00	153	0,26	Deposición total		Alcalá y Custodio (2004d)
Posadero	Vizcaya	488346	4797574	355	30	T	488346	4797574	02-oct-90	05-sep-95	60	0,10	Escorrentía	0,64	González-Arias <i>et al.</i> (2000)
Posadero	Vizcaya	488346	4797574	355	30	T	488346	4797574	02-oct-90	05-sep-95	60	0,15	Deposición total		González-Arias <i>et al.</i> (2000)
Manzanal	Vizcaya	490972	4798018	350	30	T	490972	4798018	02-oct-90	05-sep-95	60	0,11	Escorrentía	1,06	González-Arias <i>et al.</i> (2000)
Manzanal	Vizcaya	490972	4798018	350	30	T	490972	4798018	02-oct-90	05-sep-95	60	0,10	Deposición total		González-Arias <i>et al.</i> (2000)
Emb. de Urdalur	Navarra	562100	4750115	645	30	T	562100	4750115	7-jun-95	7-jun-00	17	0,34	Escorrentía	0,50	CHE (2003)
Araya	Álava	555977	4754379	603	30	T	555977	4754379	sep-86	nov-88	26	0,67	Deposición total		Durana <i>et al.</i> (1990)

Tabla 3.- (continuación)

Estación	Provincia/ Isla/país	Localización geográfica original				Fecha de inicio	Fecha de finalización	n	Contenido medio de Cl (mg/L)	Fuente	Valores corregidos		
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso						Sector	Factor	Contenido Cl (mg/L)
S ^a M ^a del Camí	Mallorca	479273	4388574	230	31	S	05-abr-01	02-ago-02	16	6,3	Alcalá y Custodio (2003)	1,5	9,4
Peñarroya	Córdoba	301235	4242180	577	30	S	30-mar-01	30-sep-02	18	1,2	Alcalá y Custodio (2003)	1,0	1,2
Santiago	A Coruña	538498	4746249	285	29	T	19-mar-01	10-sep-02	18	3,0	Alcalá y Custodio (2003)	1,5	4,5
Almería	Almería	554410	4077382	20	30	S	04-mar-01	30-ago-02	18	47,6	Alcalá y Custodio (2003)	4,0	190,5
D. de Guadix	Granada	491125	4160225	674	30	S	01-mar-01	28-ago-02	18	5,0	Alcalá y Custodio (2003)	1,0	5,0
El Casar	Guadalajara	463885	4506064	831	30	T	21-jun-01	12-jul-02	13	1,3	Alcalá y Custodio (2003)	1,0	1,3
Siete Aguas	Valencia	679927	4372973	799	30	T	30-mar-01	04-sep-02	16	2,0	Alcalá y Custodio (2003)	1,5	3,0
Dofiana	Huelva	727750	4096925	5	29	S	01-dic-00	12-ene-03	8	6,1	Alcalá y Custodio (2003)	2,0	12,2
Depuradora	G. Canaria	419975	3097536	14	28	S	31-oct-00	03-may-02	19	546,5	Cabrera <i>et al.</i> (2003)	2,0	1093,0
Tabladás	G. Canaria	423058	3096803	188	28	S	31-oct-00	30-abr-01	6	82,0	Cabrera <i>et al.</i> (2003)	2,0	164,0
Artéjavez	G. Canaria	421921	3093974	338	28	S	31-oct-00	03-may-02	19	130,0	Cabrera <i>et al.</i> (2003)	2,0	260,0
La Cartuja	Granada	446727	4117326	720	30	S	08-ene-87	07-nov-95	106	0,9	Alcalá y Custodio (2004b)	1,0	0,9
Logroño	La Rioja	553429	4700060	370	30	T	05-mar-88	31-dic-00	153	0,8	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	1,3
Noia	A Coruña	506799	4731321	685	29	T	11-ene-93	28-may-00	88	4,8	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	7,2
Mahón	Menorca	606884	4417512	20	31	T	01-dic-94	31-dic-98	48	94,4	Alcalá y Custodio (2004b)	2,0	188,9
Viznar	Granada	452664	4120988	1230	30	S	01-nov-95	31-dic-98	36	0,8	Alcalá y Custodio (2004b)	1,0	0,8
Niembro	Asturias	350284	4812569	134	30	T	01-ene-99	31-dic-00	24	8,8	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	13,2
Campisábalos	Guadalajara	487415	4570332	1360	30	T	01-ene-99	31-dic-00	24	1,0	Alcalá y Custodio (2004b)	1,0	1,0
Cap de Creus	Girona	526119	4685099	23	31	T	01-ene-99	31-dic-00	24	50,7	Alcalá y Custodio (2004b)	2,0	101,5
Barcarrota	Badajoz	681696	4261601	393	29	S	04-mar-99	31-dic-00	19	1,7	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	2,5
Zarra	Valencia	664320	4327845	885	30	T	01-ene-99	31-dic-00	21	1,3	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	2,0
Peñausende	Zamora	259898	4574286	985	30	T	24-jul-00	31-dic-00	6	1,1	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	1,6
Els Torms	Lleida	309142	4585789	470	31	T	01-oct-00	31-dic-00	3	1,0	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	1,4
Risco Llano	Toledo	383925	4375089	1241	30	T	01-oct-00	31-dic-00	3	1,7	Alcalá y Custodio (2004b)	1,0	1,7
O Saviñao	Lugo	606204	4721150	506	29	T	14-mar-02	01-ene-00	12	2,1	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	3,2
Bragança	Portugal	685479	4631944	691	29	T	01-ago-79	31-dic-00	376	0,6	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	0,9
Viana do Castelo	Portugal	516618	4616599	16	29	T	04-jun-87	31-dic-00	162	4,9	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	7,3
Monte Velho	Portugal	517515	4215180	43	29	T	01-sep-89	31-dic-00	135	7,3	Alcalá y Custodio (2004b)	1,5	10,9
Iraty	Francia	656125	4766415	1300	30	T	01-ene-90	31-dic-00	24	0,7	Alcalá y Custodio (2004b)	1,0	0,7

Anexo III.- Cálculo de una fracción orientativa de escorrentía directa (superficial y subsuperficial) a partir de datos de escorrentía total elaborados por el CEDEX

Tabla 2.- (continuación)

Punto	Provincia o Isla	Localización geográfica original					Escorrentía Total (mm/año)					Esc. Dir. (mm/año)		
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso	Sector	UTM X	UTM Y	E	σE	F	E	σE	CVE
<i>Roquetes</i>	Tarragona	710830	4521522	50	30	T	788463	4510548	87	5	0,11	10	5	0,52
<i>Logroño</i>	La Rioja	553429	4700060	370	30	T	558463	4700548	69	13	0,18	12	13	1,07
<i>Noia</i>	A Coruña	506799	4731321	685	29	T	18463	4750548	984	89	0,25	242	89	0,37
<i>Mahón</i>	Menorca	606884	4417512	20	31	T	1108463	4440548	123	8	0,10	13	8	0,66
<i>Viznar</i>	Granada	452664	4120988	1230	30	S	448463	4120548	159	49	0,36	58	49	0,86
<i>Niembro</i>	Asturias	350284	4812569	134	30	T	348463	4800548	755	34	0,13	97	34	0,35
<i>Campisábalos</i>	Guadalajara	487415	4570332	1360	30	T	488463	4570548	78	16	0,39	30	16	0,53
<i>Cap de Creus</i>	Girona	526119	4685099	23	31	T	1008463	4700548	163	14	0,10	17	14	0,80
<i>Barcarota</i>	Badajoz	681696	4261601	393	29	S	158463	4270548	158	29	0,18	29	29	0,99
<i>Zarra</i>	Valencia	664320	4327845	885	30	T	668463	4330548	67	11	0,29	19	11	0,56
<i>Iraty</i>	Francia	656125	4766415	1300	30	T	648463	4760548	1441	152	0,38	543	152	0,28
<i>Riera Les Comes</i>	Barcelona	414468	4576876	145	31	N	918463	4590548	121	14	0,13	16	14	0,89
<i>El Algar</i>	Murcia	688165	4168883	40	30	T	678463	4170548	17	1	0,11	2	1	0,47
<i>La Algaidilla</i>	Sevilla	338760	4123887	417	30	S	338463	4120548	60	13	0,19	11	13	1,17
<i>Gobeo</i>	Álava	522870	4745358	504	30	T	518463	4740548	322	19	0,21	67	19	0,29
<i>Araya</i>	Álava	555977	4754379	603	30	T	558463	4750548	1284	70	0,23	293	70	0,24
<i>Santiago</i>	A Coruña	538498	4746249	285	29	T	48463	4760548	1159	73	0,16	186	73	0,39
<i>Almería</i>	Almería	554410	4077382	20	30	S	558463	4080548	8	3	0,10	1	3	3,14

Tabla 1.- (continuación)

Punto	Provincia o isla	Localización geográfica original				Sector	Fecha de inicio	Fecha de finalización	n	A _s (g m ⁻² año ⁻¹)
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso					
Nules	Castellón	744180	4415960	13	30	S	oct-89	dic-91	26	0,06
Sant Mateu	Castellón	260866	4483622	325	31	T	oct-89	dic-91	26	0,01
Ayora	Valencia	668472	4325481	552	30	S	oct-90	dic-91	14	0,04
Carlet	Valencia	714051	4345311	48	30	S	oct-89	dic-91	26	0,12
Cheiva	Valencia	671692	4402286	800	30	S	oct-89	dic-91	26	0,04
Gandia	Valencia	744163	4317102	22	30	S	oct-89	dic-91	26	0,20
Lliria	Valencia	706206	4390046	164	30	S	oct-89	dic-91	26	0,02
Ontinyent	Valencia	706124	4299073	382	30	S	oct-89	dic-91	26	0,13
Requena	Valencia	663212	4373416	692	30	S	oct-89	dic-91	26	0,02
Sagunt	Valencia	733277	4395964	51	30	S	oct-89	dic-91	26	0,12
Torrent	Valencia	717679	4368695	66	30	S	oct-89	dic-91	26	0,11
Xàtiva	Valencia	714646	4318803	115	30	S	oct-89	dic-91	26	0,30
Alcoi	Alicante	719799	4287050	562	30	S	oct-89	dic-91	26	0,24
Alfaç del Pi	Alicante	752302	4274179	88	30	S	oct-89	dic-91	26	0,09
Pinós	Alicante	670796	4252629	380	30	S	oct-89	dic-91	26	0,01
El Pilar	Alicante	694402	4193284	75	30	S	oct-89	dic-91	26	0,09
Sax	Alicante	690026	4267561	471	30	S	oct-89	dic-91	26	0,02
El Verger	Alicante	761258	4304010	22	30	S	oct-89	dic-91	26	0,26
Onhuela	Alicante	680281	4217580	23	30	S	oct-89	dic-91	26	0,02
Eix	Alicante	700700	4238635	23	30	S	oct-89	dic-91	26	0,01
San Vicent	Alicante	714170	4254318	109	30	S	oct-89	dic-91	26	0,04
Albatera	Alicante	686097	4228217	20	30	S	**	**	**	0,01
La Violada	Huesca	721695	4632546	340	30	T	**	**	**	0,01
Basauri	Vizcaya	509442	4787689	80	30	T	29-dic-75	27-dic-76	12	0,43
Erandio	Vizcaya	502913	4794445	40	30	T	29-dic-75	27-dic-76	12	0,77
Bilbao S.	Vizcaya	504702	4788166	19	30	T	29-dic-75	27-dic-76	12	0,43
Vitoria	Álava	527407	4743291	525	30	T	ene-86	ene-87	12	0,13
Aramotz	Vizcaya	523255	4775671	630	30	T	1984	1985	12	1,39
Ereño	Vizcaya	531056	4800620	502	30	T	1984	1985	12	2,08
Algeciras	Cádiz	279496	4001436	20	30	S	sep-82	sep-83	12	0,58
La Molina	Girona	409199	4692514	1440	31	T	ago-87	ago-88	12	0,23
Sallent	Lleida	335029	4703877	1281	31	T	ago-87	ago-88	12	0,63
Tavascan	Huesca	357503	4722537	1650	31	T	ago-87	ago-88	12	0,48
Santander	Santander	436107	4814105	15	30	T	jul-82	abr-85	33	1,36
La Cerollada	Teruel	749370	4526130	840	30	T	ene-96	dic-97	24	0,02
Torre Miró	Castellón	749185	4507236	1220	30	T	ene-96	dic-97	24	0,08
Carrascals	Castellón	745559	4506072	1265	30	T	ene-96	dic-97	24	0,04
Lleria	Tarragona	322487	4538922	40	31	T	mar-74	jun-74	2	0,13
L'Hospitalet del Infant	Tarragona	325529	4540105	12	31	T	mar-74	jun-74	2	0,08
Coll de Balaguer	Tarragona	323226	4539769	120	31	T	mar-74	jun-74	2	0,15
Miami (Montrouig)	Tarragona	326748	4541920	22	31	T	mar-74	jun-74	2	0,17
Almonte	Huelva	720243	4126829	75	29	S	28-feb-89	31-ene-90	12	0,14
Costa (Asperillo)	Huelva	710431	4103929	5	29	S	28-feb-89	31-ene-90	12	0,23
El Rocío	Huelva	723625	4112650	13	29	S	28-feb-89	31-ene-90	12	0,10
Los Cabezudos	Huelva	710869	4116638	40	29	S	28-feb-89	31-ene-90	12	0,07
Sevilla	Sevilla	235967	4138972	12	30	S	28-feb-89	31-ene-90	12	0,29
El Acebuche	Huelva	716589	4101690	26	29	S	feb-90	ene-96	72	0,10
Les Comes	Barcelona	385300	4608090	280	31	T	1995	1996	12	0,05
La Pobla de Claramunt	Barcelona	392100	4614690	370	31	T	1995	1996	12	0,07
Ermita de Sant Pere	Barcelona	365500	4593890	550	31	T	1995	1996	12	0,12
Sta. Maria de Miralles	Barcelona	361300	4607490	650	31	T	1995	1996	12	0,08
S'Albufera	Mallorca	508714	4406000	1	31	T	mar-95	sep-96	18	0,32
L'Assarell	Mallorca	497857	4412000	400	31	T	dic-95	oct-96	10	0,53
Miner Gran	Mallorca	495000	4409571	600	31	T	feb-96	feb-97	12	1,52
Alfabia	Mallorca	475771	4398571	1000	31	T	mar-94	ene-96	22	5,63
Ojén	Málaga	334382	4049681	335	30	S	ene-96	mar-98	88	0,70
Torremolinos	Málaga	365470	4056161	80	30	S	oct-90	mar-98	88	0,22
Llanos de la Nava	Málaga	312749	4058811	1060	30	S	mar-96	feb-97	12	0,87
Motril	Granada	453565	4067683	40	30	S	feb-90	mar-91	12	0,70
Vélez de Benaudalla	Granada	452367	4073417	130	30	S	feb-90	mar-91	12	0,06
Órgiva	Granada	462459	4084828	450	30	S	feb-90	mar-91	12	0,20
Cádiar	Granada	484051	4088959	916	30	S	feb-90	mar-91	12	0,09
Los Pelaos-Lújar	Granada	463798	4076252	1840	30	S	feb-90	mar-91	12	0,67
Moya	G. Canaria	442920	3109430	485	28	R	04-abr-86	29-feb-88	23	1,09
Lanzarote	G. Canaria	443435	3102035	1020	28	R	04-abr-86	31-mar-88	24	1,68
Las Mesas	G. Canaria	442600	3094700	1680	28	R	04-abr-86	31-mar-88	24	0,27
Agua Latente	G. Canaria	443340	3091040	1145	28	R	10-abr-86	31-mar-88	24	0,19
La Barrera	G. Canaria	448360	3082780	530	28	R	10-abr-86	31-mar-88	24	0,02
La Gloria Alta	G. Canaria	445870	3074065	225	28	R	01-sep-87	29-feb-88	6	0,08
Maspalomas	G. Canaria	442640	3071230	66	28	R	01-sep-87	29-feb-88	6	0,03
Melgaço	Portugal	564950	4657650	1170	29	T	13-jun-97	04-may-98	11	2,33
Pozo Negro	Fuerteventura	603500	3133900	90	28	R	1998	1999	12	0,03

Tabla 1.- (continuación)

Punto	Provincia o isla	Localización geográfica original					Fecha de inicio	Fecha de finalización	n	A _s (g m ⁻² año ⁻¹)
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso	Sector				
Pájara	Fuerteventura	587650	3136250	190	28	R	1998	1999	12	0,08
Tuineje	Fuerteventura	593400	3133700	200	28	R	1998	1999	12	0,04
Morro de Velosa	Fuerteventura	593070	3145950	680	28	R	1998	1999	12	0,23
Puerto del Rosario	Fuerteventura	611220	3152800	20	28	R	1998	1999	12	0,03
Cofrentes-Norte	Valencia	670565	4346057	420	30	T	ene-87	jun-88	17	0,09
Cofrentes-Sur	Valencia	667126	4342617	480	30	T	ene-87	jun-88	17	0,08
La Guardia	Jaén	438935	4182921	500	30	S	oct-02	mar-03	5	0,01
Huesa	Jaén	495772	4184446	740	30	S	oct-02	mar-03	5	0,06
Cazorla	Jaén	507357	4203214	810	30	S	oct-02	mar-03	5	0,07
Peñaflor	Zaragoza	687531	4620965	264	30	T	1996	1996	6	0,02
Santa Anastasia	Zaragoza	640532	4668394	346	30	T	jun-99	sep-00	16	0,07
San Juan de la Peña	Huesca	698632	4736391	1340	30	T	27-dic-83	24-abr-84	4	0,10
Aísa	Huesca	695082	4728192	1100	30	T	27-dic-83	24-abr-84	4	0,34
Ibasa (Refugio Balagua)	Navarra	677107	4757620	1428	30	T	1983	1984	12	0,35
Ibasa (Llano Balagua)	Navarra	676219	4756157	950	30	T	1983	1984	12	0,33
Madrid	Madrid	438593	4478342	610	30	T	sep-96	jul-97	11	0,05
Cabo de Palos	Murcia	701426	4168115	1	30	T	14-oct-03	15-sep-04	11	0,29
El Algar	Murcia	688165	4168883	40	30	T	07-oct-03	15-sep-04	11	0,08
Alto de Becerrero	Sevilla	333465	4129233	838	30	S	08-feb-03	20-may-04	16	0,06
La Algaidilla	Sevilla	338760	4123887	417	30	S	08-feb-03	20-may-04	16	0,05
NW02	La Palma	218716	3172440	850	28	R	23-feb-95	06-mar-95	0	1,01
NW05	La Palma	227063	3188132	480	28	R	23-feb-95	06-mar-95	0	1,15
NW09	La Palma	223535	3168026	1125	28	R	23-feb-95	06-mar-95	0	1,21
San Pablo	Toledo	383980	4378789	917	30	T	10-oct-02	10-nov-03	13	0,02
Roquetes	Tarragona	710830	4521522	50	30	T	16-oct-02	04-nov-03	13	0,04
Muras	Lugo	603343	4813841	540	29	T	sep-88	may-89	8	1,98
Viveiró	Lugo	604660	4821586	460	29	T	sep-88	may-89	8	1,84
As Pontes	A Coruña	593943	4813090	340	29	T	sep-88	may-89	8	1,21
Alcañiz	Teruel	741144	4548442	381	30	T	nov-95	oct-96	12	0,01
Majadahonda	Madrid	427102	4482094	743	30	T	ene-98	dic-98	12	0,01
Gobeo	Álava	522870	4745358	504	30	T	ene-86	ene-88	24	0,11
Lodio	Álava	502302	4775571	130	30	T	mar-86	abr-87	13	0,58
Araya	Álava	555977	4754379	603	30	T	sep-86	nov-88	26	1,04
Igueldo	Guipúzcoa	578730	4796453	65	30	T	feb-87	ene-88	11	0,87
Mundaka	Vizcaya	524161	4806560	5	30	T	feb-87	ene-88	11	0,65
Huelva	Huelva	682912	4122634	12	29	S	16-jul-99	03-ene-01	17	0,26
Quintana	Asturias	295351	4804864	377	30	T	30-mar-01	02-ago-02	16	0,78
Cuenca	Cuenca	574639	4434601	998	30	S	03-abr-01	01-ago-02	16	0,02
S ^a de Vicort	Zaragoza	625828	4581288	1383	30	T	04-abr-01	02-ago-02	17	0,02
La Bastida	Salamanca	748720	4496661	1114	29	T	29-mar-01	06-sep-02	17	0,15
Huerta del Rey	Burgos	471214	4632050	1007	30	T	29-mar-01	19-ago-02	17	0,08
S ^a M ^a del Camí	Mallorca	479273	4388574	230	31	S	05-abr-01	02-ago-02	16	0,16
Peñarroya	Córdoba	301235	4242180	577	30	S	30-mar-01	30-sep-02	18	0,03
Santiago	A Coruña	538498	4746249	285	29	T	19-mar-01	10-sep-02	18	0,83
Almería	Almería	554410	4077382	20	30	S	04-mar-01	30-ago-02	18	0,16
D. de Guadix	Granada	491125	4160225	674	30	S	01-mar-01	28-ago-02	18	0,07
El Casar	Guadalajara	463885	4506064	831	30	T	21-jun-01	12-jul-02	13	0,04
Siete Aguas	Valencia	679927	4372973	799	30	T	30-mar-01	04-sep-02	16	0,05
Doñana	Huelva	727750	4096925	5	29	S	01-dic-00	12-ene-03	8	0,11
Depuradora	G. Canaria	419975	3097536	14	28	S	31-oct-00	03-may-02	19	6,85
Tabladas	G. Canaria	423058	3096803	188	28	S	31-oct-00	30-abr-01	6	1,40
Artéjuez	G. Canaria	421921	3093974	338	28	S	31-oct-00	03-may-02	19	0,98
La Cartuja	Granada	446727	4117326	720	30	S	08-ene-87	07-nov-95	106	0,04
Logroño	La Rioja	553429	4700060	370	30	T	05-mar-88	31-dic-00	153	0,02
Noia	A Coruña	506799	4731321	685	29	T	11-ene-93	28-may-00	88	1,74
Mahón	Menorca	606884	4417512	20	31	T	01-dic-94	31-dic-98	48	2,42
Viznar	Granada	452664	4120988	1230	30	S	01-nov-95	31-dic-98	36	0,05
Niembro	Asturias	350284	4812569	134	30	T	01-ene-99	31-dic-00	24	1,27
Campisábalos	Guadalajara	487415	4570332	1360	30	T	01-ene-99	31-dic-00	24	0,03
Cap de Creus	Girona	526119	4685099	23	31	T	01-ene-99	31-dic-00	24	1,73
Barcarrota	Badajoz	681696	4261601	393	29	S	04-mar-99	31-dic-00	19	0,07
Zarra	Valencia	664320	4327845	885	30	T	01-ene-99	31-dic-00	21	0,04
Peñausende	Zamora	259898	4574286	985	30	T	24-jul-00	31-dic-00	6	0,04
Els Torms	Lleida	309142	4585789	470	31	T	01-oct-00	31-dic-00	3	0,00
Risco Llano	Toledo	383925	4375089	1241	30	T	01-oct-00	31-dic-00	3	0,05
O Saviñao	Lugo	606204	4721150	506	29	T	14-mar-02	01-ene-00	12	0,37
Iraty	Francia	656125	4766415	1300	30	T	01-ene-90	31-dic-00	24	0,38

Tabla 2.- Valores de variabilidad interanual de la aportación media anual de CI por la escorrentía directa (superficial y subsuperficial), CV_{AE} , en el territorio español para puntos de muestreo con registro plurianual de contenido en CI. Se indican los valores medios y la desviación estándar en $g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$ y el coeficiente de variación (relación desviación estándar/valor medio, adimensional)

Punto	Provincia o Isla	Localización geográfica original					Fecha de inicio	Fecha de finalización	n	\bar{c}_E ($g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$)	A_E ($g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$)	CV_{AE}
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso	Sector						
Rambla de Guainos	Almería	494003	4068986	85	30	S	03-ene-04	12-ago-04	17	0,14	0,27	0,51
Est. Exp. La Castanya	Barcelona	446202	4624462	731	31	T	01-feb-82	01-mar-83	13	0,03	0,37	0,07
La Budellera	Barcelona	425315	4587238	280	31	N	19-abr-03	17-abr-04	12	0,10	0,45	0,22
Arroyo Maderos	Cáceres	739492	4347876	459	29	S	01-feb-88	01-may-01	161	0,02	0,09	0,19
Aisa	Huesca	695082	4728192	1100	30	T	27-dic-83	24-abr-84	4	0,02	0,34	0,05
Lago Redó	Lleida	318981	4721254	1600	31	T	01-ago-88	01-ago-91	36	0,01	0,17	0,08
Cospuito	Lugo	615900	4788100	465	29	T	20-abr-98	20-nov-98	7	0,31	1,56	0,20
Río Genal	Málaga	310826	4058234	700	30	S	01-mar-96	01-feb-97	11	0,11	0,50	0,22
Río Grande	Málaga	320441	4065926	530	30	S	01-mar-96	01-feb-97	11	0,10	0,35	0,28
Est. Exp. L'Avic	Tarragona	335099	4575313	950	31	T	03-jun-85	08-jun-86	12	0,10	0,34	0,28
Itxina	Vizcaya	516479	4766908	980	30	T	06-jun-84	07-jun-85	12	0,23	1,72	0,14
Riera Major	Barcelona	454412	4640782	480	31	T	07-nov-96	03-oct-97	11	0,03	0,16	0,20
Riera Vermegà	Barcelona	493545	4636044	280	31	T	03-jun-97	23-ago-99	27	0,03	0,18	0,15
Sant Celoni	Barcelona	463965	4616671	180	31	T	15-jul-98	14-jun-02	48	0,05	0,19	0,26
La Caldera	Granada	470334	4100568	3050	30	S	01-may-90	01-ago-91	15	0,01	0,08	0,16
Laguna Cimera	Ávila	304058	4459670	2140	30	T	01-mar-90	01-ago-91	17	0,00	0,04	0,11
Riera de Arbúcies	Barcelona	458504	4631505	170	31	T	10-ene-91	15-dic-91	11	0,04	0,13	0,31
Río Esera	Huesca	445179	4669689	469	31	T	20-may-96	20-may-99	37	0,01	0,05	0,25
Río Ubagua	Navarra	585800	4730490	520	30	T	10-abr-94	7-oct-96	30	0,05	0,37	0,14
Río Noguera-Pallaresa	Lleida	505980	4679051	524	31	T	21-nov-93	18-abr-96	29	0,02	0,15	0,14
Emb. de Eugui	Navarra	620675	4760228	640	30	T	5-oct-94	17-ene-00	64	0,05	0,61	0,08
Río Arga	Navarra	614855	4740243	441	30	T	8-jul-85	13-jul-00	183	0,07	0,18	0,39
Río Híjar	Cantabria	406600	4760036	851	30	T	5-jun-95	1-jun-00	61	0,02	0,15	0,12
Río Subialde	Navarra	561050	4730455	774	30	T	5-jul-93	15-oct-98	64	0,07	0,30	0,22
Río Orpesa	Burgos	483650	4680590	960	30	T	11-ene-95	6-may-98	40	0,03	0,06	0,44
Río Oja	La Rioja	498700	4680593	813	30	T	6-nov-91	7-mar-00	101	0,04	0,07	0,58
Río Oja	La Rioja	502900	4690338	713	30	T	11-ene-94	2-jun-98	53	0,01	0,02	0,43
Bco. Cadajón	La Rioja	511475	4680615	728	30	T	11-ene-94	11-ene-96	24	0,02	0,05	0,41
Río Iregua	Huesca	529815	4639157	361	30	T	8-mar-94	6-may-98	51	0,05	0,25	0,18
Río Irati	Navarra	633800	4730790	504	30	T	13-feb-95	14-feb-99	49	0,02	0,23	0,10
Emb. de Urdalur	Navarra	562100	4750115	645	30	T	7-jun-95	7-jun-00	61	0,07	0,88	0,08
Emb. de Sarra	Huesca	718600	4740181	1423	30	T	13-jun-94	10-jun-96	24	0,12	0,55	0,21
Río Aurín	Huesca	713350	4710985	201	30	T	14-oct-93	11-abr-96	30	0,01	0,03	0,33
Ayo. Agramonte	Zaragoza	597800	4630053	1060	30	T	3-jul-94	1-jul-96	24	0,01	0,01	0,44
Río Err	Lleida	614956	4707805	1224	31	T	23-mar-95	23-mar-00	61	0,02	0,07	0,31
Bco. Santa Anna	Lleida	536683	4698730	692	31	T	16-jul-95	24-jul-96	12	0,03	0,05	0,48
Río Guatizalema	Huesca	724475	4670940	604	30	T	27-ene-93	24-ene-95	24	0,02	0,07	0,24
Posadero	Vizcaya	488346	4797574	355	30	T	02-oct-90	05-sep-95	60	0,02	0,54	0,04
Manzanal	Vizcaya	490972	4798018	350	30	T	02-oct-90	05-sep-95	60	0,04	0,98	0,04
Santander	Santander	436107	4814105	15	30	T	jul-82	abr-85	33	0,04	1,36	0,03
La Cerolleda	Teruel	749370	4526130	840	30	T	ene-96	dic-97	24	0,01	0,02	0,28
Torre Miró	Castellón	749185	4507236	1220	30	T	ene-96	dic-97	24	0,01	0,08	0,12
Carrascals	Castellón	745559	4506072	1265	30	T	ene-96	dic-97	24	0,00	0,04	0,11
El Acebuche	Huelva	716589	4101690	26	29	S	feb-90	ene-96	72	0,03	0,10	0,24
Les Comes	Barcelona	385300	4608090	280	31	T	1995	1996	12	0,02	0,05	0,34
S'Albufera	Mallorca	508714	4406000	1	31	T	mar-95	sep-96	18	0,14	0,32	0,44
Alfabia	Mallorca	475771	4398571	1000	31	T	mar-94	ene-96	22	1,84	5,63	0,33
Ojén	Málaga	334382	4049681	335	30	S	ene-96	mar-98	88	0,18	0,70	0,25
Torremolinos	Málaga	365470	4056161	80	30	S	oct-90	mar-98	88	0,07	0,22	0,31
Cueva de Nerja	Málaga	422481	4069278	100	30	S	01-mar-91	01-dic-98	94	0,04	0,45	0,08
Moya	G. Canaria	442920	3109430	485	28	R	04-abr-86	29-feb-88	23	0,15	1,09	0,13
Lanzarote	G. Canaria	443435	3102035	1020	28	R	04-abr-86	31-mar-88	24	0,42	1,68	0,25
Las Mesas	G. Canaria	442600	3094700	1680	28	R	04-abr-86	31-mar-88	24	0,08	0,27	0,31
Agua Latente	G. Canaria	443340	3091040	1145	28	R	10-abr-86	31-mar-88	24	0,07	0,19	0,35
La Barrera	G. Canaria	448360	3082780	530	28	R	10-abr-86	31-mar-88	24	0,00	0,02	0,24
Peñarroya	Córdoba	301235	4242180	577	30	S	30-mar-01	30-sep-02	18	0,02	0,03	0,64
D. de Guadix	Granada	491125	4160225	674	30	S	01-mar-01	28-ago-02	18	0,19	0,07	2,80
Depuradora	G. Canaria	419975	3097536	14	28	S	31-oct-00	03-may-02	19	2,53	6,85	0,37
Artéjevez	G. Canaria	421921	3093974	338	28	S	31-oct-00	03-may-02	19	0,59	0,98	0,60
San Pablo	Toledo	383980	4378789	917	30	T	10-oct-02	10-nov-03	13	0,02	0,02	1,52
La Cartuja	Granada	446727	4117326	720	30	S	08-ene-87	07-nov-95	106	0,01	0,04	0,27
Roquetes	Tarragona	710830	4521522	50	30	T	16-oct-02	04-nov-03	13	0,01	0,04	0,19

Tabla 2.- (continuación)

Punto	Provincia o Isla	Localización geográfica original					Fecha de inicio	Fecha de finalización	n	σA_E ($g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$)	A_E ($g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$)	CVA _E
		UTM X	UTM Y	Cota	Huso	Sector						
Logroño	La Rioja	553429	4700060	370	30	T	05-mar-88	31-dic-00	153	0,00	0,02	0,20
Noia	A Coruña	506799	4731321	685	29	T	11-ene-93	28-may-00	88	0,13	1,74	0,08
Mahón	Menorca	606884	4417512	20	31	T	01-dic-94	31-dic-98	48	0,61	2,42	0,25
Viznar	Granada	452664	4120988	1230	30	S	01-nov-95	31-dic-98	36	0,01	0,05	0,14
Niembro	Asturias	350284	4812569	134	30	T	01-ene-99	31-dic-00	24	0,08	1,27	0,06
Campisábalos	Guadalajara	487415	4570332	1360	30	T	01-ene-99	31-dic-00	24	0,00	0,03	0,05
Cap de Creus	Girona	526119	4685099	23	31	T	01-ene-99	31-dic-00	24	0,09	1,73	0,05
Barcarota	Badajoz	681696	4261601	393	29	S	04-mar-99	31-dic-00	19	0,01	0,07	0,08
Zarra	Valencia	664320	4327845	885	30	T	01-ene-99	31-dic-00	21	0,00	0,04	0,05
Iraty	Francia	656125	4766415	1300	30	T	01-ene-90	31-dic-00	24	0,03	0,38	0,09
Riera Les Comes	Barcelona	414468	4576876	145	31	N	28-feb-04	20-abr-04	2	0,09	0,49	0,18
El Algar	Murcia	688165	4168883	40	30	T	07-oct-03	15-sep-04	11	0,01	0,08	0,07
La Algaidilla	Sevilla	338760	4123887	417	30	S	08-feb-03	20-may-04	16	0,04	0,05	0,72
Gobeo	Álava	522870	4745358	504	30	T	ene-86	ene-88	24	0,02	0,11	0,17
Araya	Álava	555977	4754379	603	30	T	sep-86	nov-88	26	0,11	1,04	0,11
Santiago	A Coruña	538498	4746249	285	29	T	19-mar-01	10-sep-02	18	0,35	0,83	0,42
Almería	Almería	554410	4077382	20	30	S	04-mar-01	30-ago-02	18	0,54	0,16	3,39

Listado de referencias bibliográficas de las que se ha obtenido información que aparece citada en los anexos

- Alcalá F.J. y Custodio E. (2004a). *Estudio del potencial de la relación Cl/Br como indicador del origen de la salinidad en diversos acuíferos de España y Portugal*. Proyecto CICYT: HID 1999-0205 (informe 7). Centro de Documentación del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 1-141.
- Alcalá, F.J. y Custodio, E. (2004b). Deposición total atmosférica de elementos mayoritarios en la ciudad de Barcelona (NE de España). Datos preliminares sobre la aportación mineral por la precipitación atmosférica. En: *Simposio sobre el Agua y la Ciudad Sostenible: Hidrogeología Urbana*. Barcelona. 1:277-287.
- Alcalá F.J. y Custodio E. (2004c). *Estudio de la deposición total atmosférica obtenida en la red de muestreo del IGME en diversas zonas de España*. Proyecto CICYT: HID 1999-0205 (informe 6). Centro de Documentación del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 1-41.
- Alcalá F.J. y Custodio E. (2004d). *Análisis del aporte de cloruro al terreno a partir de los datos de deposición obtenidos en estaciones de la Red Europea del EMEP*. Proyecto CICYT: HID 1999-0205 (informe 8). Centro de Documentación del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 1-88.
- Alvera, B. (1990). *Ciclos de elementos minerales en dos pinares pirenaicos*. Tesis Doctoral (inédita). Univ. Complutense de Madrid. Madrid. 754 pp.
- Alvera, B. y Puigdefábregas, T. (1985). Pulsación diaria de la carga suspendida y disuelta en la escorrentía de fusión nival. *Cuadernos de investigación geográfica*. 11(1-2): 5-20.
- Antigüedad, I. (1988). Estudio de acuíferos kársticos a partir de sus respuestas naturales. Aplicación a dos sistemas del País Vasco. *Rev. Soc. Geol. España*. 1(1-2): 211-227.
- Ávila, A. (1996). Time trends in the precipitation chemistry at a mountain site in Northeastern Spain for the period 1983-1994. *Atmos. Environ.* 30(9): 1363-1373.
- Avila, A. y Roda, F. (1985). Variaciones del quimismo del arroyo durante las crecidas en una cuenca de encinar montano. *Cuadernos de investigación geográfica*. 11(1-2): 21-31.
- Batalla, R. y Sala, M. (1993). Balanç hidroquímico d'una conca mediterrània en estat seminatural: el cas de la riera d'Arbúcies. *Acta Geol. Hispànica*. 1:55-64.
- Bellot, J. y Escarré, A. (1988). Contribución del quimismo del agua de lluvia, de la deposición seca y lixiviación, sobre la química de los flujos de transcolación y escorrentía cortical en el encinar mediterráneo. *Options Méditerranéennes*. 3: 211-214.
- Benavente, J., Hidalgo Estévez, M.C., Izquierdo del Arco, A., El Mabrouki, K. Rubio Campos, J.C. (2004). Contenido en cloruros y en isótopos estables (^{18}O y D) de las precipitaciones en un área montañosa (alto Guadalquivir, provincia de Jaén). *Geogaceta*. 36: 107-110.
- Bernal, S. (2004). Hydrological processes and nutrient dynamics during storm events in an intermittent Mediterranean stream. Tesis Doctoral. Univ. de Barcelona. En preparación.
- Butturini, A. (1999). Contribution of the boundary zones on nutrient dynamics in a stream with Mediterranean regime. Tesis Doctoral. Univ. de Barcelona. 193 pp.
- Camarero, L. y Catalán, J. (1993). Chemistry of bulk precipitation in the central and eastern Pyrenees, Northeast Spain. *Atmos. Environ.* 27A(1): 83-94.

- Camerero, L., Wright, R.F., Catalán, J. y Ventura, M. (2004). Application of MAGIC to Lake Redó (Central Pyrenees): an assessment of the effects of possible climate driven changes in atmospheric precipitation, base cation deposition, and weathering rates inlake water chemistry. *Journal of Limnology*. 63(1): 123-132.
- Carratalá, A., Gómez, A. y Bellot, J. (1998). Mapping rain composition in the east of Spain by applying kriging. *Water, Air and Soil Pollution*. 104: 9-27.
- Condesso de Melo, M.T. (2002). Flow and hydrogeochemical mass transport model of the Aveiro Cretaceous multilayer aquifer (Portugal). Tesis Doctoral. Univ. de Aveiro. 368 pp.
- Custodio, E. y Sáenz de Oiza, J. (1972). *Estudio Geohidrológico del Macizo de Famara, Lanzarote*. MOP. Dirección General de Obras Hidráulicas. 200 pp (aprox.) y anexos.
- CHE (2003). *Red ICA. Resultados analíticos de aguas superficiales*. Confederación hidrográfica del Ebro.
- Díaz-Fierros, F. (1993). *Las aguas superficiales*. Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Univ. de Santiago de Compostela. 253 pp.
- Domingo, F., Puigdefábregas, J., Moro, M.J. y Bellot, J. (1994). Role of vegetation cover in the biogeochemical balances of a small afforested catchment in southeastern Spain. *Journal of Hydrology*. 159: 275-289.
- Durana, N., Ezcurra, A., Casado, H., Lacaux, J.P. y García, C. (1990). Resultados sobre la deposición húmeda en el País Vasco español. *Rev. de Geofísica*. 46: 97-108.
- Gómez González, P. (2002). Estudio del impacto de la mina de uranio "Los Ratones" (Albalá, Cáceres) sobre las aguas superficiales y subterráneas: modelación hidrogeológica. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid. 416 pp.
- González-Arias, A., Amezaga, I., Echeandía, A. y Onaindia, M. (2000). Buffering capacity through cation leaching of *Pinus radiata* D. Don canopy. *Plant Ecology*. 149(1): 23-42.
- Herrera, C. (2001). *Caracterización hidrogeoquímica del Macizo de Betancuria, Fuerteventura, Archipiélago de Canarias*. Tesis Doctoral. Dpto. de Ing. del Terreno y Cartográfica. Univ. Pol. Cataluña (Barcelona).
- Hidalgo-Estevez, M.C., Rey-Arrans, J. y Cruz-Sanjulián, J.J. (1996). *Caracterización físico-química de los recursos hídricos de la comarca de Linares (Jaén)*. IV Simposio sobre el Agua en Andalucía. IGME. Almería. 2: 89-98.
- Lambán, L.J. (1998). *Estudio de la recarga y del funcionamiento hidrogeológico de la Unidad de Anoia (Cordillera Prelitoral Catalana)*. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Cataluña. 207 pp + anexos.
- Lasanta, T. y García J.M. (1999). Exportación de solutos desde diferentes usos del suelo. Estudio experimental en el pirineo central español. *Geographicalia*. 37: 105-122.
- Lasanta, T., Pérez-Rontomé, C., Machín, J., Navas, A., Mosch, W. y Maestro, M. (2001). La exportación de solutos en un polígono de regadío de Bardenas (Zaragoza). *Rev. Cuaternario y Geomorfología*. 15(3-4): 51-66.
- Liñán, C., Andreo, B. y Carrasco, F. (1999a). Hydrogeological research on carbonate aquifers of a Unesco Biosphere Reserve (Sierra de las Nieves, Málaga, S Spain). XXIX Congress of IAH. *Hydrogeology and Land Use Management*. Bratislava. 203-208.
- Liñán, C., Andreo, B., Carrasco, F. y Vadillo, I. (1999b). Hidrodinámica e hidroquímica de las aguas de goteo de la Cueva de Nerja. *Contribución al Estudio Científico de las Cavidades Kársticas al Conocimiento Geológico*. (Andreo, B., Carrasco, F. y Durán, J.J., Eds.). Patronato de la Cueva de Nerja, Nerja (Málaga). 393-402.

- López-Mosquera, M.B., Paz, A., Dafonte, J., Neira, X. (2000). *Variabilidad espacial y temporal de la calidad de aguas superficiales y subterráneas en Terra Cha (Lugo)*. En: Las aguas subterráneas en el noreste de la península ibérica. (Samper, J., Leitão, Fernández, L. y Ribeiro, L.). IGME, AIH y APRH. Madrid. 317-322
- Lledó, J.M. y Escarre, A. (1985). Datos preliminares de la exportación de materia disuelta y particulada en una cuenca de encinar. *Cuadernos de investigación geográfica*. 11(1-2): 55-63.
- Mosello, R. (1999). The MOLAR Project: atmospheric deposition and lake water chemistry. *Journal Limnol.* 58(2): 88-106.
- Prada-Sánchez, J.M., García-Jurado, I., González-Manteiga, W., Fiestras-Janeiro, M.G., Espada-Ríos, M.I. y Lucas-Domínguez, T. (1993). Multivariate statistical analysis of precipitation chemistry in Northwestern Spain. *Water, Air, and Soil Pollution*. 63: 37-55.
- Sala, M. (2004). Hydrogeomorphological assessment of surface and groundwater quality in the Ridaura stream, catalan ranges, NE Iberian peninsula. *Land Degrad. Develop.* 15: 311-323.
- Sala, M. y Farguell, J. (2002). Exportación de agua y sedimento en dos pequeñas cuencas mediterráneas bajo diferentes usos del suelo. Sistema Costero Catalán. *Rev. Cuaternario y Geomorfología*. 16(1-4): 97-109.