

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 (IGME/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 (IGME/UPC)

Informe interno nº 6

Título:

Estudio de la deposición total atmosférica obtenida en la red de muestreo del IGME en diversas zonas de España

Fecha: Octubre 2003

<i>Autores:</i>	Francisco J. Alcalá	IGME/UPC
	Con la colaboración de: Emilio Custodio	IGME/UPC
	Diseño y operación de la red: Loreto Fernández y Luis Moreno	IGME
	Análisis químicos: M ^a . del Pilar de la Fuente e Itziar Vázquez	IGME

Resumen:

La deposición total atmosférica de Cl estudiada en diversas zonas de España muestra una alta homogeneidad en el centro peninsular con valores entre 0,2 y 0,5 g·m⁻²·año⁻¹, mientras que en la zona costera atlántica y mediterránea es más heterogénea y presenta valores de 1 a 6 g·m⁻²·año⁻¹.

Las estaciones costeras, con mayor influencia marina, dan valores de R ~ 655; mientras que las estaciones interiores, con un aerosol marino más diluido, R está entre 300 y 500. Algunas estaciones de interior con contenidos altos de SO₄ y R ~ 1000 incluyen aporte salino procedente de la litología local, principalmente de rocas evaporíticas. El efecto climático árido en zonas costeras del SE peninsular e Islas Canarias da valores de R > 1000, contenidos altos de Cl y relaciones iónicas similares a las marinas. La influencia urbana de algunas muestras da valores de R entre 300 y 450.

Con estos datos y otros bibliográficos consultados, se indica que el cálculo de la recarga a los acuíferos mediante balance químico resulta incierto en la franja periférica producto del elevado gradiente territorial de la deposición de Cl y su alta variación composicional; no es así en zonas interiores donde existe mayor uniformidad. La relación rCl/rBr permite identificar los diferentes orígenes de la salinidad de la deposición de Cl, siempre que se hayan identificado previamente las posibles fuentes de Cl. Los valores de R del agua de infiltración no afectada por otros procesos significativos que varíen su salinidad deben guardar relación directa del valor de R de la deposición atmosférica, lo que permite el uso de esta relación como trazador para la estimación de la recarga mediante métodos químicos.

1. INTRODUCCIÓN

A finales del año 2000 y principios del 2001 el IGME instaló una red de 14 pluviómetros-tomamuestras de agua de lluvia en diversos puntos del territorio español (área peninsular e insular) (Fig. 1) para la evaluación de la deposición total atmosférica de cloruro al terreno con el objetivo de poder establecer el balance de recarga a acuíferos mediante métodos químicos ambientales (Custodio, 1997).

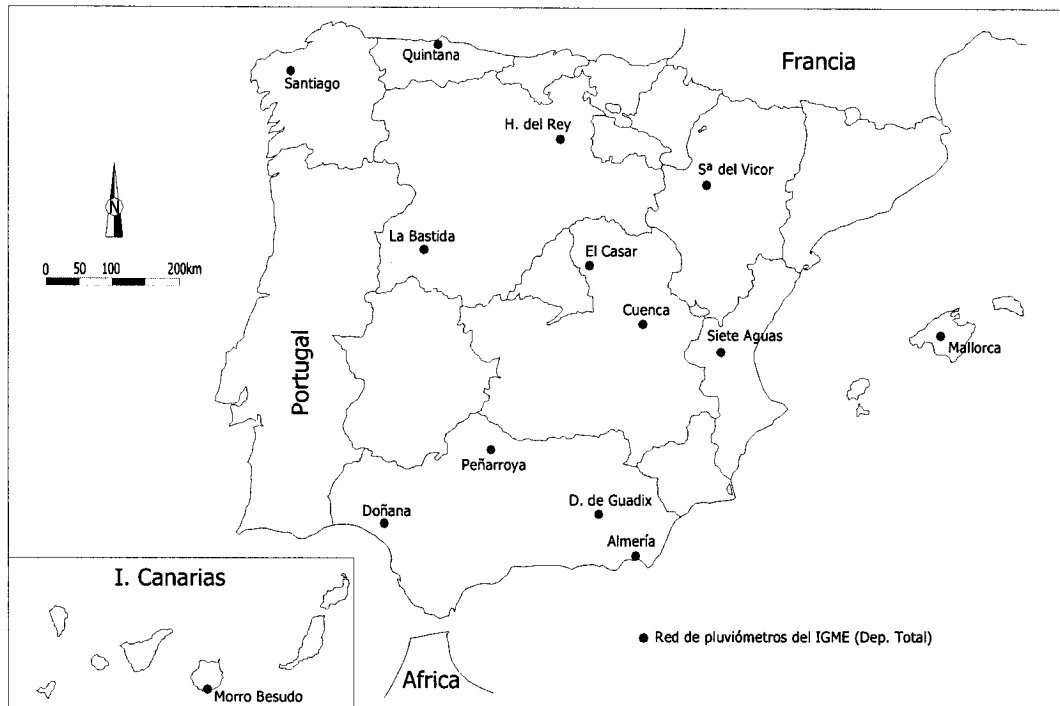


Figura 1. Localización geográfica de los pluviómetros-tomamuestras del IGME

2. PERIODO Y PUNTOS DE MUESTREO

En la Tabla 1 se recoge el periodo de funcionamiento de cada pluviómetro-tomamuestras, su localización y otras características geográficas. Los detalles de cada estación se describen caso a caso en el apartado 6 de este informe.

Tabla 1. Periodos de muestreo y características geográficas de las estaciones estudiadas

Estación	Provincia o isla	Fecha de inicio	Fecha de finalización	días	Altitud (m)	Distancia al mar (km)
Quintana	Asturias	28-feb-01	02-ago-02	521	275	11
Morro Besudo	G. Canaria	05-nov-01	14-feb-02	101	50	0,4
Cuenca	Cuenca	03-mar-01	01-jul-02	479	968	185
S ^a de Vicort	Zaragoza	04-mar-01	02-ago-02	515	1383	287
La Bastida	Salamanca	28-feb-01	12-jul-02	416	1114	245
Huerta del Rey	Burgos	28-feb-01	31-jul-02	521	1007	194
S ^a M ^a del Camí	Mallorca	06-mar-01	06-sep-02	556	60	13
Peñarroya	Córdoba	28-feb-01	19-sep-02	570	535	202
Santiago	A Coruña	17-feb-01	02-ago-02	505	255	32
Almería	Almería	02-feb-01	30-sep-02	579	20	0,2
D. de Guadix	Granada	30-ene-01	10-ago-02	569	674	102
El Casar	Guadalajara	22-may-01	30-ago-02	574	832	320
Siete Aguas	Valencia	28-feb-01	29-ago-02	578	799	56
Doñana	Huelva	30-nov-00	27-dic-01	235	5	8

3. MÉTODOS

3.1. Muestreo de la precipitación en los pluviómetros del IGME

El muestreo de agua de lluvia comenzó con el diseño de sencillos colectores que permiten obtener muestras de lluvia acumulada durante periodos de tiempo que han oscilado entorno a un mes, aunque en alguna estación los intervalos han superado o no han llegado este periodo, dependiendo del volumen de lluvia recogido. El diseño de cada pluviómetro-tomamuestras permite recoger la deposición atmosférica seca (polvo) y la húmeda (lluvia, granizo, nieve...) que se genera durante cada periodo de muestreo mediante la colección de un amplio volumen de muestra equivalente a una precipitación totalizada de 118 mm (Fig. 2).

Esquema del sistema de recogida de deposición atmosférica

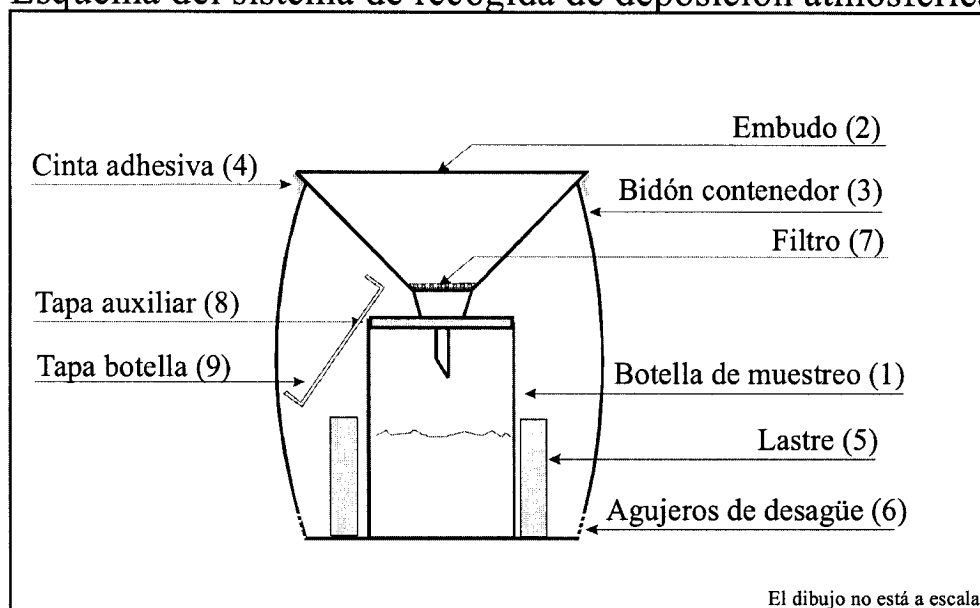


Figura 2. Diseño de un pluviómetro del IGME

Este colector (Fig. 2) consiste en una botella de muestreo de 10 L de capacidad (1) en la que se almacena tanto el agua de lluvia como el sedimento seco que se deposita en un embudo de 320 mm de diámetro (2). El embudo y la botella de recogida de muestra se encuentran instalados en un bidón contenedor (3) al que se une solidariamente mediante cinta adhesiva para un mejor encaje (4). El bidón está lastrado (5) con el fin de evitar que el viento o un golpe pueda desplazarlo. Se han practicado unos agujeros en la base (6) para que no se almacene agua en su interior. El embudo de recogida de muestra dispone de un filtro de fondo (7) que impide que elementos extraños puedan penetrar en el interior del sistema. La conexión entre el embudo y la botella de muestra se hace mediante una tapa auxiliar (8) que evita las salpicaduras y excesiva evaporación del agua muestreada. La Figura 3 muestra detalles de su instalación.

Se ha acumulado toda la precipitación caída correspondiente a los diversos intervalos de muestreo. Al final del periodo, tanto si ha llovido como si no, se ha lavado el embudo con un volumen conocido de agua destilada para incorporar la deposición seca (polvo atmosférico) acumulada en el embudo dentro del cómputo de

deposición total perteneciente a ese periodo. El volumen de agua destilada utilizado en el lavado del embudo en cada muestra se indica para cada estación en el apartado 6.

El muestreo posterior ha partido siempre de una situación en la que no existe depositado contenido salino alguno del periodo anterior. Al final de cada periodo se obtiene un volumen de muestra que incluye el volumen de precipitación, un volumen conocido de agua destilada y una concentración salina asociada a la deposición total que ha sido analizada. Sabiendo que el diámetro del colector es de 320 mm se puede obtener la tasa de deposición total de cada sustancia para cada periodo muestreado en función del volumen total de muestra obtenida y la concentración salina asociada; como sigue:

$$A(\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}) = C(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}) \cdot \left[\frac{1}{S_C(\text{m}^2)} \right] \cdot \left[(V_L(\text{ml}) + V_A(\text{ml})) \cdot \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} \right] \quad [1]$$

donde:

A: deposición total de una sustancia (en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)

C: concentración de una sustancia (en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

S_C : superficie del embudo del colector (en m^2)

V_L : volumen obtenido de precipitación (en mL)

V_A : volumen añadido de agua destilada (en mL) para el lavado del embudo

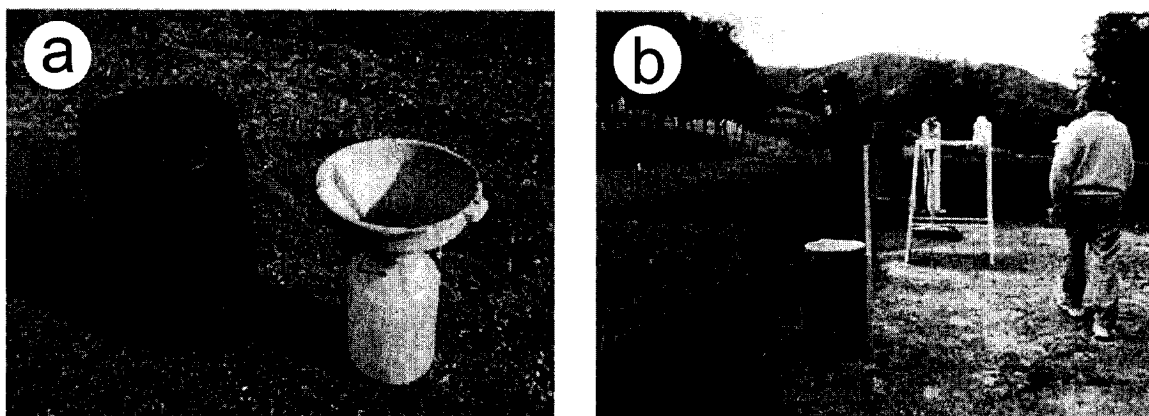


Figura 3. a: Esquema del dispositivo de captación. b: Instalación de un pluviómetro-tomamuestras del IGME junto a otro del INM en la estación de San Pablo (Toledo)

Parte del polvo puede no ser atmosférico propiamente dicho sino levantado del terreno por el viento o la actividad humana próxima, tal como la circulación de vehículos, extracciones de áridos...; y así concentrar sales en tránsito en el muestreador. Se supone que el aporte de cloruro no ha cambiado substancialmente por modificaciones recientes en el uso del territorio y que su valor varía de un lugar a otro del territorio según las condiciones ambientales. Las variaciones climáticas puntuales producen una importante dispersión/concentración del aerosol atmosférico (Löye-Pilot y Morelli, 1988).

3.2. Análisis de la precipitación

Las determinaciones químicas de la deposición total se han realizado en el Laboratorio del IGME en Tres Cantos (Madrid). En ocasiones, la baja mineralización del agua de lluvia o la dilución efectuada con agua destilada durante su recolección ha condicionado valores de Na y K por debajo del límite de detección, no siendo

posible su repetición. La medición de la conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C y pH han sido instrumentales. La determinación de Cl, SO_4 y Br se ha realizado mediante cromatografía iónica de alto rendimiento (paso lento, HPLC), que permite separar eficazmente los picos del Cl y del Br, y medir el Br con precisión a concentraciones de menos de $5\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (Custodio y Alcalá-García, 2003; informe nº 1 del proyecto CICYT, HID 1999-0205). El Na y K se han determinado mediante emisión atómica. No se han realizado determinaciones de otras sustancias. Los resultados se describen para cada estación en el apartado 6 de este informe.

4. DEPOSICIÓN TOTAL DE CLORURO

A partir de los valores de precipitación y concentración de cloruro de cada periodo temporal de muestreo se han obtenido los valores de deposición total de Cl (en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$) para cada intervalo de tiempo estudiado en cada estación. La suma de todos estos intervalos temporales permite obtener la tasa de deposición total producida en cada estación durante todo el periodo de estudio, generalmente superior a un año en todas ellas (Tabla 2). La tasa de deposición total anual se ha obtenido comparando la deposición total registrada durante todo el registro temporal respecto a un año; como sigue:

$$A(\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}) = \frac{\sum_n^i A_{(i,n)}(\text{mg}\cdot\text{m}^{-2})}{n(\text{días})} \cdot \frac{365\text{días}}{1\text{año}} \quad [2]$$

donde n = número de días de funcionamiento de la estación; $\sum_n^i A_{(i,n)}$ = valor de deposición total acumulado para todo el periodo temporal en (en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$). Los resultados se incluyen en la columna a de la Tabla 2.

Tabla 2. a: valores de deposición total de Cl (en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$) que consideran todos los muestreos realizados. b: valores de deposición total de Cl (en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$) que no han considerado en algunas estaciones (indicadas con asterisco) algunas muestras iniciales consideradas anómalas. c: valores anuales adoptados de deposición total de Cl (en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$)

Estación	a				b			c	
	Fecha Inicio	Fecha Final	n	Dep.T. Cl ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$)	Fecha Inicio	Fecha Final	n	Dep.T. Cl ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$)	Dep.T. Cl ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$)
Quintana (Asturias)*	28-feb-01	02-ago-02	521	3411	30-mar-01	02-ago-02	491	2796	2,8
Morro Besudo (Gran Canaria)	05-nov-01	14-feb-02	101	1085	05-nov-01	14-feb-02	101	1085	1,1
Cuenca (Cuenca)*	03-mar-01	01-jul-02	479	280	03-abr-01	01-jul-02	449	230	0,2
Sierra del Vicort (Zaragoza)*	04-mar-01	02-ago-02	515	386	04-abr-01	02-ago-02	485	309	0,3
El Casar (Guadalajara)*	22-may-01	12-jul-02	416	456	21-jun-01	12-jul-02	386	378	0,4
Siete Aguas (Valencia)	28-feb-01	31-jul-02	521	1049	28-feb-01	31-jul-02	521	1049	1,0
La Bastida (Salamanca)*	28-feb-01	06-sep-02	556	511	29-mar-01	06-sep-02	526	380	0,4
Huerta del Rey (Burgos)*	28-feb-01	19-sep-02	570	465	29-mar-01	19-sep-02	540	351	0,4
Sta. María del Camí (Mallorca)	06-mar-01	02-ago-02	505	832	06-mar-01	02-ago-02	505	832	0,8
Pañarroya (Córdoba)*	28-feb-01	30-sep-02	579	670	30-mar-01	30-sep-02	549	522	0,5
Santiago (A Coruña)*	17-feb-01	10-ago-02	569	4257	19-mar-01	10-ago-02	566	3873	3,9
Univ. de Almería (Almería)	02-feb-01	30-ago-02	574	5254	02-feb-01	30-ago-02	574	5254	5,3
Dehesas de Guadix (Granada)	30-ene-01	29-ago-02	578	1431	30-ene-01	29-ago-02	578	1431	1,4
Doñana (Huelva)	30-nov-00	27-dic-01	235	1181	30-nov-00	27-dic-01	235	1181	1,2

n=número de días estudiados

Se desconoce si los valores anuales de deposición total de Cl obtenidos son representativos de las condiciones ambientales habituales en cada emplazamiento o

si por el contrario están afectados por variaciones puntuales que impiden su extrapolación para periodos temporales más amplios al propio periodo de estudio.

El valor anual de deposición total puede incluir algún valor puntual aleatorio diferente a las condiciones habituales que impide que éste sea representativo y pueda extrapolarse a periodos temporales más amplios. Para observar el grado de uniformidad a lo largo del tiempo de la deposición total se ha determinado la variación existente entre cada valor parcial de deposición total obtenido respecto del valor acumulado para todo el periodo de estudio en cada estación, ambos dados en días. De esta forma se observan aquellos valores que contribuyen de forma anómala al computo total de la deposición que son función de las condiciones ambientales de cada estación. El cálculo se expresa como sigue:

$$A_k = \frac{\frac{A_i}{\Delta t_i}}{\frac{\sum A_{(i,n)}}{n} \Delta t_{(i,n)}} \quad [3]$$

donde:

A_i = valor acumulado de deposición total en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ para un intervalo de muestreo

Δt_i = periodo de muestreo en días de cada intervalo de muestreo

$A_{(i,n)}$ = valor acumulado de deposición total en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ para todo el periodo de funcionamiento

$\Delta t_{(i,n)}$ = periodo total de funcionamiento de cada muestreador en días

A_k es un parámetro adimensional que muestra la desviación de los valores parciales de deposición total respecto del valor acumulado de deposición, ambos dados en días. Cuando la deposición total es uniforme en el tiempo, $A_k \sim 1,0$ con una lógica desviación producto de las variaciones estacionales. La existencia de condiciones ambientales anómalas producen valores de A_k diferentes a 1. (Fig. 4).

Algunas estaciones incluyen valores muy altos de A_k que distorsionan su tendencia oscilante a lo largo del tiempo (Fig. 4), disminuyendo la representatividad del valor anual de deposición total y no permitiendo su extrapolación en el tiempo.

Las estaciones de Quintana (Asturias), Cuenca (Cuenca), Sierra del Vicort (Zaragoza), El Casar (Guadalajara), La Bastida (Salamanca), Huerta del Rey (Burgos) y Peñarroya (Córdoba) presentan un primer valor de A_k muy alto sin causa justificada (Fig. 4). Se sospecha que puedan ser producto de errores de muestreo u otros aspectos no conocidos como la fecha exacta de inicio del muestreo, supuesta inicialmente de 30 días en todas las estaciones, estado de limpieza inicial del colector, etc., lo que ha hecho desestimarlos para el cálculo de deposición total y del resto de parámetros químicos en todas aquellas estaciones donde han aparecido. Sus altos valores de precipitación y contenido de cloruro hacen sospechar un periodo de funcionamiento superior a un mes y un estado inicial de limpieza no adecuado del colector. Estos valores están incluidos en las tablas de resultados de cada una de las estaciones que aparecen en el apartado 6.

También se observan valores puntualmente anómalos de A_k en las estaciones de Sierra del Vicort (Zaragoza), Siete Aguas (Valencia), Santa María del Camí (Mallorca), Santiago (A Coruña), Univ. de Almería (Almería) y Dehesas de Guadix (Granada) que se relacionan con precipitaciones muy altas, contenidos muy altos de cloruro o ambos a la vez, que dan tasas de deposición total muy elevadas de forma aislada en el tiempo, sin correlación entre ellas y asociadas a condiciones ambientales puntuales de cada estación (Fig. 4). Estos valores, a diferencia de los

anteriores, son parte de la heterogeneidad de la deposición y han de considerarse, aunque afectan a la obtención de un valor homogéneo de deposición. Del mismo modo también existen otros valores especialmente bajos por causas análogas.

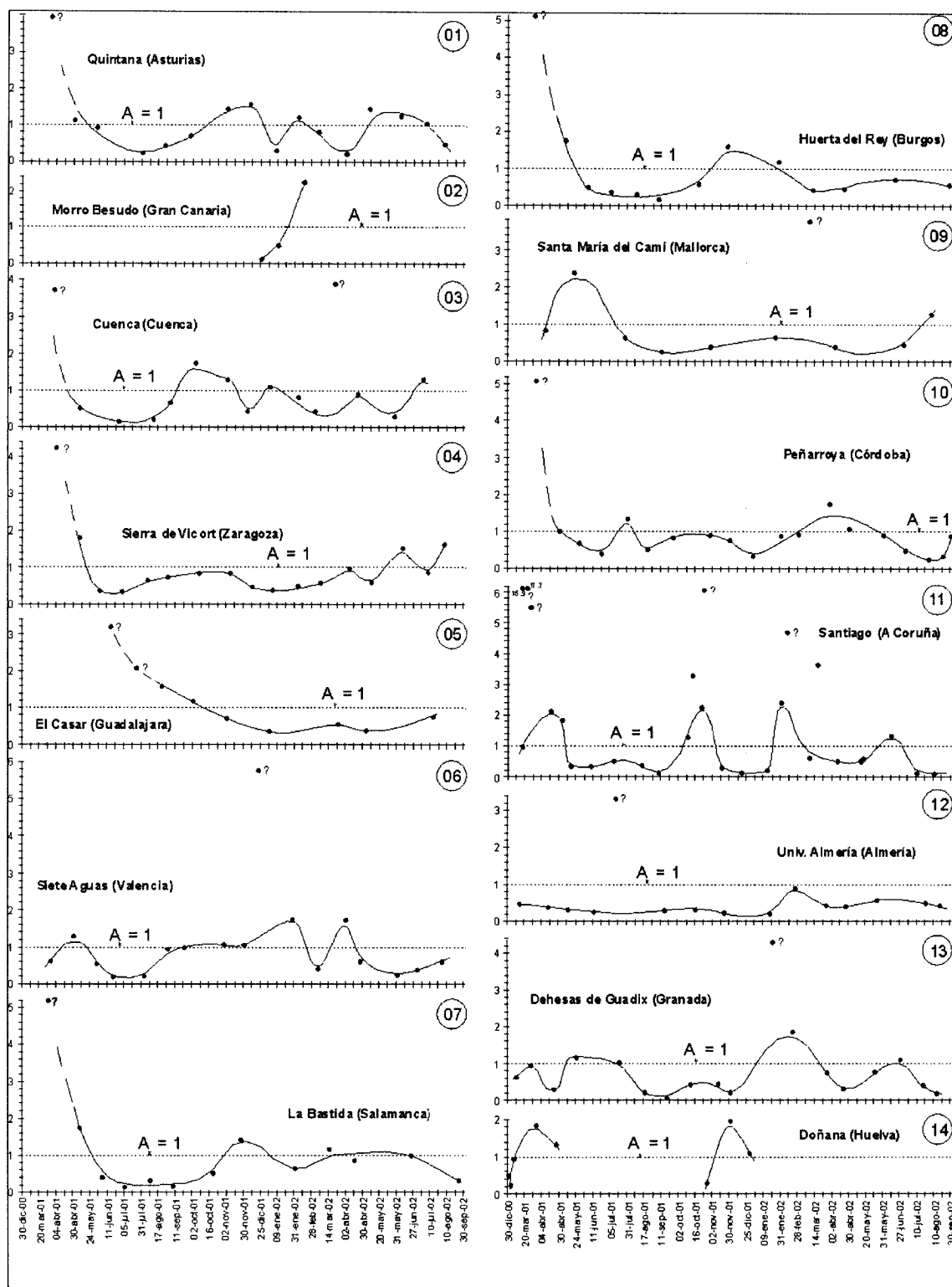


Figura 4. Variación de A_k (eje de abscisas) durante el periodo de estudio en cada estación

El resto de valores de A_k de cada estación muestran tendencias oscilantes en el tiempo dependientes de las variaciones estacionales más o menos comunes en

todas ellas, donde los valores bajos de A_k se producen durante verano e invierno, asociados a precipitaciones moderadas y bajos contenidos salinos, mientras que los valores altos de A_k se suelen producir en primavera y otoño, asociados a altas precipitaciones con un mayor contenido salino.

Una vez conocida la distribución temporal de la deposición total en cada estación, se ha calculado el valor anual de deposición total de Cl para todo el periodo de estudio sin incluir aquellos valores iniciales anómalos en algunas estaciones (Tabla 2; columna b). Se incluye de forma tentativa la estimación de la deposición total en las estaciones de Morro Besudo (Gran Canaria) y Doñana (Huelva), con un periodo de estudio inferior a un año, lo que conlleva una mayor incertidumbre. No obstante su valor medio de A_k no difiere demasiado del valor teórico esperable de $\sim 1,0$. En la columna c de la Tabla 2 se incluyen los valores anuales adoptados de deposición total de Cl (en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$) para cada estación, y en la Figura 5 se muestra su representación espacial.

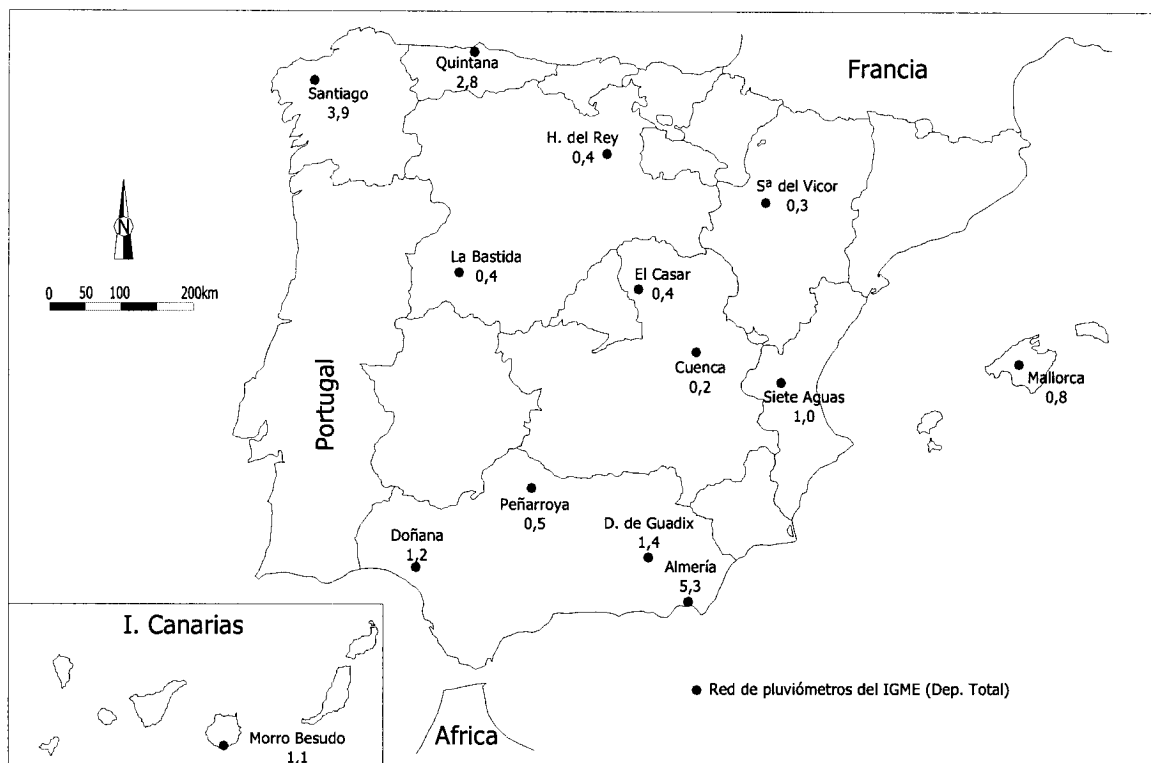


Figura 5. Valor anual de deposición total de cloruro atmosférico (en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$) en las estaciones estudiadas

5. ORIGEN DE LA SALINIDAD

5.1. Estudio de relaciones iónicas

Se ha realizado, para cada estación, el estudio de la relación $r\text{Cl}/r\text{SO}_4$, y en ocasiones, cuando la concentración de Na se ha podido medir, de la relación $r\text{Na}/r\text{Cl}$; ambas ayudan a interpretar el origen de la salinidad de las muestras. Para obtener los valores de las relaciones iónicas en cada estación se ha acumulado todo el contenido de cada sustancia medido en los distintos muestreos, sin incluir aquellos muestreos iniciales anómalos detectados en algunas estaciones; después

se ha transformado dicho contenido, inicialmente en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, a $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$. Las relaciones obtenidas de esta forma compensan los valores extremos y la incertidumbre en la determinación de las sustancias, ya que habitualmente las concentraciones son muy bajas y en ocasiones próximas al límite de detección, condicionando que el valor promedio obtenido del conjunto de muestras de cada estación no sea el valor más representativo. Los resultados de cada relación iónica, por estación, se incluyen en la Tabla 3 y su representación gráfica aparece en la Figura 6. Los valores de los diferentes muestreos realizados en cada estación se incluyen, para cada estación, en el apartado 6. Los valores marinos de las relaciones iónicas se han tomado de Custodio y Llamas (1983; Cap. 12.2; pág. 1080).

Tabla 3. Valores de las relaciones iónicas obtenidas mediante acumulación del contenido de cada sustancia y posterior comparación entre ellas. Con asterisco se indican aquellas estaciones en las que no se ha incluido el primer muestreo

Estación	Periodo de estudio		n	relaciones iónicas acumuladas		
	Inicio	Final		rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl
Quintana (Asturias)*	30-mar-01	02-ago-02	491	688	1,1	
Morro Besudo (Gran Canaria)	05-nov-01	14-feb-02	101	993	2,6	
Cuenca (Cuenca)*	03-abr-01	01-jul-02	449	454	0,1	
Sierra del Vicort (Zaragoza)*	04-abr-01	02-ago-02	485	489	0,4	
El Casar (Guadalajara)*	21-jun-01	12-jul-02	386	404	0,4	
Siete Aguas (Valencia)	28-feb-01	31-jul-02	521	671	0,9	
La Bastida (Salamanca)*	29-mar-01	06-sep-02	526	745	0,6	
Huerta del Rey (Burgos)*	29-mar-01	19-sep-02	540	737	0,6	
Sta. María del Camí (Mallorca)	06-mar-01	02-ago-02	505	820	1,7	
Pañarroya (Córdoba)*	30-mar-01	30-sep-02	549	651	0,6	
Santiago (A Coruña)*	19-mar-01	10-ago-02	566	646	2,1	
Univ. de Almería (Almería)	02-feb-01	30-ago-02	574	1648	1,0	1,0
Dehesas de Guadix (Granada)	30-ene-01	29-ago-02	578	1203	0,5	
Doñana (Huelva)	30-nov-00	27-dic-01	235	531	1,2	

n=número de días estudiados

5.2. Estudio de la relación rCl/rBr de la deposición total

La relación cloruro/bromuro (dado de esa manera para obtener valores mayores que la unidad, lo que facilita su manejo) se expresa como $R = r\text{Cl}/r\text{Br} = 2,25 \text{ pCl}/\text{pBr}$, en la que r = concentración molar o equivalente (por ejemplo en $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$) y p = concentración ponderal (por ejemplo en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Otros autores la dan como pCl/pBr o como su valor inverso. Esta relación es conservativa y su uso se justifica para establecer orígenes de la salinidad.

De acuerdo con Davis *et al.* (1998), Custodio y Herrera (2000) y Whittemore (1988), y las numerosas referencias contenidas en esos trabajos, se tienen los siguientes valores de R, a título de información o guía:

- Agua marina no contaminada: 655 ± 4 .
- Agua de lluvia continental: variable entre 50 y 650, pudiendo ser < 50 en áreas en que el aire atmosférico está muy afectado por quemado de gasolinas de automoción.
- Agua de lluvia costera: valor similar al marino, o menor, aunque en zonas cálidas con clima seco y mar agitado es posible que $R > 650$, hasta 1000.

- d) Los gases de quemado de gasolinas de automoción y el uso agrícola de nematocidas tipo bromuro de metilo hacen disminuir el valor de R respecto del valor marino.
- e) La disolución de halita (incluido el uso doméstico) eleva el valor de R hasta varios miles, pero la disolución de sales potásicas procedentes de salmueras muy concentradas (carnalita, silvita) puede hacer disminuir el valor de R respecto al marino.
- f) La disolución de evaporitas sulfatadas, que suelen incorporar haluros, pueden elevar el valor de R hasta varios miles respecto al marino.
- g) Los gases volcánicos aportan haluros generalmente con $R > 650$, quizás hasta 900, aunque existe una gran variabilidad.

Los valores de la relación rCl/rBr de los diferentes muestreos realizados en cada estación y su interpretación se incluye, para cada estación, en el apartado 6 de este informe. Los valores obtenidos de rCl/rBr para cada estación, previa acumulación del contenido de Cl y Br de los muestreos realizados se incluyen en la Tabla 3. Su representación geográfica aparece en la Figura 3. Los cálculos no han incluido el primer valor en aquellas estaciones donde se sospecha que pueden existir anomalías de muestreo.

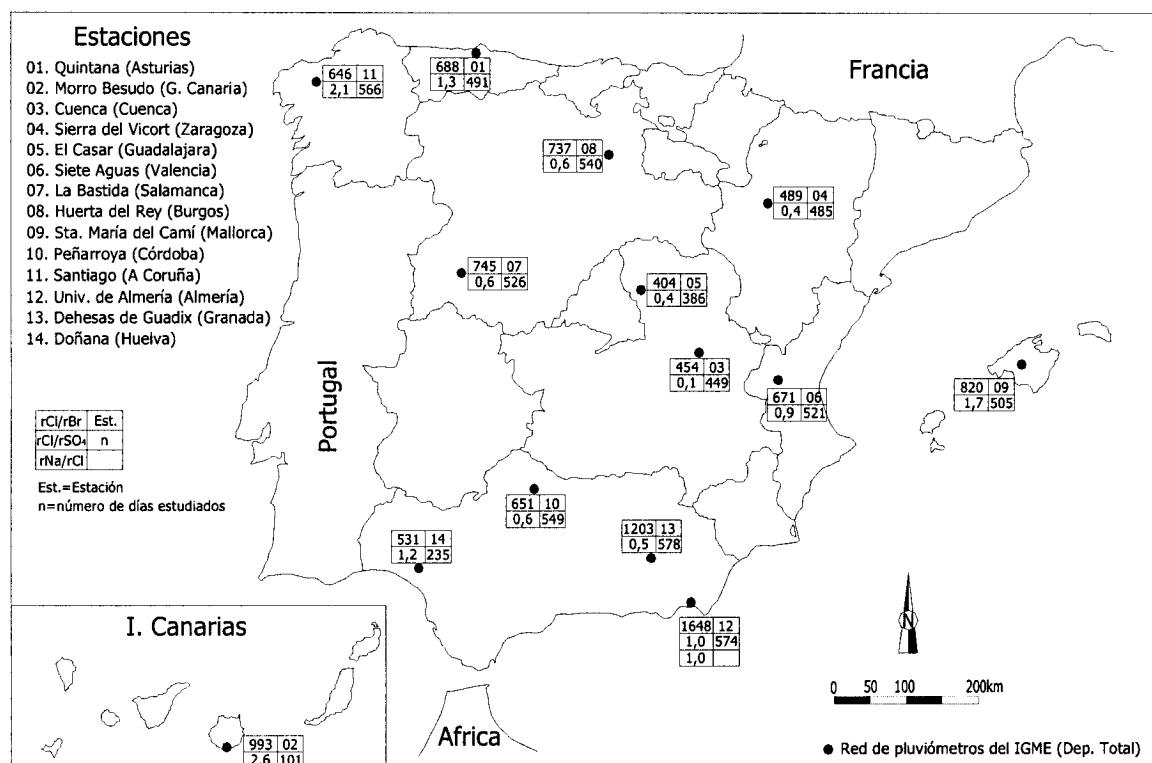


Figura 6. Distribución geográfica de valores de las relaciones iónicas rCl/rBr , rCl/rSO_4 y rNa/rCl obtenidos mediante acumulación de todo el contenido de cada sustancia durante todo el periodo estudiado en cada estación. Se indica el número de días de muestreo

6. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA EN CADA ESTACIÓN

A continuación se especifican las principales características hidroquímicas de la deposición total, en fichas individuales para cada estación.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: QUINTANA (ASTURIAS)
Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados
Muestreador: Francisco Arquer, oficina del IGME en Oviedo
Comentarios: Francisco Javier Alcalá
Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio
Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003
Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: Quintana es una pedanía de Gijón situada al Sur de esta localidad. Se ha muestreado en una finca rústica en ambiente rural durante 491 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO ASTURIAS. Quintana, Concejo de Gijón (Asturias)													Estación abierta el 28/02/2001 (fecha supuesta)							
X= 443310; Y= 985250; Z= 275. Muestreo: Oficina del IGME de Oviedo													Estación cerrada el 02/08/2002							
Fecha		Fecha		aniones y cationes en mg/L					relaciones iónicas			Lluvia		A. Dest.		Deposición Total (mg·m ⁻²)				
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	AK
28-feb-01	30-mar-01	01/195-02	8,5	0,0340	3,8	6,6	<0,5	7,2	43	561	3,0	1,2	9500	1000	118	1107	4,44	501	858	3,9
30-mar-01	01/273-01	01/273-01	4,0	0,0142	4,6	2,5	<0,5	6,9	28	626	1,2	1,0	5500	1000	68	319	1,15	368	200	1,1
30-abr-01	01-jun-01	01/354-01	3,8	0,0160	4,1	3,4	1,2	6,7	44	539	1,3	1,4	4600	1000	57	267	1,11	285	233	0,9
01-jun-01	31-jul-01	01/442-02	1,7	0,0074	4,2	<2,0	<1,0	7,4	46	523	0,6		4600	1000	57	120	0,52	289		0,2
31-jul-01	03-sep-01	01/500-04	1,8	0,0056	2,6	<2,0	<1,0	7,0	25	723	0,9		4950	1000	62	133	0,41	194		0,4
03-sep-01	01-oct-01	01/545-03	2,3	0,0038	2,3	2,9	1,5	6,1	37	1332	1,3	2,0	5400	1000	67	179	0,30	182	228	0,7
01-oct-01	02-nov-01	01/643-01	3,4	0,0084	2,1	3,3	1,3	5,8	37	911	2,2	1,5	9500	1000	118	444	1,10	277	428	1,4
02-nov-01	03-dic-01	01/674-08	8,7	0,0291	2,6	7,2	<1,0	6,0	45	669	4,6	1,3	3230	1000	40	455	1,53	135	379	1,6
03-dic-01	08-ene-02	02/051-02	2,5	0,0078	2,6	<2,0	<1,0	5,2	42	724	1,3		1980	1000	25	93	0,29	95		0,3
08-ene-02	04-feb-02	02/054-01	2,3	0,0074	2,6	<2,0	<1,0	6,0	27	705	1,2		9460	1000	118	302	0,96	332		1,2
04-feb-02	04-mar-02	02/124-01	6,5	0,0195	3,1	4,2	<1,0	5,2	59	749	2,9	1,0	1550	1000	19	206	0,62	97	132	0,8
04-mar-02	02-abr-02	02/152-05	1,8	0,0056	4,9	<2,0	1,2	6,4	55	715	0,5		1550	1000	19	56	0,18	155		0,2
02-abr-02	02-may-02	02/234-04	3,1	0,0104	4,7	<2,0	<1,0	4,7	43	666	0,9		10400	0	129	398	1,34	604		1,4
02-may-02	03-jun-02	02/338-06	2,8	0,0108	4,3	<2,0	<1,0	6,3	34	583	0,9		10500	0	131	366	1,41	561		1,2
03-jun-02	03-jul-02	02/338-07	2,3	0,0083	3,9	<2,0	<1,0	5,9	29	621	0,8		10500	0	131	299	1,08	505		1,0
03-jul-02	02-ago-02	02/393-03	2,5	0,0059	8,8	<2,0	<1,0	5,8	56	950	0,4		3730	300	46	125	0,30	441		0,5
Σ			57,8	0,1942	60,9					11597	24		96950		1205	4868	16,74	5021		

Origen de la salinidad:

La deposición total presenta una salinidad moderada y tiende a ser algo ácida (pH = 6,2±0,8). El contenido de Na y K de algunas muestras se encuentra bajo el límite de detección instrumental. Los escasos valores de Na disponibles, asociados a las muestras más salinas, indican que rNa/rCl >1,0, superior al valor marino que es de ~ 0,85. Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄ y rCl/rBr son respectivamente de 1,1 y 688, inferior y similar al valor marino, lo que parece relacionarse con una deposición total cuya salinidad deriva del aerosol marino con aportes salinos continentales, sin descartar cierta influencia antrópica que pudiera introducir cantidades relativas de SO₄ mayores que de Cl. Estos valores no incluyen los resultados del primer muestreo por sospecha de que puedan ser erróneos.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

El valor más alto de R se produce al final del verano, asociado a una tasa de precipitaciones más bajas que deben lavar mayor cantidad de polvo atmosférico,

presumiblemente de origen no marino y posiblemente asociados a actividades agrarias e industriales del entorno de Gijón. El resto de valores de R inferiores al marino se asocian a mínimos pluviométricos. Los valores de R similares al marino son los más comunes y se producen en primavera y verano cuando existen los máximos pluviométricos y el aporte salino principal debe provenir del aerosol marino. Los contenidos más altos de Cl se dan en otoño y primavera y se asocian a las precipitaciones más altas y con mayor influencia del aerosol marino.

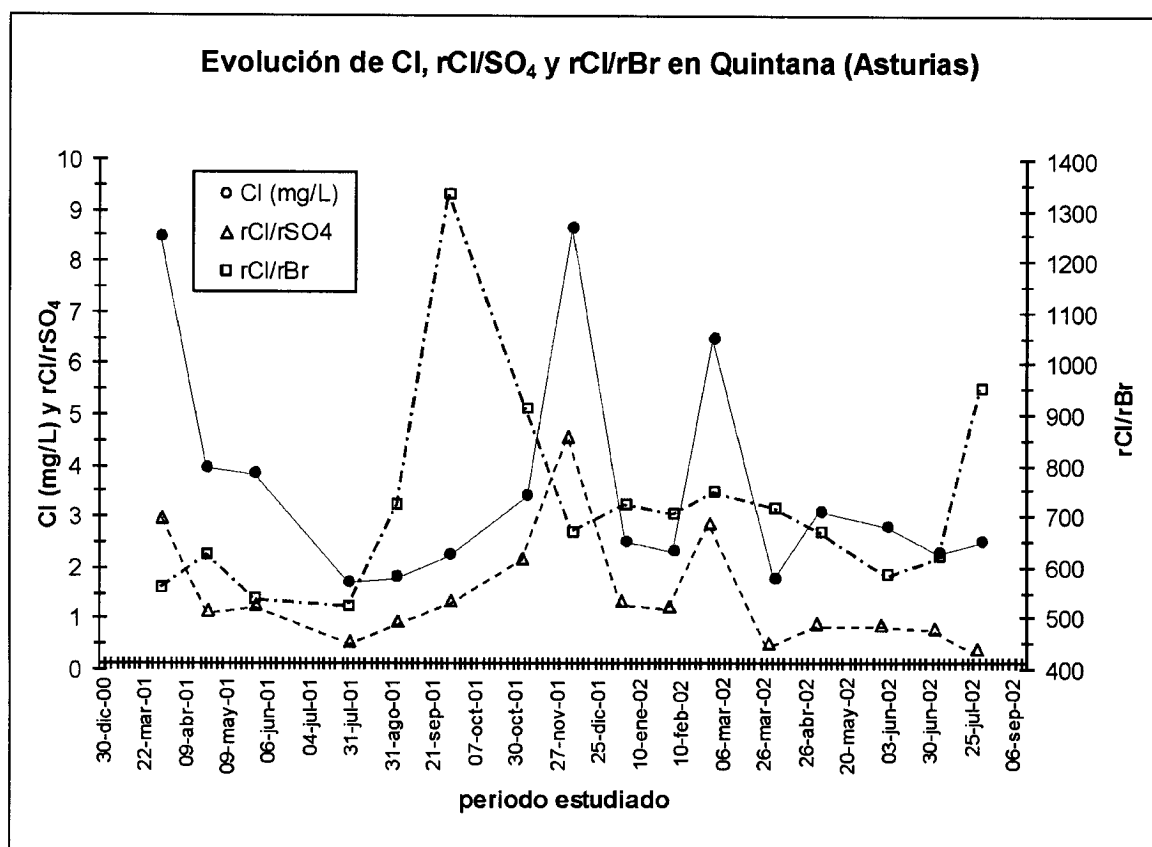


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha cifrado en $2,8 \text{ g m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$, valor del mismo orden de magnitud al obtenido en otros emplazamientos de la cornisa cantábrica situados algo distantes de la costa y con similar ambiente de muestreo (Antigüedad, 1988).

Referencias específicas:

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.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: MORRO BESUDO (GRAN CANARIA)

Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados

Muestreador: Felipe Roque (oficina del IGME de Las Palmas)

Comentarios: Francisco Javier Alcalá

Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio

Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003

Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: Morro Besudo se sitúa al sur de la isla de Gran Canaria, próxima al Océano Atlántico, donde existe un clima semiárido. El muestreo ha tenido una duración de 101 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO CANARIAS. Morro Besudo (Gran Canaria)										Estación abierta el 05/11/2001				Estación cerrada el 14/02/2002						
X= 447450; Y= 3071950; Z= 50. Muestreo: Oficina del IGME de Las Palmas																				
Fecha		Fecha		aniones y cationes en mg/L						relaciones iónicas			Lluvia		A. Dest.		Deposición Total (mg·m ⁻²)			
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Al
05-nov-01	05-dic-01	01/671-01	1,5	0,0052	0,4	<2,0	<1,0	7,60	10	658	5,6		0	500	0	9	0,03	2		0,11
05-dic-01	09-ene-02	02/031-01	8,2	0,0243	2,2	4,0	<1,0	7,30	47	760	5,0	0,8	0	500	0	51	0,15	14	25	0,49
09-ene-02	14-feb-02	02/087-01	19,3	0,0400	11,4	12,0	3,6	7,00	208	1085	2,3	1,0	500	500	6	240	0,50	141	150	2,24
Σ			29,0	0,0695	13,9					2503	13					300	0,68	157		

Origen de la salinidad:

Sólo se han recogido 3 muestras (Tabla 1) que han permitido una caracterización muy somera de la deposición total. Su mineralización es algo elevada y muy variable, y presenta un valor de pH = 7,3±0,3.

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄ y rCl/rBr son respectivamente de 2,6 y 993, algo inferior y superior al marino, lo que debe relacionarse con una cierta influencia de aporte salino continental para el primer caso y un efecto climático árido sobre el aerosol marino en el segundo caso. Los dos únicos valores de valores de rNa/rCl son similares al marino (Tabla 1). Todos los valores de R obtenidos son inferiores a los valores medios obtenidos en el estudio de la deposición total realizado en el Barranco de La Aldea durante el periodo de 2000 a 2002, que han estado comprendidos entre 1200 y 1500 (informe nº 4 del proyecto CICYT, HID 1999-0205), posiblemente por una mayor influencia marina de las muestras estudiadas.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

Se observa que el incremento del contenido de Cl conlleva un aumento del valor de R y un descenso de rCl/rSO₄ (Fig. 1).

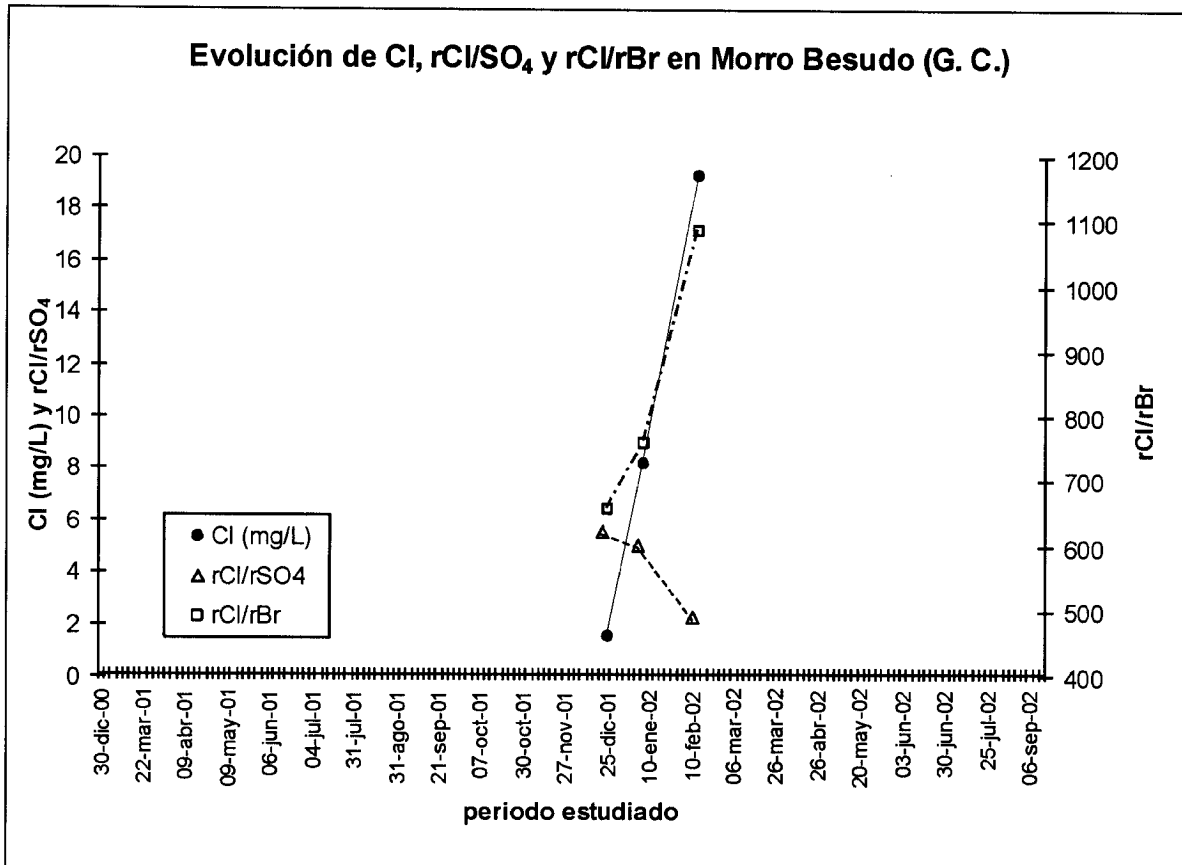


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl, obtenido de forma tentativa, es de 1,1 g·m⁻²·año⁻¹. Lo reducido del muestreo conlleva inevitablemente una elevada incertidumbre. Los resultados obtenidos en varios muestreadores de lluvia en el Bco. de La Aldea (Gran Canaria) durante este mismo periodo (informe n° 4 del proyecto CICYT, HID 1999-0205) dan valores de deposición total algo superiores a los aquí obtenidos, que se han cifrado entre 2 y 5 g·m⁻²·año⁻¹. Gasparini (1989) obtuvo valores de deposición total de Cl generalmente superiores a 3 g·m⁻²·año⁻¹ en lugares algo interiores del sur de la isla.

Referencias específicas:

- Gasparini, A. (1989). *Hydrochimie et géochimie isotopique de circulations souterraines en milieu volcanique sous climat semi-aride (Grande Canarie, Iles Canaries)*. Tesis Doctoral. Univ. de Paris XI, 261 pp.
- HID 1999-0205 (2003). Ensayo del valor hidrogeológico de la relación Cl/Br en el acuífero de La Aldea (isla de Gran Canaria) y caracterización de la precipitación. Informe n° 4. Ministerio de Ciencia y Tecnología (CICYT). Investigador Principal: Emilio Custodio. 27 pp.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: CUENCA (CUENCA) Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados Muestreador: Marc Martínez (oficina del IGME en Madrid) Comentarios: Francisco Javier Alcalá Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio Ejecución: Francisco Javier Alcalá Fecha: octubre 2003 Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad. Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en un polígono industrial próximo a la ciudad de Cuenca. El entorno es rural con influencia urbana. El muestreo ha tenido una duración de 449 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO CUENCA. Rotonda en un polígono industrial de Cuenca										Estación abierta el 03/03/2001 (fecha supuesta)								
X= 732150; Y= 608175; Z= 968. Muestreo: Oficina del IGME de Madrid										Estación cerrada el 01/07/2002								
Fecha Inicio	Fecha Final	Fecha Muestra	aniones y cationes en mg/L					relaciones iónicas			Lluvia P (ml)	A. Dest. P (mm)	Deposición Total (mg m ⁻²)					
			Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr			rCl/rSO ₄	rNa/rCl	Cl	Br	SO ₄	Na
03-mar-01	03-abr-01	01/195-03	1,8	0,0029	3,7	<0,5	<0,5	7,2	105	1404	0,7	2720	1000	34	84	0,13	172	3,64
03-abr-01	04-may-01	01/402-01	0,5	0,0025	6,1	<2,0	<1,0	6,9	81	425	0,1	950	1000	12	11	0,06	148	0,48
04-may-01	03-jul-01	01/402-02	0,2	0,0009	3,1	2,4	1,2	4,2	86	490	0,1	110	1000	1	3	0,01	43	0,12
03-jul-01	08-ago-01	01/500-03	0,7	0,0025	2,8	<2,0	<1,0	7,4	93	621	0,3	0	1000	0	9	0,03	35	0,19
08-ago-01	05-sep-01	01/500-03	0,6	0,0021	2,6	<2,0	<1,0	7,0	96	589	0,3	1000	1000	12	14	0,05	65	0,64
05-sep-01	03-oct-01	01/545-05	0,6	0,0039	5,2	<2,0	<1,0	6,6	80	369	0,2	3600	1000	45	37	0,22	297	1,71
03-oct-01	02-nov-01	01/647-04	0,4	0,0024	2,3	<2,0	<1,0	6,5	69	328	0,2	5600	1000	70	29	0,20	186	1,25
02-nov-01	01-dic-01	01/647-05	0,5	0,0028	2,0	<2,0	<1,0	6,8	34	362	0,3	660	1000	8	9	0,06	41	0,40
01-dic-01	03-ene-02	02/152-01	0,6	0,0015	18,5	<2,0	<1,0	6,5	70	825	0,0	2900	1000	36	27	0,07	895	1,06
03-ene-02	04-feb-02	02/152-02	0,6	0,0018	7,5	<2,0	<1,0	6,8	53	800	0,1	1450	1000	18	19	0,05	229	0,80
04-feb-02	01-mar-02	02/152-04	0,5	0,0005	7,5	<2,0	<1,0	7,8	63	2385	0,1	200	1000	2	8	0,01	112	0,41
01-mar-02	20-mar-02	02/152-03	0,6	0,0030	2,2	<2,0	<1,0	8,8	37	435	0,4	6700	1000	83	56	0,29	214	3,82
20-mar-02	24-abr-02	02/234-06	0,4	0,0014	1,6	<2,0	<1,0	9,7	49	595	0,3	4900	200	61	23	0,09	101	0,88
24-abr-02	30-may-02	02/338-05	0,2	0,0004	2,7	<2,0	<1,0	6,9	56	1069	0,1	3100	200	39	8	0,02	110	0,28
30-may-02	01-jul-02	02/393-01	0,4	0,0031	2,6	<2,0	<1,0	7,6	55	290	0,2	6300	0	78	31	0,24	200	1,28
Σ			8,4	0,0317	70,3					10987	3,4	40190		500	367	1,54	2849	

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es muy baja y uniforme en el tiempo. La deposición total tiende a la neutralidad ($pH = 7,1 \pm 1,2$) (Tabla 1). El contenido de SO_4 es siempre superior al de Cl. El contenido de Na y K de la mayoría de las muestras se encuentra bajo el límite de detección instrumental (Tabla 1).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO_4 y rCl/rBr , sin considerar la primera muestra por la sospecha de posibles errores durante el muestreo, son respectivamente de 0,1 y 454, ambos inferiores al marino, lo que debe tener relación con la existencia de aportes de SO_4 continentales.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

Se han obtenido 3 valores de R superiores a 1000 que se producen sistemáticamente en primavera y verano cuando debe existir mayor deposición de polvo atmosférico local posiblemente algo afectado por emisiones urbanas o

industriales. Los valores más bajos de R se producen en otoño, asociados a precipitaciones medias-altas.

El contenido de Cl es bastante homogéneo, excepto en la primera muestra, que no ha sido incluida en el estudio. La relación rCl/rSO_4 presenta una evolución muy similar al contenido de Cl, aunque durante el invierno existe un desajuste por el incremento relativo del aporte de SO_4 , posiblemente de origen litológico, aunque tampoco se descarta cierto aporte derivado de actividades industriales. No obstante, los contenidos relativos de SO_4 respecto a Cl son mayores durante todo el año, lo que indica que la fuente de salinidad de origen no marino es más o menos constante en el tiempo.

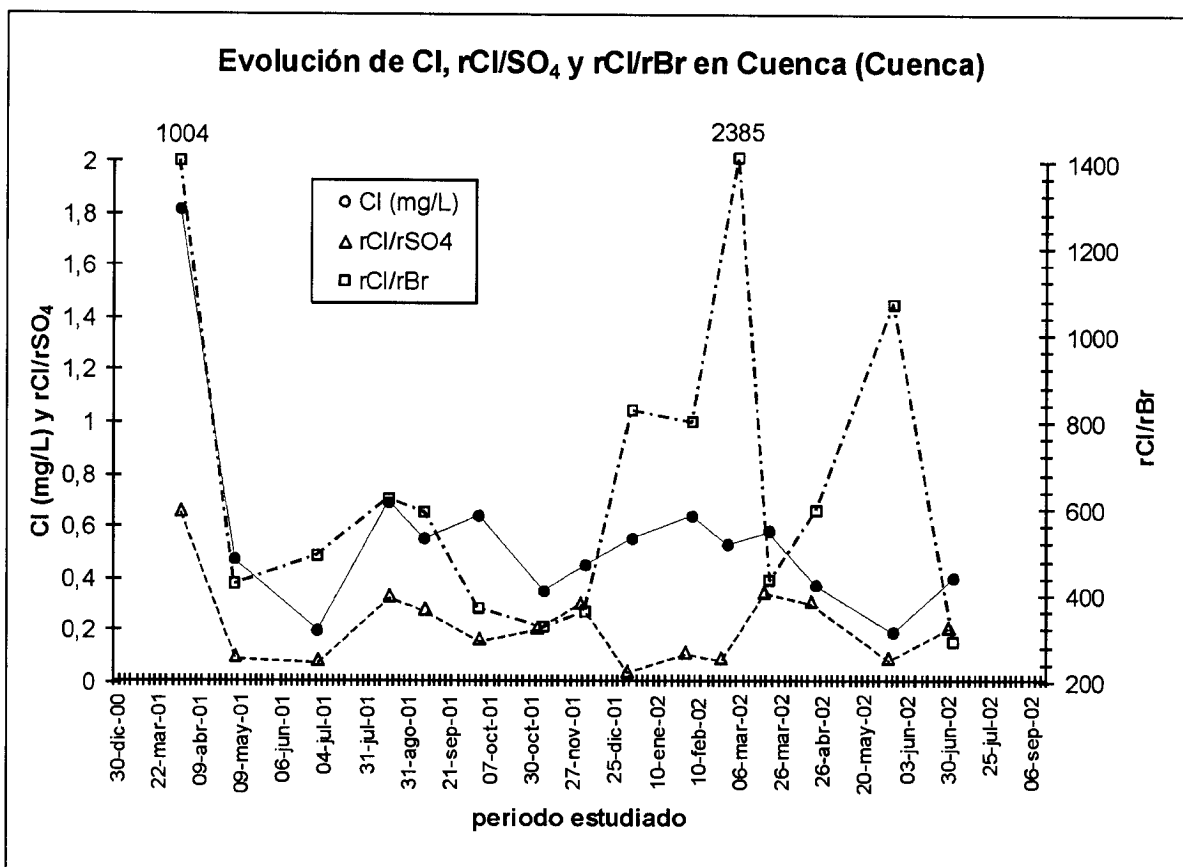


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha cifrado en $0,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor bajo y similar a otras zonas de interior peninsular con escasa influencia del aerosol marino y de otras fuentes de salinidad continental.

Referencias específicas:

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: SIERRA DE VICORT (ZARAGOZA) Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados
Muestreador: Antonio Azcón (oficina del IGME en Zaragoza) Comentarios: Francisco Javier Alcalá Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio Ejecución: Francisco Javier Alcalá
Fecha: octubre 2003 Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.
Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en las instalaciones correspondientes a un observatorio del Ejército en Frasnó provincia de Zaragoza dentro de un paraje forestal a cota elevada sin afección antrópica. El muestreo ha tenido una duración de 485 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO ZARAGOZA. Sierra de Vicort (La Almunia de Doña Godina, Zaragoza)										Estación abierta el 04/03/2001 (fecha supuesta)				Estación cerrada el 02/08/2002				
X= 625828; Y= 4581288; Z= 1383. Muestreo: Oficina del IGME de Zaragoza																		
Fecha Inicio	Fecha Final	Fecha Muestra	aniones y cationes en mg/L					relaciones iónicas			Lluvia P (ml)	A. Dest. (ml)	P (mm)	Deposición Total (mg·m ⁻²)				
			Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	CE	rCl/rBr				rCl/rSO ₄	rNa/rCl	Cl	Br	SO ₄
04-mar-01	04-abr-01	01/095-06	2,5	0,0031	2,4	<0,5	1,4	7,2	18	1844	1,4	3640	600	45	134	0,16	127	4,22
04-abr-01	04-may-01	01/273-02	1,7	0,0021	2,8	<0,5	<0,5	6,8	22	1779	0,8	2150	600	27	57	0,07	96	1,79
04-may-01	04-jun-01	01/354-03	0,7	0,0038	2,3	0,5	1,1	6,3	35	403	0,4	755	600	9	11	0,06	39	0,35
04-jun-01	04-jul-01	01/412-01	0,3	0,0017	1,9	<2,0	<1,0	7,1	33	458	0,2	1820	600	23	10	0,05	58	0,33
04-jul-01	04-ago-01	01/483-01	1,0	0,0048	5,2	<2,0	<1,0	6,9	52	445	0,2	1150	600	14	21	0,10	113	0,63
04-ago-01	04-sep-01	01/513-01	0,5	0,0049	3,1	<2,0	<1,0	6,9	30	230	0,2	3250	600	40	24	0,23	149	0,73
04-sep-01	04-oct-01	01/553-01	0,4	0,0027	1,7	<2,0	<1,0	7,4	19	350	0,3	4420	600	55	26	0,17	105	0,83
04-oct-01	05-nov-01	01/612-01	0,4	0,0027	1,3	<2,0	<1,0	7,9	14	367	0,5	4540	600	56	28	0,17	80	0,83
05-nov-01	05-dic-01	01/687-01	0,7	0,0015	1,9	<2,0	<1,0	7,6	23	1035	0,5	1110	600	14	15	0,03	40	0,46
05-dic-01	07-ene-02	02/012-01	0,4	0,0027	1,5	<2,0	<1,0	7,7	15	367	0,4	1795	600	22	13	0,08	45	0,38
07-ene-02	04-feb-02	02/060-01	0,7	0,0014	2,0	<2,0	<1,0	7,0	19	1077	0,4	1110	600	14	14	0,03	43	0,48
04-feb-02	06-mar-02	02/100-01	0,9	0,0038	3,3	<2,0	<1,0	6,9	36	557	0,4	950	600	12	18	0,07	63	0,57
06-mar-02	04-abr-02	02/148-01	0,8	0,0050	2,4	<2,0	<1,0	6,5	43	385	0,5	2350	600	29	30	0,18	87	0,97
04-abr-02	03-may-02	02/197-01	0,4	0,0007	1,5	<2,0	<1,0	7,5	15	1286	0,4	3290	300	41	18	0,03	67	0,58
03-may-02	05-jun-02	02/264-01	1,1	0,0054	3,2	<2,0	<1,0	7,1	43	442	0,5	4010	0	50	53	0,27	159	1,51
05-jun-02	08-jul-02	02/333-01	0,7	0,0017	2,9	<2,0	<1,0	7,1	40	887	0,3	3280	300	41	30	0,08	127	0,85
08-jul-02	02-ago-02	02/374-01	1,6	0,0095	7,1	<2,0	<1,0	6,4	60	386	0,3	1820	300	23	43	0,25	186	1,62
Σ			14,8	0,0575	46,4					12274	7,8	41440		515	545	2,06	1586	

Origen de la salinidad:

La mineralización de la precipitación es baja y similar a otros puntos del interior peninsular. El valor de pH = 7,1±0,4 es poco variable y tiende a la neutralidad. El contenido de SO₄ es siempre mayor que el de Cl. La mayoría de las muestras presentan contenidos de Na y K inferiores al límite de detección instrumental.

Los valores acumulados de rCl/rSO₄ y rCl/rBr, sin considerar la primera muestra, son respectivamente de 0,4 y 489, ambos inferiores al marino (Tabla 1). El primer valor debe estar relacionado con aportes salinos de origen no marino asociados a una fuente de salinidad que aporta un contenido relativo de SO₄ mayor que de Cl. El segundo valor debe relacionarse con un aerosol marino diluido.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

El contenido de Cl es bastante homogéneo excepto leves aumentos en verano

cuando existen lluvias escasas y mayor aporte de polvo atmosférico. Los valores de rCl/rSO_4 presentan escasas variaciones temporales, aunque los más bajos se producen en verano, posiblemente por mayor aporte relativo de SO_4 de origen litológico.

Los valores de $R \sim 1000$ o superiores que se dan de forma habitual podían estar asociados con el aporte de polvo atmosférico procedente de rocas evaporíticas cercanas; los valores de R entre 300 y 500 no parecen estar tan afectados por este aspecto.

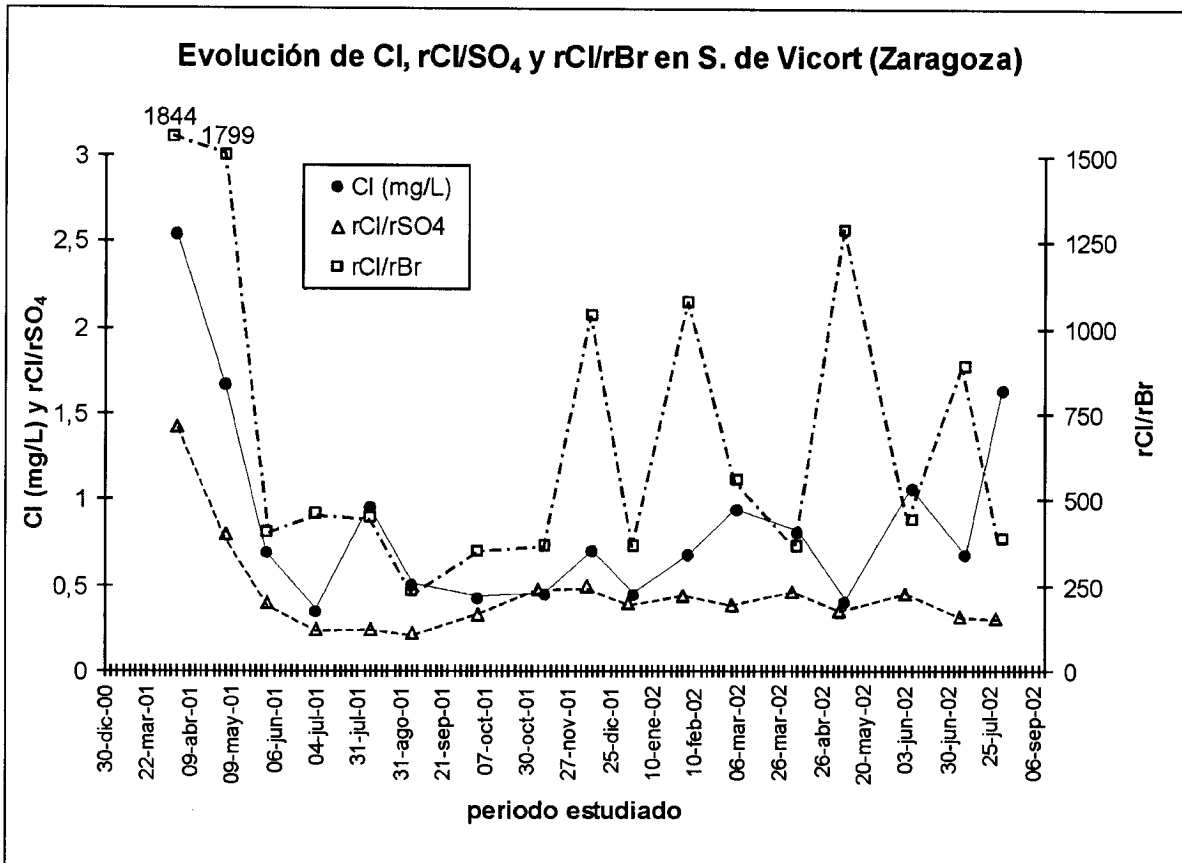


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha estimado en $0,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor bajo y típico de zonas interiores peninsulares con escasa influencia del aerosol marino. Bellot y Escarré (1988) han obtenido valores de $0,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ en la estación experimental de la Violada (Huesca).

Referencias específicas:

Bellot, J. y Escarré, A. (1988). Balances de nutrientes en pequeñas cuencas de encinar II. Quimismo de la precipitación y aportes de origen atmosférico. *Mediterránea Ser. Biol.* 10: 63-85.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: EL CASAR DE TALAMANCA (GUADALAJARA)
Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados

Muestreador: Loreto Fernández (oficina del IGME en Madrid)

Comentarios: Francisco Javier Alcalá

Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio

Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003

Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en una pequeña localidad rural a unos 50 km de Madrid en un entorno agrícola y algo forestal. El muestreo ha durado 386 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO GUADALAJARA. El Casar de Talamanca (Guadalajara)													Estación abierta el 22/05/2001 (fecha supuesta)							
X= 621950; Y= 677925; Z= 832. Muestreo: Oficina del IGME en Madrid													Estación cerrada el 12/07/2002							
Fecha		Fecha	aniones y cationes en mg/L					relaciones iónicas				Lluvia	A. Dest.	Deposición Total (mg·m ⁻³)						
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Ek
22-may-01	21-jun-01	01/185-01	1,8	0,0042	3,0	0,6	<0,5	6,4	13	980	0,8	0,5	4250	1000	53	119	0,27	196	36	3,19
21-jun-01	26-jul-01	01/320-01	2,2	0,0109	6,7	1,1	2,6	7,2	52	456	0,4	0,8	2300	1000	29	91	0,45	274	45	2,07
28-jul-01	31-ago-01	01/482-01	3,5	0,0165	4,7	<2,0	2,9	7,3	68	477	1,0		630	1000	8	71	0,33	96		1,58
31-ago-01	02-oct-01	01/602-01	0,6	0,0037	2,1	<2,0	<1,0	7,6	29	371	0,4		5100	1000	63	46	0,28	158		1,16
02-oct-01	02-nov-01	01/646-01	0,6	0,0029	2,3	<2,0	<1,0	6,9	26	473	0,4		2600	1000	32	27	0,13	101		0,71
02-nov-01	03-ene-02	02/036-01	0,4	0,0034	2,3	<2,0	<1,0	6,5	16	278	0,3		4200	1000	52	27	0,22	147		0,35
03-ene-02	23-mar-02	02/128-01	0,8	0,0039	2,6	<2,0	<1,0	6,0	20	456	0,4		5150	300	64	54	0,26	177		0,54
23-mar-02	01-may-02	02/192-01	0,4	0,0015	1,7	<2,0	<1,0	7,5	15	555	0,3		3650	300	45	18	0,07	82		0,37
01-may-02	12-jul-02	20/383-01	1,2	0,0088	5,5	<2,0	<1,0	7,4	155	309	0,3		4100	300	51	66	0,48	299		0,74
Σ			11,6	0,056	30,8					4356	4,3		31980		398	520	2,51	1528		

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es baja durante el invierno, aumentando hasta 10 veces durante el verano. La deposición total tiende a la neutralidad (pH = 7,0±0,6). El contenido de SO₄ es siempre superior al de Cl, especialmente en la muestra de agosto de 2001. El contenido de Na y K de las muestras se encuentra bajo el límite de detección instrumental (Tabla 1).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄ y rCl/rBr, sin considerar la primera muestra, son respectivamente de 0,4 y 404, ambos inferiores al valor marino (Tabla 1), lo que debe tener relación con la existencia de aportes salinos no cuantificados de origen no marino.

En verano se produce un valor de R ~ 1000 que puede deberse a un mayor aporte de polvo atmosférico de origen continental durante periodos más secos. La existencia de rocas evaporíticas en la cuenca terciaria de Madrid puede condicionar el aporte de polvo atmosférico rico en SO₄ al que se asocia el valor de R ~ 1000.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

El contenido de Cl es bastante homogéneo (~0,6-1,0 mg/L), excepto para la muestra de agosto con Cl = 3,5 mg/L. La relación rCl/rSO₄ presenta una evolución

semejante a la de Cl durante el invierno, existiendo un desajuste durante el verano, por el incremento relativo de SO_4 respecto de Cl.

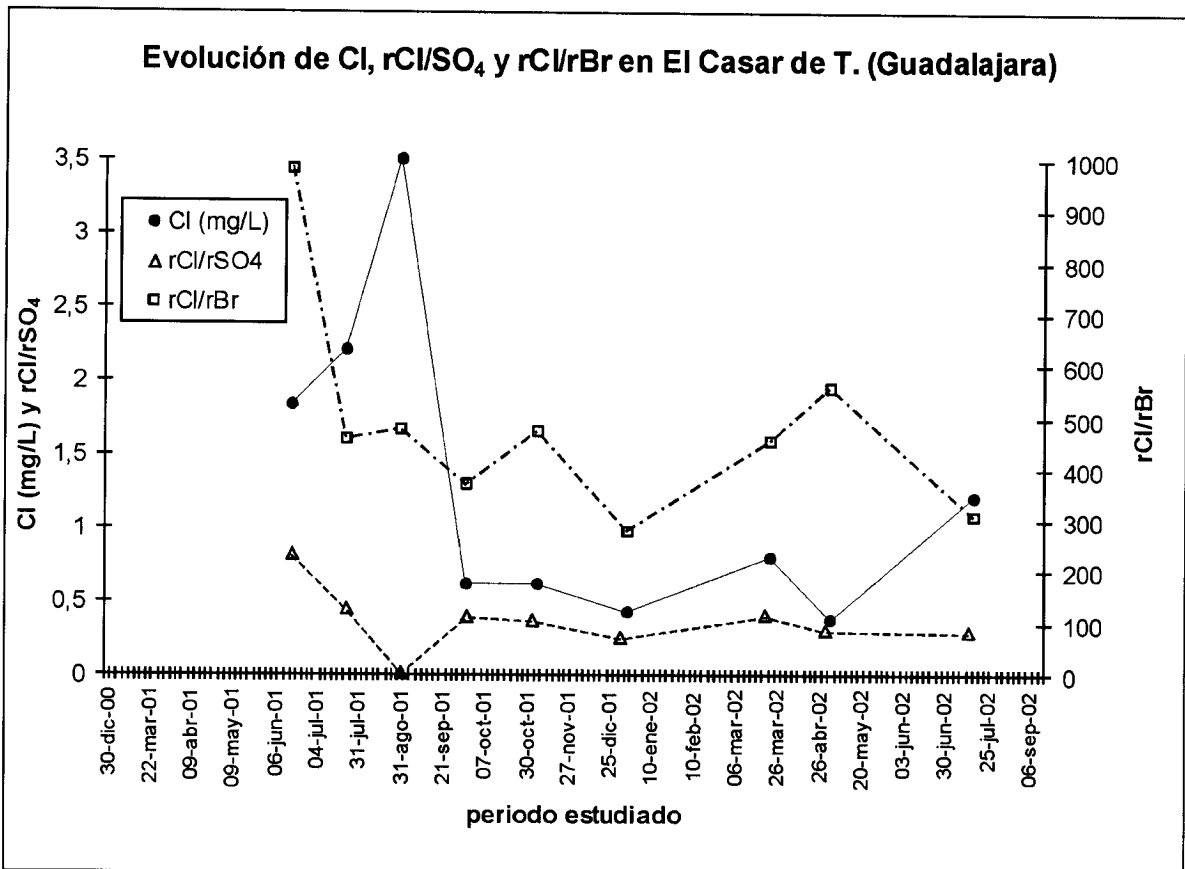


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas $r\text{Cl}/r\text{SO}_4$ y $r\text{Cl}/r\text{Br}$

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha cifrado en $0,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor bajo y similar al obtenido en otras zonas de interior peninsular con escasa influencia del aerosol marino.

Referencias específicas:

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: SIETE AGUAS (VALENCIA)

Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados

Muestreador: Juan Grima (oficina del IGME en Valencia)

Comentarios: Francisco Javier Alcalá

Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio

Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003

Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza instalaciones del servicio de presas de la Confederación del Júcar en Siete Aguas. El ambiente es rural, agrícola y algo forestal, con escasa influencia industrial o urbana. La duración del muestreo ha sido de 521 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO VALENCIA. Siete Aguas (Valencia)										Estación abierta el 22/02/2001		Estación cerrada el 31/07/2002											
X= 679927; Y= 4372973; Z= 799. Muestreo: Oficina del IGME de Valencia																							
Fecha		Fecha		aniones y cationes en mg/L						relaciones iónicas				Lluvia		A. Dest.		Deposición Total (mg·m ⁻²)					
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	CE	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	AK				
22-feb-01	30-mar-01	01/195-05	1,8	0,0034	2,6	<0,5	<0,5	7,2	27	1218	0,9		1830	500	23	53	0,10	76	0,62				
30-mar-01	30-abr-01	01/273-03	1,9	0,0033	3,0	0,5	<0,5	6,5	25	1282	0,9	0,4	4440	500	55	115	0,20	182	33	1,30			
30-abr-01	01-jun-01	01/354-03	0,8	0,0066	3,0	0,9	<0,5	6,8	39	276	0,4	1,6	4355	500	54	49	0,40	180	51	0,53			
01-jun-01	29-jun-01	01/442-01	1,5	0,0071	3,5	<2,0	<1,0	7,3	73	463	0,6		40	750	0	14	0,07	34	0,18				
29-jun-01	03-ago-01	01/500-01	2,1	0,0051	7,3	2,0	<1,0	7,5	110	922	0,4	1,5	0	750	0	19	0,05	68	19	0,19			
03-ago-01	04-sep-01	01/545-01	5,3	0,0152	8,7	5,3	<1,0	7,4	149	790	0,8	1,5	800	500	10	86	0,25	140	86	0,94			
04-sep-01	28-sep-01	01/545-02	1,7	0,0071	3,9	<2,0	<1,0	7,5	51	539	0,6		2680	500	33	67	0,28	154	0,97				
28-sep-01	31-oct-01	01/643-04	1,0	0,0040	1,6	<2,0	<1,0	5,9	19	540	0,8		8050	500	100	102	0,43	172	1,08				
31-oct-01	30-nov-01	01/674-07	1,0	0,0021	1,2	<2,0	<1,0	6,9	13	1039	1,1		6910	500	86	89	0,19	113	1,04				
30-nov-01	22-dic-01	02/051-04	5,0	0,0157	2,6	2,1	<1,0	5,4	34	711	2,6	0,6	5440	500	68	366	1,16	193	153	5,79			
22-dic-01	30-ene-02	02/051-01	1,6	0,0066	1,2	<2,0	<1,0	7,3	13	556	1,8		9110	500	113	195	0,79	145	1,74				
30-ene-02	04-mar-02	02/124-02	3,5	0,0081	6,9	2,0	<1,0	6,2	62	978	0,7	0,9	350	500	4	37	0,09	72	21	0,39			
04-mar-02	02-abr-02	02/152-06	2,6	0,0110	3,1	<2,0	<1,0	6,7	40	524	1,1		4300	500	53	153	0,66	187	1,71				
02-abr-02	26-abr-02	02/234-05	0,5	0,0016	1,8	<2,0	<1,0	6,0	17	703	0,4		6100	500	76	41	0,13	149	0,59				
26-abr-02	31-may-02	02/338-03	0,2	0,0005	0,9	<2,0	<1,0	6,3	9	765	0,3		10000	0	124	21	0,06	107	0,21				
31-may-02	28-jun-02	02/338-04	2,2	0,0053	5,6	<2,0	<1,0	6,6	98	921	0,5		590	500	7	29	0,07	76	0,37				
28-jun-02	31-jul-02	02/393-02	1,2	0,0020	2,3	<2,0	<1,0	7,7	35	1294	0,7		3570	500	44	58	0,10	114	0,60				
Σ			33,7	0,1047	59,1					13520	14,5		68565	853	1497	5,02	2164						

Origen de la salinidad:

La deposición total tiene una salinidad moderada y algo heterogénea, y es algo ácida (pH = 6,8±0,7). Los contenidos de SO₄ y de Cl son del mismo orden. El contenido de Na y K de la mayoría de las muestras se encuentra bajo el límite de detección instrumental (Tabla 1).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄ y rCl/rBr, sin considerar la primera muestra, son respectivamente de 0,9 y 671, inferior y similar al valor marino (Tabla 1).

La variabilidad de los valores de R parece indicar la existencia de fuentes de salinidad distintas a la marina, presentes durante todo el periodo de muestreo. La existencia de rocas evaporíticas triásicas cercanas puede originar un aporte de polvo atmosférico rico en SO₄ que condicionan valores de R ~ 1000, mientras que los valores de R < 500 se asocian a lluvias de cierta importancia, posiblemente con

influencia continental. En general los valores de R oscilan en torno al valor marino, indicando una influencia principal marina.

Se ha constatado una evolución muy variable y sin relación estacional aparente del contenido de Cl y relaciones rCl/rSO_4 y rCl/rBr (Fig. 1). La variación de rCl/rSO_4 y rCl/rBr no guardan relación con la variación de la precipitación.

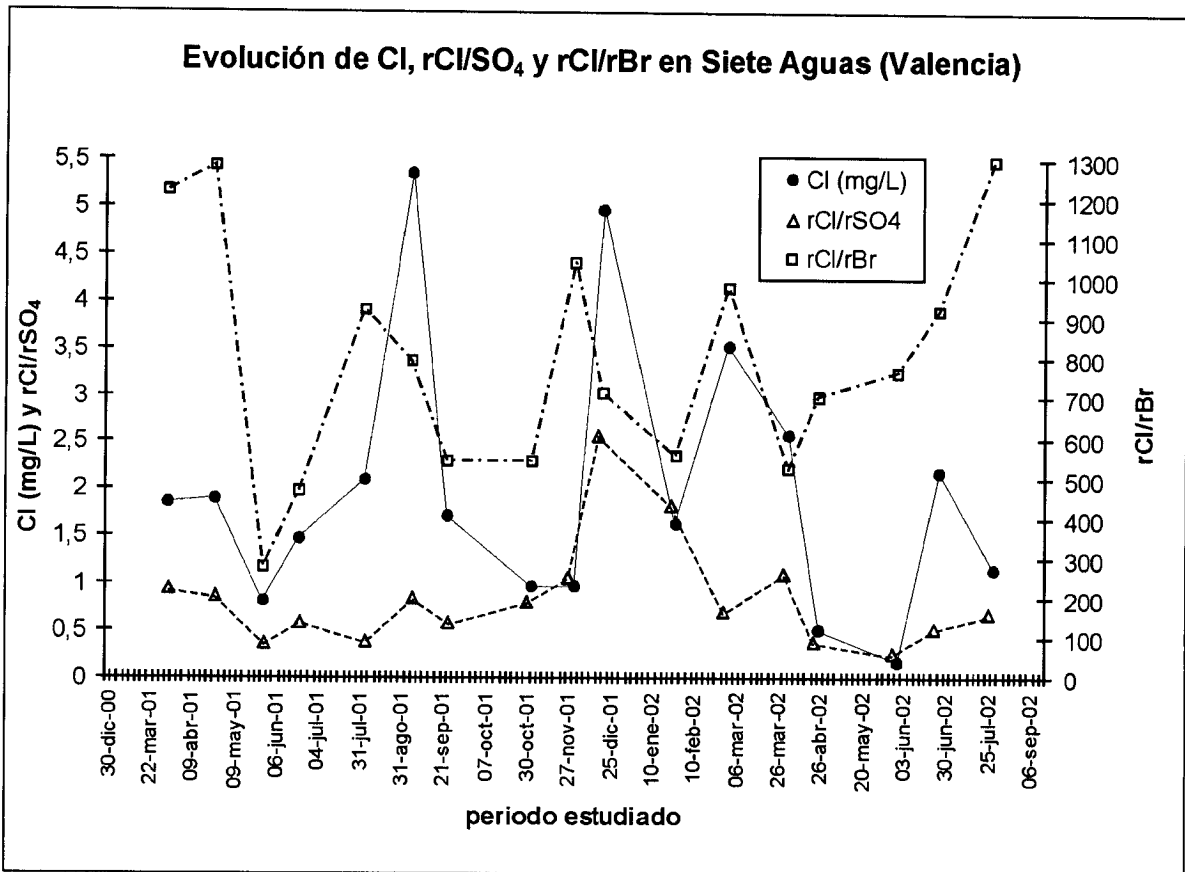


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha cifrado en $1,0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor similar a los obtenidos por Carratalà *et al.* (1998) en otras localidades cercanas.

Referencias específicas:

Carratalà, 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.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: LA BASTIDA (SALAMANCA)

Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados

Muestreador: Víctor del Barrio (oficina del IGME en Salamanca)

Comentarios: Francisco Javier Alcalá

Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio

Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003

Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en un ambiente rural y agrícola sin influencia industrial o urbana. La duración del muestreo ha sido de 526 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO SALAMANCA. Colegio en La Bastida (Salamanca)										Estación abierta el 28/02/2001 (fecha supuesta)											
X= 399525; Y= 687475; Z= 1114. Muestreo: Oficina del IGME de Salamanca										Estación cerrada el 06/09/2002											
Fecha Inicio	Fecha Final	Muestra	aniones y cationes en mg/L					pH	C E	relaciones iónicas			Lluvia P (ml)	A. Dest.			Deposición Total (mg·m ⁻²)				
			Cl	Br	SO ₄	Na	K			rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl		(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Ak	
28-feb-01	29-mar-01	01/183-02	1,9	0,0027	2,1	0,6	<0,5	6,4	6	1544	1,2	0,5	10000	0	124	230	0,34	266	71	5,49	
29-mar-01	04-may-01	01/304-01	2,3	0,0052	3,7	1,3	<0,5	7,0	78	1000	0,8	0,8	2700	500	34	92	0,21	148	50	1,82	
04-may-01	06-jun-01	01/359-01	0,5	0,0029	1,7	0,7	0,5	7,7	19	411	0,4	1,9	2440	500	30	19	0,11	63	24	0,42	
06-jun-01	05-jul-01	01/433-01	0,3	0,0008	1,1	<2,0	<1,0	7,8	22	758	0,3		1100	500	14	5	0,02	21		0,13	
05-jul-01	06-ago-01	01/490-01	0,5	0,0033	2,0	<2,0	<1,0	6,7	21	307	0,3		2100	500	26	15	0,11	63		0,32	
06-ago-01	10-sep-01	01/522-01	0,7	0,0056	4,7	<2,0	1,8	6,7	61	285	0,2		30	800	0	7	0,06	48		0,15	
10-sep-01	18-oct-01	01/582-01	0,6	0,0025	1,0	<2,0	<1,0	7,3	11	495	0,8		3660	400	46	28	0,13	49		0,52	
18-oct-01	27-nov-01	01/655-01	0,7	0,0021	1,0	<2,0	<1,0	7,4	9	793	1,0		8828	300	110	84	0,24	109		1,50	
27-nov-01	31-ene-02	02/058-01	0,7	0,0011	0,7	<2,0	<1,0	7,6	9	1514	1,5		6380	200	79	61	0,09	56		0,67	
31-ene-02	14-mar-02	02/058-01	0,6	0,0028	1,2	<2,0	<1,0	7,1	26	502	0,6		10000	0	124	72	0,32	150		1,23	
14-mar-02	22-abr-02	02/184-01	0,4	0,0014	2,5	<2,0	<1,0	7,7	29	627	0,2		10100	100	126	49	0,18	321		0,91	
22-abr-02	14-jun-02	02/285-02	1,1	0,0025	1,3	<2,0	<1,0	7,1	15	981	1,1		5500	200	68	77	0,18	91		1,04	
14-jun-02	06-sep-02	02/435-01	2,2	0,0017	6,8	<2,0	2,3	6,1	59	2912	0,4		1200	200	15	38	0,03	119		0,33	
Σ			12,4	0,0344	29,8					12128	9,0		64038		796	778	1,99	1506			

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es baja y uniforme, tendiendo a la neutralidad (pH = 7,1±0,5). El contenido de SO₄ es similar o algo superior al de Cl. El contenido de Na y K de la mayoría de las muestras es inferior al límite de detección instrumental (Tabla 1).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄ y rCl/rBr, sin considerar la primera muestra, son respectivamente de 0,6 y 745, inferior y algo superior al valor marino; lo que debe estar relacionado con la existencia de aportes salinos no cuantificados de origen no marino.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

Los valores de R > 1000 se relacionan con los contenidos más altos de Cl. La mayoría de valores de R son similares o algo superiores al valor marino; no obstante se ha constatado la presencia de 3 valores de R entre 300 y 500 que se asocian a precipitaciones escasas de baja salinidad durante el verano, que pueden estar asociadas a una mayor influencia continental.

Los valores de rCl/rSO_4 y rCl/rBr parecen indicar que las fuentes de salinidad están presentes durante el todo el periodo de muestreo con diferente grado de contribución (Fig. 1). Las relaciones rCl/rSO_4 y rCl/rBr , y el contenido de Cl no guardan relación con el volumen de precipitación.

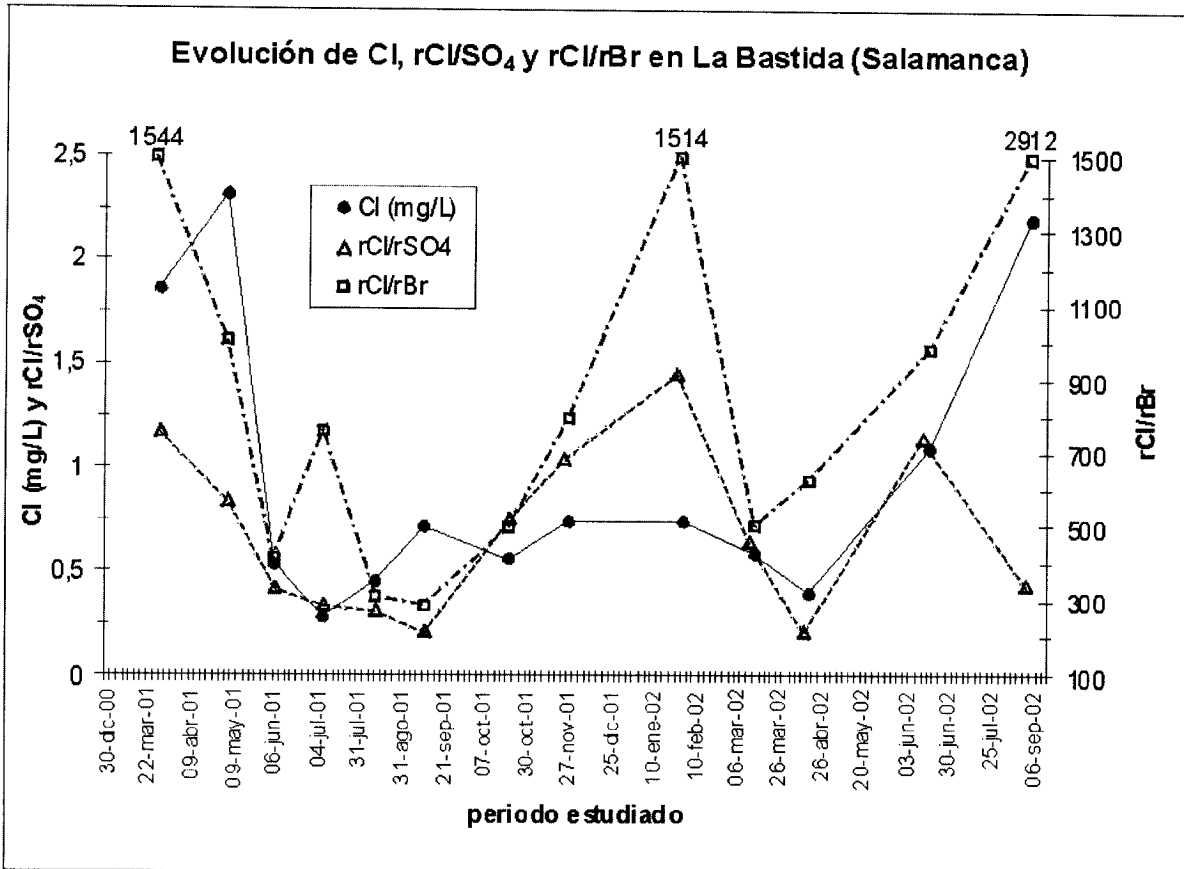


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha cifrado en $0,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor bajo y similar de otras zonas de interior peninsular con escasa influencia del aerosol marino y con moderada o baja presencia de otras fuentes de salinidad que también aporten Cl.

Referencias específicas:

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: HUERTA DEL REY (BURGOS) Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados Muestreador: Víctor del Barrio (oficina del IGME en Salamanca) Comentarios: Francisco Javier Alcalá Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio Ejecución: Francisco Javier Alcalá Fecha: octubre 2003 Organismos 1: IGME
--

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad. Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en un ambiente rural y agrícola sin influencia industrial o urbana. La duración del muestreo ha sido de 540 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO BURGOS. Colegio en Huerta del Rey (Burgos)										Estación abierta el 28/02/2001 (fecha supuesta)											
X= 458050; Y= 4774950; Z= 1007. Muestreo: Oficina del IGME de Salamanca										Estación cerrada el 19/09/2002											
		aniones y cationes en mg/L								relaciones iónicas			Lluvia		A. Dest.		Deposición Total (mg·m ⁻²)				
Fecha	Fecha	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	AK		
28-feb-01	29-mar-01	01/183-01	1,7	0,0036	2,0	<0,5	<0,5	7,0	8	1041	1,1		10000	0	124	207	0,45	252	5,41		
29-mar-01	04-may-01	01/304-02	2,1	0,0040	3,7	0,6	1,1	6,8	78	1198	0,8	0,5	2700	500	34	85	0,16	146	1,85		
04-may-01	06-jun-01	01/358-02	0,6	0,0021	3,3	<0,5	1,8	7,2	90	621	0,2		2440	500	30	21	0,08	119	0,50		
06-jun-01	05-jul-01	01/433-02	0,7	0,0023	2,0	<2,0	1,1	7,3	38	682	0,5		1100	500	14	14	0,05	40	0,36		
05-jul-01	06-ago-01	01/490-02	0,4	0,0014	1,2	<2,0	<1,0	6,5	29	611	0,4		2100	500	26	12	0,05	40	0,30		
06-ago-01	10-sep-01	01/522-02	0,7	0,0045	3,7	<2,0	<1,0	6,5	52	365	0,3		30	800	0	8	0,05	38	0,17		
10-sep-01	18-oct-01	01/582-02	0,6	0,0025	1,3	<2,0	<1,0	6,9	24	513	0,6		3660	400	46	29	0,13	67	0,59		
18-oct-01	27-nov-01	01/655-02	0,8	0,0013	0,8	<2,0	<1,0	7,2	14	1298	1,3		8828	300	110	85	0,15	89	1,67		
27-nov-01	30-ene-02	02-058-02	1,2	0,0024	1,0	<2,0	<1,0	7,2	16	1153	1,7		6380	200	79	101	0,20	81	1,23		
30-ene-02	11-mar-02	02-058-02	0,5	0,0030	1,2	<2,0	<1,0	6,8	10	390	0,6		3075	300	38	22	0,13	48	0,43		
11-mar-02	24-abr-02	02/184-02	0,4	0,0009	0,8	<2,0	<1,0	7,7	11	1000	0,7		5250	0	65	26	0,06	51	0,47		
24-abr-02	12-jun-02	02/285-01	0,5	0,0045	1,8	<2,0	<1,0	6,9	31	240	0,4		7750	0	96	46	0,43	176	0,74		
12-jun-02	19-sep-02	02/428-01	0,8	0,0014	4,1	<2,0	<1,0	6,1	49	1286	0,3		6950	200	86	71	0,12	365	0,56		
Σ			10,9	0,0339	26,9					10397	8,8		60263	749	726	2,03	1513				

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es baja y uniforme, tendiendo a la neutralidad (pH = 6,9±0,4). El contenido de SO₄ es similar o algo superior al de Cl. El contenido de Na y K de la mayoría de las muestras se encuentra bajo el límite de detección instrumental (Tabla 17).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄ y rCl/rBr, sin considerar el primer muestreo, son respectivamente de 0,6 y 737, inferior y algo superior al valor marino (Tabla 1), lo que debe relacionarse con la existencia de aportes salinos no cuantificados de origen no marino.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

Los valores de R > 1000 se relacionan con los contenidos más altos de Cl y se producen durante las mismas fechas que en la estación de La Bastida (Salamanca). La mayoría de valores de R son similares o algo superiores al valor marino. Esta estación y La Bastida son las únicas estaciones de interior peninsular donde el valor acumulado de R es algo superior al marino, lo que puede relacionarse con las

condiciones de mayor influencia del aerosol marino.

Los valores de R entre 300 y 500 se producen en las mismas fechas que en la estación de La Bastida y se relacionan con contenidos bajos de Cl y escasa precipitación durante el verano. La evolución de rCl/rBr y rCl/rSO_4 es similar, lo que parece indicar condiciones de aporte salino de origen no marino bastante constantes durante el periodo de muestreo. No existe relación entre el contenido de Cl y relaciones iónicas respecto del volumen de precipitación.

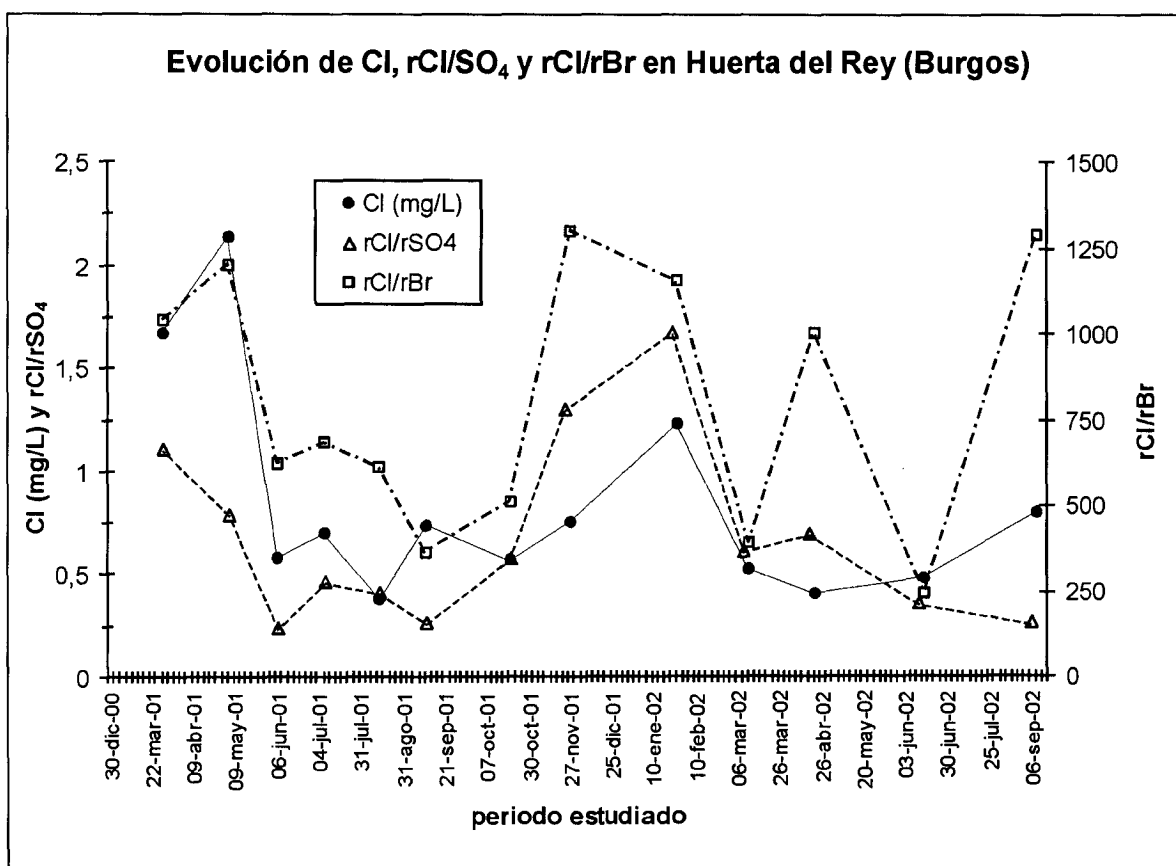


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha cifrado en $0,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; similar al de otras zonas de interior peninsular.

Referencias específicas:

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: SANTA MARÍA DEL CAMÍ (MALLORCA) Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados
Muestreador: Rosa María Mateos (oficina del IGME en Palma de Mallorca) Comentarios: Francisco Javier Alcalá Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio Ejecución: Francisco Javier Alcalá
Fecha: octubre 2003 Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.
Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se ubica en una finca localizada un ambiente rural con escasa influencia industrial o urbana. La duración del muestreo ha sido de 505 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO MALLORCA. Santa Maria del Camí (Mallorca)										Estación abierta el 06/03/2001											
X= 1153125; Y= 582450; Z= 60. Muestreo: Oficina del IGME de Baleares										Estación cerrada el 02/08/2002											
Fecha		aniones y cationes en mg/L								relaciones iónicas			Lluvia		A. Dest.		Deposición Total (mg·m ⁻³)				
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Ek	
06-mar-01	05-abr-01	01/191-01	4,4	0,0047	2,6	3,6	1,1	7,2	106	2102	2,3	1,3	0,01	1000	0	55	0,06	32	44	0,80	
05-abr-01	20-may-01	01/309-01	13,2	0,0372	9,8	9,2	1,1	7,6	171	801	1,8	1,1	450	1000	6	239	0,67	177	166	2,33	
20-may-01	29-jul-01	01/468-01	5,4	0,0101	6,3	4,6	<1,0	6,4	113	1199	1,2	1,3	280	1000	3	86	0,16	100	73	0,62	
29-jul-01	11-sep-01	01/517-01	1,4	0,0053	1,6	<2,0	<1,0	7,4	29	590	1,2		475	1000	6	25	0,10	29		0,25	
11-sep-01	31-oct-01	01/603-01	1,7	0,0052	1,3	<2,0	<1,0	7,4	41	753	1,8		960	1000	12	42	0,13	33		0,37	
31-oct-01	25-ene-02	02/039-01	4,9	0,0161	2,5	<2,0	<1,0	7,3	40	678	2,6		1050	1000	13	124	0,41	65		0,63	
25-ene-02	10-mar-02	02/115-01	21,7	0,0488	9,8	11,7	3,5	6,9	168	999	3,0	0,8	880	500	11	372	0,84	167	201	3,71	
10-mar-02	04-abr-02	02/167-01	3,8	0,0136	3,6	2,6	<1,0	7,2	63	624	1,4	1,1	150	300	2	21	0,08	20	15	0,37	
04-abr-02	28-jun-02	02/319-01	4,2	0,0112	5,3	3,1	<1,0	7,1	99	636	1,1	1,1	1500	200	19	88	0,24	111	65	0,45	
28-jun-02	02-ago-02	02/378-01	2,2	0,0105	4,0	<2,0	<1,0	7,3	57	465	0,7		3500	200	44	100	0,48	183		1,25	
Σ			62,8	0,1827	46,6					9045	17,1		9245		115	1151	3,16	915			

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es alta y variable; su pH = 7,2±0,3 es ligeramente básico. El contenido de SO₄ es generalmente inferior al de Cl. No se ha podido determinar el contenido de Na de algunas muestras

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄ y rCl/rBr son respectivamente de 1,7 y 820, inferior y superior al marino (Tabla 1), lo que debe tener relación con la existencia de aportes salinos no cuantificados de origen no marino que aportarían cantidades relativas de SO₄ mayores que de Cl. Los valores parciales de rNa/rCl son algo superiores al marino (Tabla 1).

Son habituales los valores de R ~ 1000. El aumento de R desde valores que inicialmente deben ser similares al marino hasta valores de R ~ 1000, puede estar relacionado con un aporte salino no cuantificado de origen litológico.

Los aportes litológicos deben incluir cantidades relativas mayores de SO₄ y Na que de Cl, dando lugar a relaciones de rCl/rSO₄ y rNa/rCl diferentes a la marina.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

No se observa una relación clara entre el contenido de Cl y los valores de rCl/rSO₄ y rCl/rBr. Durante los periodos de escasa precipitación, generalmente en

verano, suelen producirse los valores más altos de rCl/rBr y rNa/rCl , posiblemente asociados a una mayor contribución de origen litológico. Los periodos más lluviosos presentan valores de R similares al marino y por tanto deben incorporar mayor proporción de salinidad asociada al aerosol marino. Los valores altos de rCl/rSO_4 se relacionan con los periodos de precipitaciones medias-altas, generalmente en primavera y otoño, y con un mayor aporte de Cl de origen marino.

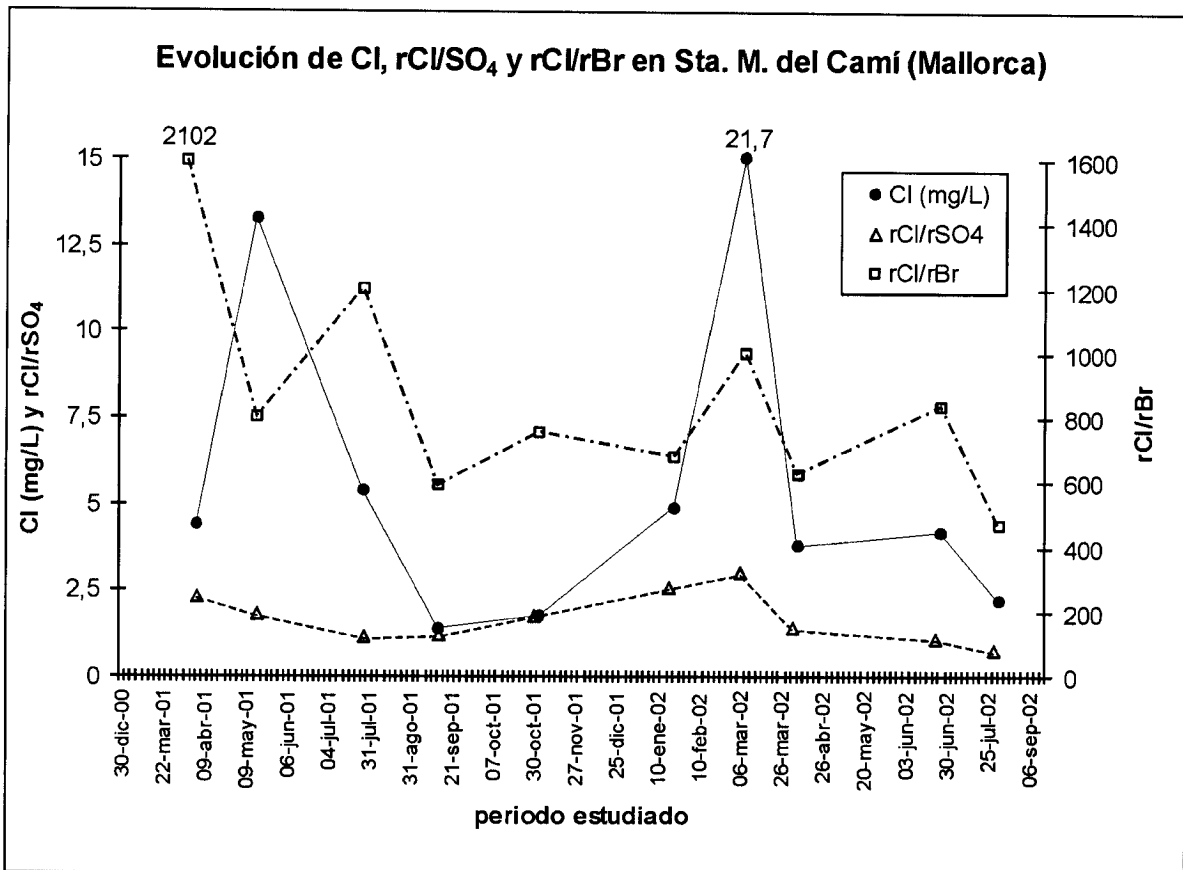


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl , en esta zona de interior insular a cota baja, ha sido de $0,8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor muy inferior al obtenido por Cardoso (1997) en zonas medias-altas de la Serra de Tramuntana (valores entre 12 y $20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$), donde la proximidad al mar, los vientos de dirección norte y la mayor pluviometría a mayor cota deben condicionar estos valores más altos.

Referencias específicas:

Cardoso, G. (1997). *Comportamiento de los manantiales del karst nororiental de la Serra de Tramuntana, Mallorca*. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Cataluña. 361 pp + anexos.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: PEÑARROYA (CÓRDOBA)

Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados

Muestreador: José Montero (oficina del IGME en Peñarroya; Córdoba)

Comentarios: Francisco Javier Alcalá

Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio

Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003

Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en la Oficina de Proyectos de Peñarroya, situada en un ambiente semi-urbano. Su periodo de funcionamiento ha sido de 549 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO CÓRDOBA. Litoteca del IGME en Peñarroya (Córdoba)										Estación abierta el 28/02/2001 (fecha supuesta)													
X= 463250; Y= 412650; Z= 535. Muestreo: Oficina del IGME de Peñarroya (Córdoba)										Estación cerrada el 30/09/2002													
Fecha		Fecha		aniones y cationes en mg/L						relaciones iónicas			Lluvia			A. Dest.			Deposición Total (mg·m ⁻²)				
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Ok			
28-feb-01	30-mar-01	01/181-01	2,1	0,0033	2,2	0,9	<0,5	8,0	9	1415	1,3	0,7	9800	1000	122	279	0,44	296	122	5,06			
30-mar-01	30-abr-01	01/254-01	2,6	0,0013	5,0	1,4	1,5	6,7	50	4552	0,7	0,8	750	1000	9	57	0,03	109	31	1,01			
30-abr-01	31-may-01	01/336-01	0,7	0,0052	4,0	0,8	1,1	6,5	40	286	0,2	1,8	3700	1000	46	39	0,30	235	46	0,68			
31-may-01	30-jun-01	01/404-01	1,0	0,0008	2,6	<2,0	<1,0	7,2	47	2782	0,5		750	1000	9	22	0,02	57		0,39			
30-jun-01	31-jul-01	01/471-01	3,4	0,0092	8,0	3,4	1,4	6,8	103	822	0,6	1,5	790	1000	10	75	0,20	178	75	1,31			
31-jul-01	31-ago-01	01/509-01	1,3	0,0019	4,3	<2,0	1,3	7,0	72	1516	0,4		750	1000	9	28	0,04	84		0,49			
31-ago-01	30-sep-01	01/544-01	0,4	0,0019	0,8	<2,0	<1,0	7,7	15	509	0,8		7440	1000	93	45	0,20	81		0,82			
30-sep-01	31-oct-01	01/610-01	0,4	0,0018	0,7	<2,0	<1,0	7,8	11	550	0,9		8150	1000	101	50	0,20	76		0,88			
31-oct-01	30-nov-01	01/663-01	0,4	0,0019	1,3	<2,0	<1,0	7,5	13	474	0,4		7370	1000	92	42	0,20	130		0,76			
30-nov-01	31-dic-01	02/013-01	0,3	0,0012	1,4	<2,0	<1,0	7,6	11	525	0,3		4450	1000	55	19	0,08	98		0,33			
31-dic-01	31-ene-02	02/049-01	1,1	0,0036	2,0	<2,0	<1,0	7,6	22	669	0,7		2700	1000	34	49	0,17	92		0,86			
31-ene-02	28-feb-02	02/100-01	1,1	0,0041	2,6	<2,0	<1,0	7,5	25	620	0,6		2300	1000	29	46	0,17	106		0,90			
28-feb-02	31-mar-02	02/149-01	1,0	0,0026	1,3	<2,0	<1,0	6,6	18	865	1,0		6900	1000	86	98	0,26	132		1,73			
31-mar-02	30-abr-02	02/194-01	0,8	0,0038	1,2	<2,0	<1,0	7,4	15	450	0,8		5200	1000	65	59	0,29	93		1,06			
30-abr-02	31-may-02	02/253-01	1,4	0,0035	3,6	<2,0	<1,0	7,4	43	874	0,5		2000	1000	25	51	0,13	135		0,89			
31-may-02	30-jun-02	02/315-01	2,0	0,0042	4,6	<2,0	<1,0	7,2	65	1061	0,6		750	300	9	26	0,05	60		0,47			
30-jun-02	31-jul-02	02/373-01	1,1	0,0022	4,7	<2,0	<1,0	6,8	75	1094	0,3		720	300	9	14	0,03	59		0,24			
31-jul-02	31-ago-02	02/392-01	1,4	0,0027	6,8	<2,0	<1,0	7,5	57	1125	0,3		770	300	10	18	0,04	91		0,32			
31-ago-02	30-sep-02	02/443-01	1,1	0,0069	1,2	<2,0	<1,0	6,8	22	362	1,2		3200	300	40	48	0,30	53		0,88			
Σ			23,4	0,0621	58,4					20551	12,1		68490		852	1063	3,15	2174					

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es baja-moderada y algo heterogénea. La deposición total es ligeramente básica (pH = 7,2±0,4). El contenido de SO₄ es siempre superior al de Cl. No se ha podido determinar Na y K en la mayoría de las muestras (Tabla 1).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄, y rCl/rBr, sin considerar el primer muestreo por la sospecha de posibles errores durante el muestreo, son respectivamente de 0,6 y 651, inferior y similar al valor marino, lo que se asocia a una deposición del Cl asociada básicamente al aerosol marino con cierta contribución mineral de origen continental.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr pueden observarse en la Figura 1.

Durante todo el periodo de muestreo, salvo en verano, se observa la existencia

de un amplio grupo de valores de R entre 500 y 800 que indican condiciones bastante constantes de los aportes, ligados a los periodos de lluvia cuya salinidad parece proceder principalmente del aerosol marino. Los contenidos bajos de Cl se asocian a las mayores precipitaciones. En verano se producen escasas precipitaciones y valores de $R > 1000$ asociados a contenidos altos y variables de Cl, y valores bajos de rCl/rSO_4 . Esta situación debe asociarse con un mayor aporte salino derivado del polvo atmosférico.

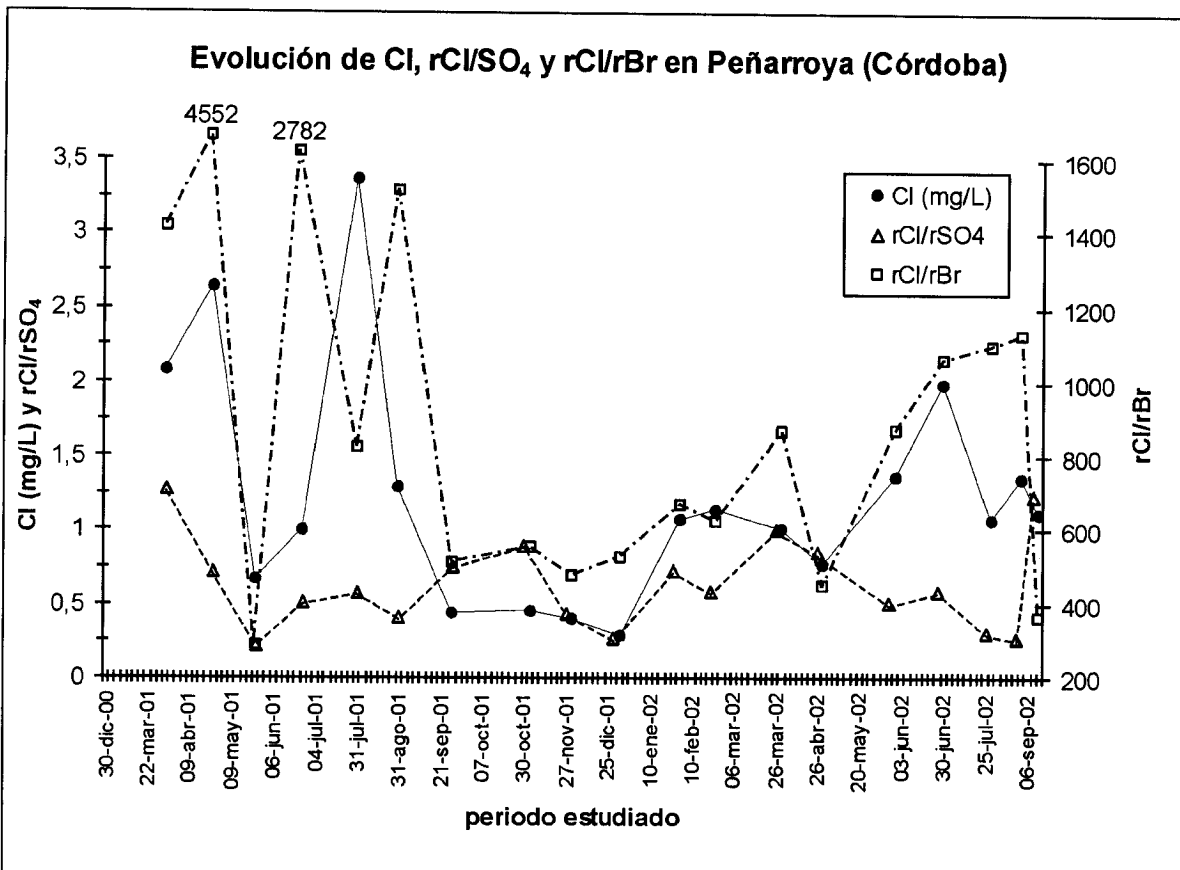


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl obtenido es de $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor bajo y similar a otras zonas de interior peninsular con moderada o escasa influencia marina y de otras fuentes de salinidad.

Referencias específicas:

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: SANTIAGO DE COMPOSTELA (A CORUÑA)
Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados

Muestreador: Ángel Ferrero (oficina del IGME en Santiago; A Coruña)

Comentarios: Francisco Javier Alcalá

Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio

Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003

Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en una urbanización a las afueras de Santiago en una zona semi-urbana con cierta influencia industrial, costera y agrícola. La duración del muestreo ha sido de 566 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO SANTIAGO. Santiago de Compostela (A Coruña)										Estación abierta el 17/02/2001 (fecha supuesta)										
X= 203400; Y= 930100; Z= 255. Muestreo: Oficina del IGME de Santiago (A Coruña)										Estación cerrada el 10/08/2002										
Fecha		Fecha		aniones y cationes en mg/L						relaciones iónicas			Lluvia		A. Dest.		Deposición Total (mg·m ⁻²)			
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Ak
17-feb-01	19-mar-01	C-1a	2,5	0,0059	2,6	1,2	<0,5	6,9	11	965	1,3	0,7	11000	200	137	352	0,82	368	163	1,01
19-mar-01	20-mar-01	C-1b	1,9	0,0038	2,2	0,5	<0,5	6,3	6	1107	1,2	0,4	7400	1000	92	195	0,40	229	47	16,75
20-mar-01	22-mar-01	C-1c	4,1	0,0091	2,6	2,2	<0,5	6,0	16	1009	2,1	0,8	8050	525	100	435	0,97	281	239	18,65
22-mar-01	28-mar-01	C-1d	3,2	0,0080	2,5	1,9	<0,5	6,0	12	900	1,8	0,9	9200	1000	114	406	1,01	313	235	5,80
28-mar-01	10-abr-01	C-1e	5,4	0,0126	3,4	3,5	<0,5	5,5	31	968	2,2	1,0	4385	600	55	336	0,78	210	218	2,22
10-abr-01	03-may-01	C-2a	3,9	0,0170	3,6	2,9	<0,5	5,9	33	515	1,5	1,2	10450	100	130	510	2,23	471	384	1,90
03-may-01	10-may-01	C-2b	2,5	0,0059	5,2	1,7	1,0	5,2	54	946	0,7	1,1	600	300	7	28	0,07	58	19	0,34
10-may-01	10-jun-01	C-3	2,2	0,0073	3,1	2,4	1,2	4,2	86	665	0,9	1,7	4170	400	52	123	0,41	175	138	0,34
10-jun-01	10-jul-01	C-4	2,1	0,0066	3,0	2,2	1,2	6,1	70	719	1,0	1,6	6600	400	82	184	0,57	257	193	0,52
10-jul-01	10-ago-01	C-5	2,1	0,0085	2,6	2,1	<1,0	4,6	52	561	1,1	1,5	4550	400	57	130	0,52	158	129	0,36
10-ago-01	10-sep-01	C-6	0,7	0,0036	2,4	<2,0	<1,0	5,0	22	438	0,4		4470	600	56	44	0,23	148		0,12
10-sep-01	07-oct-01	C-7a	3,1	0,0086	1,4	2,4	<1,0	5,6	16	814	3,1	1,2	10650	200	132	420	1,16	185	325	1,33
07-oct-01	10-oct-01	C-7b	5,1	0,0135	1,1	3,8	<1,0	5,7	21	850	6,2	1,1	1510	400	19	121	0,32	27	90	3,46
10-oct-01	20-oct-01	C-8a	2,7	0,0102	0,8	2,6	<1,0	6,5	15	589	4,6	1,5	7975	300	99	275	1,05	81	269	2,36
20-oct-01	23-oct-01	C-8b	2,0	0,0066	0,5	<2,0	<1,0	7,1	11	665	5,2		8935	300	111	224	0,76	59		6,40
23-oct-01	10-nov-01	C-8c	8,0	0,0237	3,4	6,9	<1,0	6,0	44	756	3,2	1,3	1060	500	13	154	0,46	66	134	0,28
10-nov-01	10-dic-01	C-9	0,9	0,0026	0,4	<2,0	<1,0	6,2	22	770	2,9		2730	500	34	36	0,10	17		0,10
10-dic-01	10-ene-02	02/051-03	1,1	0,0046	1,2	<2,0	<1,0	5,7	19	538	1,3		4930	500	61	74	0,31	78		0,21
10-ene-02	31-ene-02	C-11a	4,7	0,0176	1,2	3,1	<1,0	5,7	24	605	5,4	1,0	10280	200	128	616	2,29	154	408	2,52
31-ene-02	10-feb-02	C-11b	5,6	0,0211	1,6	3,7	<1,0	5,5	30	598	4,9	1,0	7830	400	97	574	2,16	160	380	4,82
10-feb-02	10-mar-02	C-12	3,4	0,0151	1,5	2,4	<1,0	5,5	23	508	3,0	1,1	4330	400	54	201	0,89	90	141	0,61
10-mar-02	19-mar-02	02/234-03	3,3	0,0112	1,3	<2,0	<1,0	5,2	19	663	3,6		9370	400	117	401	1,36	152		3,82
19-mar-02	10-abr-02	02/234-02	2,3	0,0109	1,2	<2,0	<1,0	5,4	19	483	2,6		4040	400	50	129	0,60	67		0,50
10-abr-02	10-may-02	02/234-01	3,1	0,0103	2,5	2,0	<1,0	6,9	28	682	1,7	1,0	4280	400	53	182	0,60	146	117	0,52
10-may-02	19-may-02	02/338-01	0,6	0,0050	0,05	<2,0	<1,0	6,1	6	248	15,2		8950	400	111	64	0,58	6		0,61
19-may-02	10-jun-02	02/338-02	3,6	0,0146	1,8	2,6	<1,0	6,0	21	556	2,8	1,1	7370	400	92	349	1,41	171	246	1,36
10-jun-02	10-jul-02	02/393-04	1,8	0,0031	4,6	<2,0	1,6	5,0	53	1299	0,5		1310	400	16	38	0,07	97		0,11
10-jul-02	10-ago-02	02/393-05	1,8	0,0066	3,7	<2,0	<1,0	4,8	49	614	0,7		1110	500	14	36	0,13	75		0,10
Σ			83,6	0,2736	61,1					20029	80,6		167535		2083	6637	22,27	4296		

Origen de la salinidad:

La deposición total tiene una salinidad moderada y uniforme, y es ácida (pH = 5,7±0,7). El contenido de SO₄ es superior al de Cl durante el verano, menor durante el otoño y primavera, y similar en invierno. Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄, y rCl/rBr, sin considerar la primera muestra, son respectivamente de 2,1 y 646, inferior y similar al marino, lo que debe asociarse a una deposición del Cl procedente en mayor medida del aerosol marino. La mayoría de valores de rNa/rCl

obtenidos son algo superiores al valor marino.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

Durante verano y algunos periodos de primavera se producen precipitaciones más bajas que dan valores de $R \sim 1000$ o superiores y que van acompañados de los valores más altos de rNa/rCl y más bajos de rCl/rSO_4 . Esta situación parece indicar la existencia de un aporte no marino más importante proporcionalmente durante la época de escasa precipitación. Los valores de SO_4 se deben asociar a un aporte cuya procedencia podría derivar de emisiones de tipo industrial o urbano.

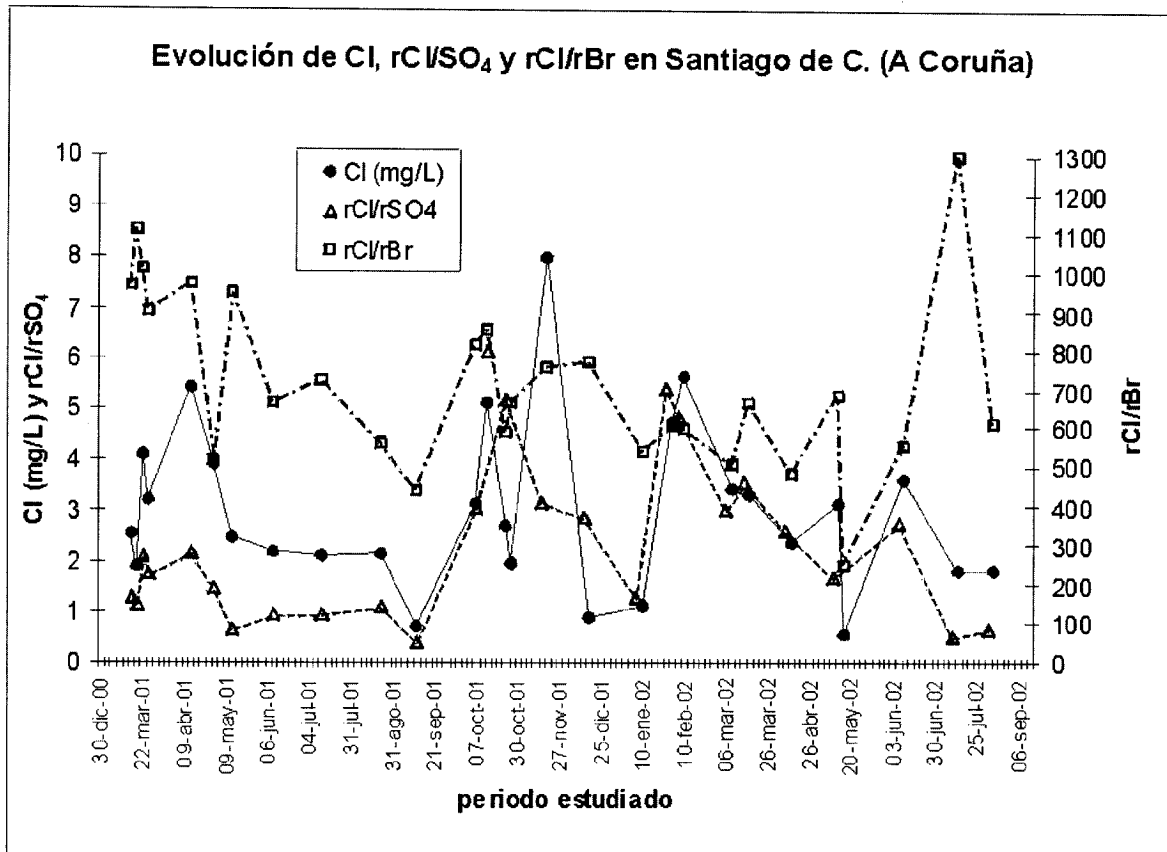


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha cifrado en $3,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor similar a los obtenidos en la zona de Aveiro (Portugal) por Condesso de Melo (2002), que obtuvo una deposición total de Cl entre $3,6$ y $4,6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ respectivamente para zonas algo interiores y costeras.

Referencias específicas:

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.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: UNIVERSIDAD DE ALMERÍA (ALMERÍA)
Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados
Muestreador: María Ángeles Fernández (oficina del IGME en Almería)
Comentarios: Francisco Javier Alcalá
Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio
Ejecución: Francisco Javier Alcalá
Fecha: octubre 2003
Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en el Edificio Central de la Universidad a pocos metros de la línea de costa en una zona ventosa con importante volumen de polvo en suspensión y a unos 10 km al Este de la ciudad de Almería. El periodo de funcionamiento ha sido de 574 días.

Tabla 1. Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO ALMERÍA. Universidad de Almería; La Cañada (Almería)										Estación abierta el 02/02/2001		Estación cerrada el 30/08/2002									
X= 716100; Y= 249750; Z= 20. Muestreo: Oficina del IGME de Almería																					
Fecha		aniones y cationes en mg/L								relaciones iónicas			Lluvia	A. Dest.	Deposición Total (mg·m ⁻³)						
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Al		
02-feb-01	04-mar-01	01/217-01	23,9	0,0330	21,5	14,1	1,2	8,1	168	1629	1,5	0,9	250	1000	3	371	0,51	335	219	0,86	
04-mar-01	09-abr-01	01/185-01	28,0	0,0720	14,5	17,5	1,0	7,4	192	876	2,6	1,0	0	1000	0	348	0,90	181	218	0,67	
09-abr-01	09-may-01	01/288-01	17,9	0,0232	12,1	11,3	0,8	7,4	140	1738	2,0	1,0	80	1000	1	241	0,31	162	152	0,56	
09-may-01	11-jun-01	01/7372-01	9,2	0,0160	10,0	7,0	0,5	7,5	128	1292	1,2	1,2	870	1000	11	214	0,37	233	162	0,45	
11-jun-01	11-jul-01	01/440-01	215,8	0,1800	338,2	118,6	5,3	7,2	1314	2698	0,9	0,8	0	1000	0	2683	2,24	4205	1475	6,21	
11-jul-01	16-sep-01	01/494-01	19,1	0,0269	21,9	14,5	1,3	6,4	189	1593	1,2	1,2	1100	1000	14	497	0,70	571	377	0,52	
16-sep-01	16-oct-01	01/537-02	7,7	0,0073	8,7	6,6	<1,0	7,7	109	2383	1,2	1,3	1580	1000	20	248	0,23	278	211	0,57	
16-oct-01	16-nov-01	01/569-01	6,2	0,0252	6,0	6,2	<1,0	6,9	120	555	1,4	1,5	1380	1000	17	184	0,75	178	184	0,41	
16-nov-01	22-ene-02	02/040-01	8,0	0,0193	8,1	4,1	<1,0	7,2	113	935	1,3	0,8	2410	1000	30	340	0,82	341	175	0,35	
22-ene-02	27-feb-02	02/104-02	68,9	0,0607	177,2	41,4	2,8	7,0	207	2552	0,5	0,9	10	1000	0	865	0,76	2225	519	1,67	
27-feb-02	26-mar-02	02/137-01	5,2	0,0143	6,0	4,0	<1,0	7,4	69	823	1,2	1,2	3650	1000	45	302	0,83	344	230	0,78	
26-mar-02	26-abr-02	02/199-01	7,8	0,0128	10,2	5,8	<1,0	7,4	103	1362	1,0	1,2	3020	300	38	320	0,53	422	239	0,72	
26-abr-02	28-may-02	02/252-01	29,9	0,0397	38,2	16,1	1,0	7,8	306	1696	1,1	0,8	1020	300	13	491	0,65	627	264	1,07	
28-may-02	25-jul-02	02/408-02	201,2	0,2933	75,3	121,0	6,5	6,8	959	1543	3,6	0,9	0	300	0	750	1,09	281	451	0,90	
25-jul-02	30-ago-02	02/408-04	65,5	0,0949	80,1	39,8	4,0	6,9	677	1552	1,1	0,9	0	500	0	407	0,59	498	248	0,79	
Σ			714,2	0,9186	827,8	427,9				23228	21,9	15,6	15370		191	8262	11,3	10880	5125		

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es muy alta y variable. La deposición total es algo básica (pH = 7,3±0,4). El contenido de SO₄ es casi siempre inferior al de Cl salvo en una muestra de verano y otra de invierno (Tabla 1).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄, rNa/rCl y rCl/rBr son respectivamente de 1,0; 1,0 y 1648, inferior, similar y muy superior a los valores marinos, lo que debe tener relación con la existencia de aportes salinos de origen no marino para la primera, y una deposición principal de origen marino con efecto climático árido para las otras dos relaciones.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr se incluye en la Figura 1. Se observa una relación entre aumentos del contenido Cl y de los valores de R, y descensos de rCl/rSO₄.

La zona es marcadamente seca, con escasas precipitaciones y muy variables

en volumen y contenido salino. Los valores rCl/rSO_4 parecen estar condicionados por un posible aporte de SO_4 de procedencia continental. Los valores de rNa/rCl son algo superiores al marino, pudiendo estar causados por un aporte relativo de Na mayor que de Cl de origen marino asociado a la deposición de polvo atmosférico rico en microcristales de halita algo enriquecidos en Na.

Durante el periodo de lluvias de otoño los valores de R oscilan en torno a 1000, pero durante periodos secos continuados estivales, con vientos preferentes de dirección Este desde el mar Mediterráneo, R alcanza o supera valores de 2000.

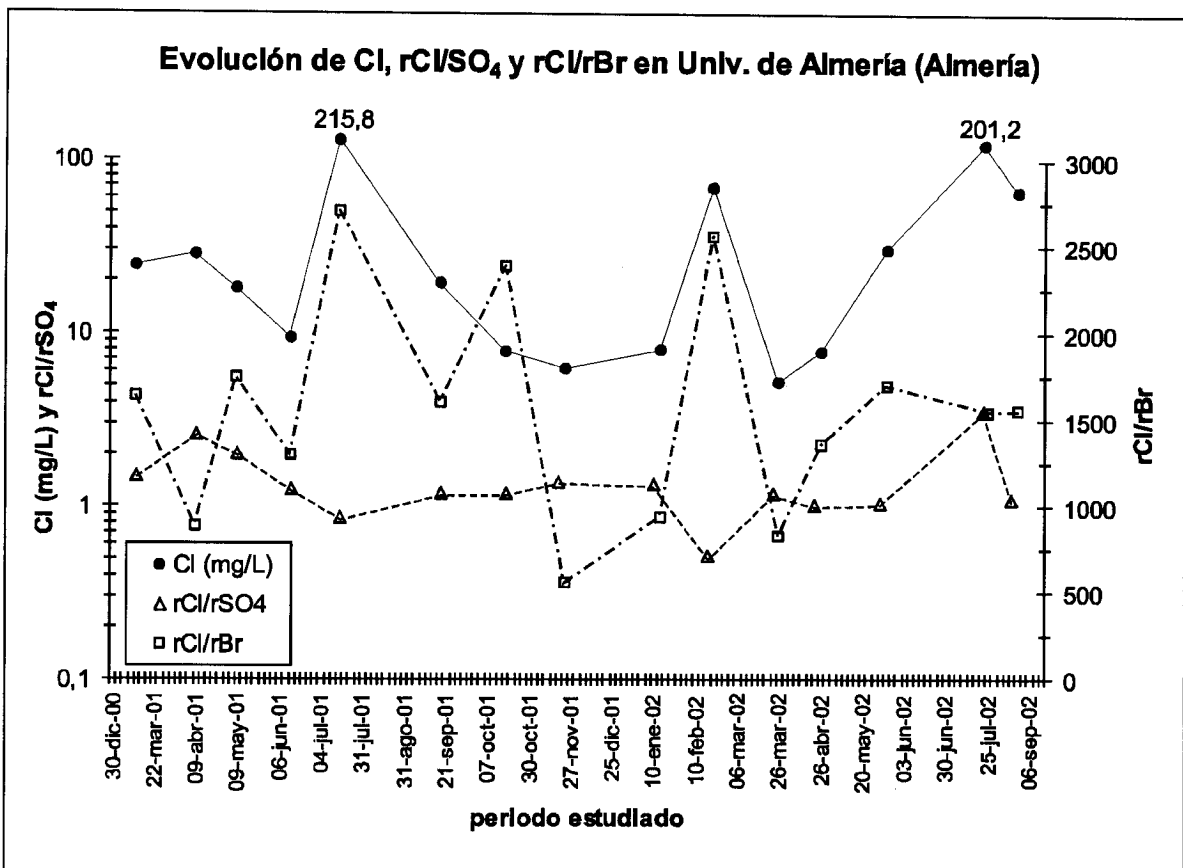


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha cifrado en $5,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$; valor alto asociado a un ambiente costero en zona árida con escasa precipitación y viento intenso. Un valor muy similar de $5,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ fue obtenido en la ciudad de Almería por Ruiz y Usero (1983).

Referencias específicas:

Ruiz, V. y Usero, J. (1983). Dust analysis. In: *Proceeding of the International Workshop*. Tabernas (Almería), Spain. Vol: 2.2, 1-23.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: DEHESAS DE GUADIX (GRANADA)

Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados

Muestreador: María Ángeles Fernández (oficina del IGME en Almería)

Comentarios: Francisco Javier Alcalá

Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio

Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003

Organismos 1: IGME

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza próximo a la EDAR de Dehesas de Guadix, en ambiente agrícola. La duración del muestreo ha sido de 578 días.

Tabla 1.- Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO GRANADA. Depuradora de Dehesas de Guadix (Granada)										Estación abierta el 30/01/2001												
X= 491125; Y= 4160225; Z= 674. Muestreo: Oficina del IGME de Almería										Estación cerrada el 29/08/2002												
Fecha		aniones y cationes en mg/L								relaciones iónicas			Lluvia			A. Dest.			Deposición Total (mg·m ⁻²)			
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	C E	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Ak		
30-ene-01	01-mar-01	01/182-01	1,9	0,0025	2,2	0,5	<0,5	6,9	30	1737	1,2	0,4	2000	1000	25	72	0,09	82	19	0,61		
01-mar-01	28-mar-01	01/195-04	2,1	0,0036	2,7	0,7	<0,5	7,4	18	1306	1,1	0,5	1900	1900	24	99	0,17	126	32	0,93		
28-mar-01	26-abr-01	01/255-01	2,1	0,0030	4,0	0,9	0,7	6,9	56	1568	0,7	0,7	250	1000	3	32	0,05	62	14	0,29		
26-abr-01	24-may-01	01/321-01	1,9	0,0034	2,8	<2,0	<0,5	6,9	27	1224	0,9		5100	1243	63	146	0,27	224		1,16		
24-may-01	17-jul-01	01/451-01	2,8	0,0077	3,0	<2,0	2,7		90	805	1,3		5100	1243	63	218	0,61	233		1,03		
17-jul-01	17-ago-01	01/494-02	1,5	0,0073	3,8	<2,0	1,1	8,7	64	472	0,6		200	1000	2	23	0,11	56		0,19		
17-ago-01	21-sep-01	01/537-01	0,6	0,0027	1,4	<2,0	<1,0	8,1	51	477	0,6		0	1000	0	7	0,03	17		0,05		
21-sep-01	09-oct-01	01/589-02	0,6	0,0032	1,1	<2,0	<1,0	7,1	46	387	0,7		2720	1581	34	29	0,17	57		0,42		
09-oct-01	08-nov-01	01/625-01	0,6	0,0025	1,5	<2,0	<1,0	7,2	92	504	0,5		6310	1188	78	52	0,23	138		0,44		
08-nov-01	30-nov-01	01/658-02	0,4	0,0027	1,4	<2,0	<1,0	7,5	45	350	0,4		980	2279	12	17	0,11	58		0,20		
30-nov-01	24-ene-02	02/042-01	12,0	0,0105	35,9	7,7	1,2	6,9	203	2567	0,5	1,0	4995	1249	62	930	0,82	2790	595	4,31		
24-ene-02	26-feb-02	02/104-01	10,0	0,0136	32,5	7,5	2,0	6,8	207	1648	0,4	1,2	810	1000	10	224	0,31	732	168	1,84		
26-feb-02	26-mar-02	02/137-02	1,7	0,0052	3,6	<2,0	1,9	5,8	82	723	0,6		2610	1298	32	81	0,25	177		0,74		
26-mar-02	24-abr-02	02/199-02	0,8	0,0049	2,3	<2,0	<1,0	7,4	40	344	0,4		3400	434	42	36	0,23	109		0,31		
24-abr-02	23-may-02	02/252-02	5,7	0,0084	16,7	3,6	<1,0	7,6	137	1538	0,5	1,0	895	300	11	85	0,12	248	53	0,75		
23-may-02	27-jun-02	02/323-01	39,7	0,0700	112,5	18,9	30,6	7,2	622	1277	0,5	0,7	0	300	0	146	0,26	420	71	1,08		
27-jun-02	23-jul-02	02/408-01	3,4	0,0217	14,4	3,3	6,5	6,5	221	355	0,3	1,5	630	300	8	40	0,25	167	38	0,39		
23-jul-02	29-ago-02	02/408-03	1,7	0,0097	8,1	2,0	1,3	6,9	127	392	0,3	1,8	920	321	11	26	0,15	125	31	0,18		
Σ			89,3	0,1826	249,9					17673	11,3		38820		483	2266	4,24	5820				

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es moderada y heterogénea. La deposición total tiende a la neutralidad (pH = 7,0±0,5). El contenido de SO₄ suele ser superior al de Cl. Algunas determinaciones de Na en las muestras más salinas han permitido obtener un valor medio orientativo de rNa/rCl de ~ 0,9, similar al valor marino (0,85).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄, y rCl/rBr son respectivamente de 0,5 y 1203, inferior y superior al valor marino, lo que puede estar relacionado con la existencia de un aporte salino de origen litológico que incluiría cantidades relativas de SO₄ mayores que de Cl que diera valores de R > 1000. En la zona afloran rocas evaporíticas miocenas.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

Se observa cierta correlación entre el contenido de Cl y los valores de rCl/rBr. Los valores de R entre 300 y 600 se asocian a contenidos bajos de Cl (>2 mg/L) que

se producen durante los periodos de lluvias de finales de verano y de otoño. Estos valores de R son similares a los obtenidos en zonas del centro peninsular, donde el aporte de Cl parece provenir principalmente de un aerosol marino diluido.

Los valores de rCl/rSO_4 no parecen modificarse a lo largo del muestreo, por lo que se puede admitir un aporte continuado de SO_4 , posiblemente de origen litológico. Durante el invierno y primavera desciende la pluviometría y se constata un aumento del contenido de Cl (desde 4 a 40 mg/L) asociado a valores de R desde 1000 a 2500. Los contenidos de SO_4 y de Cl aumentan y no se modifica el valor de la relación rCl/rSO_4 .

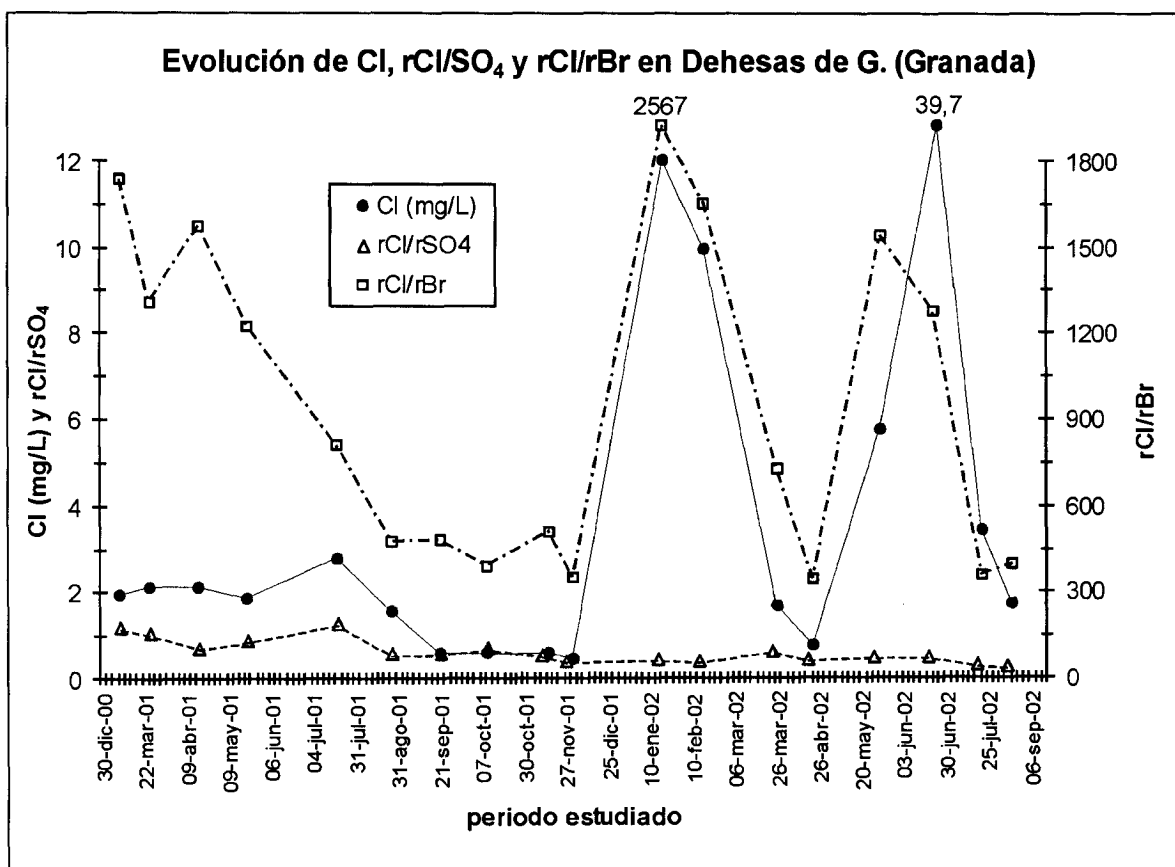


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor de deposición total de Cl se ha cifrado en $1,4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$, algo alto para una zona de interior peninsular. Parece existir contribución de Cl de origen litológico o antrópico.

Referencias específicas:

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA DEPOSICIÓN TOTAL

Lugar de ensayo: DOÑANA; ALMONTE (HUELVA)

Fechas e intervalos de muestreo: Se indican en la Tabla 1 de resultados

Muestreador: Técnicos del Parque, con la colaboración del DITCG de la UPC

Comentarios: Francisco Javier Alcalá

Interpretación: Francisco Javier Alcalá, Emilio Custodio

Ejecución: Francisco Javier Alcalá

Fecha: octubre 2003

Organismos 1: IGME

2: UPC

Objetivos: Determinar el valor de deposición total de Cl y origen de la salinidad.

Características geográficas y ambientales del punto de muestreo: El punto de muestreo se localiza en el Palacio de Doñana dentro del Parque Natural. La duración del muestreo ha sido de 235 días.

Tabla 1.- Resultados obtenidos

PLUVIÓMETRO DOÑANA. Palacio de Doñana; Almonte (Huelva)										Estación abierta el 30/11/2000		Estación cerrada el 19/01/2002									
X= 354655; Y= 269905; Z= 5. Muestreo: Universidad Politécnica de Catalunya																					
Fecha		Fecha		aniones y cationes en mg/L						relaciones iónicas			Lluvia		A. Dest.		Deposición Total (mg·m ⁻²)				
Inicio	Final	Muestra	Cl	Br	SO ₄	Na	K	pH	CE	rCl/rBr	rCl/rSO ₄	rNa/rCl	P (ml)	(ml)	P (mm)	Cl	Br	SO ₄	Na	Sk	
30-nov-00	30-dic-00	01/360-01	4,8	0,0200	4	4,8	0,5	6,1	42	543	1,6	1,5	250	500	3	45	0,19	37	45	0,46	
30-dic-00	30-ene-01	01/360-02	3,3	0,0180	4	3,6	<0,5	6,0	33	414	1,1	1,7	1	500	0	21	0,11	25	22	0,21	
30-ene-01	27-feb-01	01/360-03	11,7	0,0490	7	9,6	0,6	6,0	71	535	2,3	1,3	80	500	1	84	0,35	50	69	0,93	
27-feb-01	30-mar-01	01/360-04	10,7	0,0370	6	9,1	<0,5	6,0	66	648	2,4	1,3	870	500	11	182	0,63	102		1,81	
30-mar-01	27-abr-01	No se tomó muestra																			
27-abr-01	28-may-01	01/360-05	7,6	0,0330	14	6,9	1,8	5,9	98	519	0,7	1,4	870	500	11	118	0,56	238	117	1,30	
28-may-01	30-jun-01	No se tomó muestra																			
30-jun-01	29-jul-01	No se tomó muestra																			
29-jul-01	25-ago-01	No se tomó muestra																			
25-ago-01	30-sep-01	No se tomó muestra																			
30-sep-01	30-oct-01	02/034-01	4,5	0,0244	10	<2,0	<1,0	6,6	69	417	0,6		10	500	0	26	0,15	63		0,27	
30-oct-01	30-nov-01	02/034-02	4,1	0,0162	4	<2,0	<1,0	6,6	43	565	1,4		3650	500	45	191	0,84	206		1,91	
30-nov-01	27-dic-01	02/034-03	2,3	0,0088	3	<2,0	<1,0	6,6	33	598	1,1		3020	500	38	93	0,39	131		1,07	
27-dic-01	19-ene-02	No se tomó muestra																			
Σ			49,0	0,2064	52,0					4240	11		8751		109	760	3,22	855			

Origen de la salinidad:

La salinidad de la deposición total es moderada y poco variable. La deposición total es algo ácida (pH = 6,2±0,3). El contenido de SO₄ es inferior al de Cl en invierno y primavera, y superior en verano y otoño (Tabla 1).

Los valores acumulados de las relaciones rCl/rSO₄ y rCl/rBr son respectivamente de 1,2 y 531, ambos inferiores al valor marino, lo que podría tener relación con la presencia de aportes salinos de origen no marino. Los valores de rNa/rCl de algunas muestras más salinas son superiores al marino.

Los valores de R están comprendidos entre 530 y 650, excepto 2 valores con R ~ 400 asociados a volúmenes más bajos de precipitación y concentraciones medias de Cl (~ 4 mg/L). Se deduce la existencia de algún tipo de fuente de salinidad que condiciona valores de R más bajos que el marino y que modifica a la baja el valor acumulado de R, que originalmente debe ser similar al valor marino.

La evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y de las relaciones iónicas rCl/rSO₄ y rCl/rBr puede observarse en la Figura 1.

Se han observado valores rCl/rSO_4 algo más altos en primavera que en otoño, asociados a precipitaciones mayores con mayor contribución del aerosol marino. El SO_4 tendría un origen principalmente antrópico.

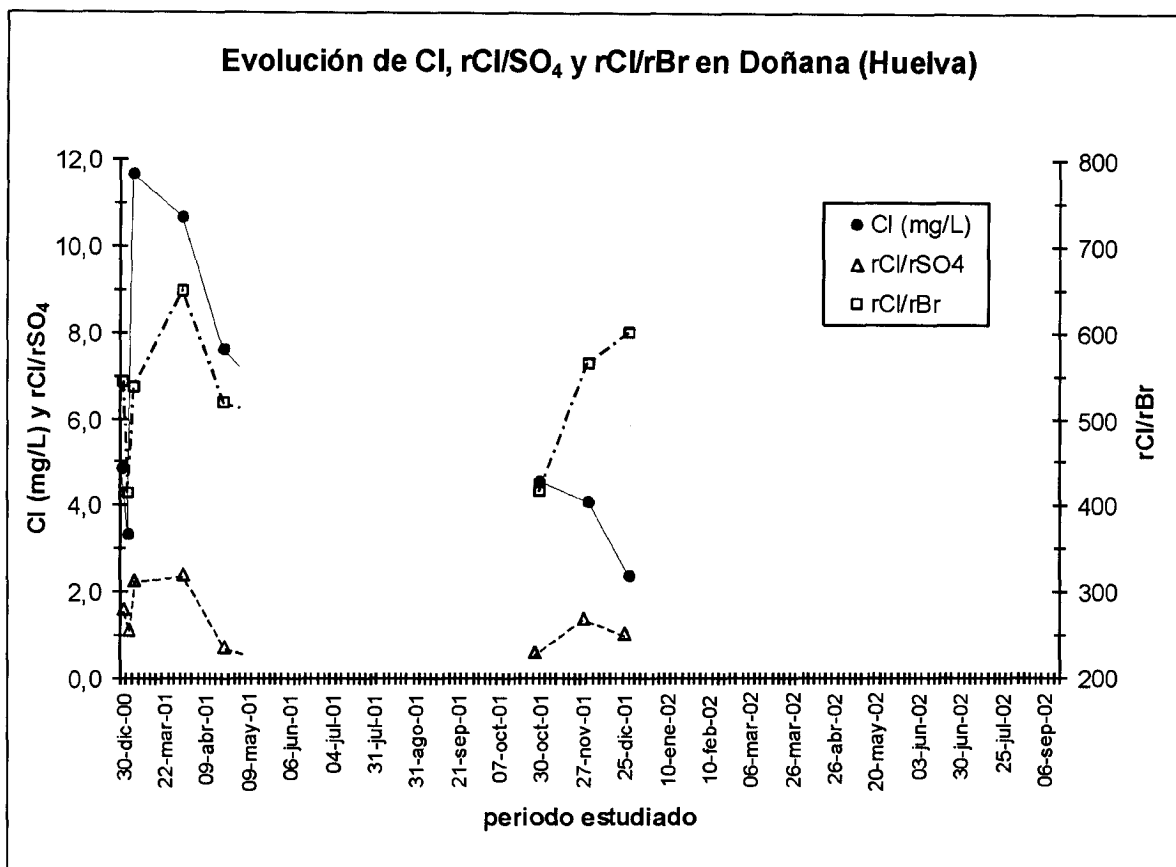


Figura 1. Evolución temporal del contenido de Cl (mg/L) y relaciones iónicas rCl/rSO_4 y rCl/rBr

Deposición total:

El valor anual de deposición total de Cl se ha estimado, de forma tentativa, en $1,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$. Este valor es sólo orientativo de las condiciones de deposición total que deben existir, considerando que el muestreo ha tenido una duración de sólo 8 meses. Resultados obtenidos en varios pluviómetros en la zona durante años anteriores (Iglesias *et al.*, 1996) muestran valores de deposición de Cl superiores a los obtenidos; cifrados entre $1,7$ y $11 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$.

Referencias específicas:

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 Abalario, Doñana, Huelva. *IV SIAGA*. Vol.: II. 99-121. Almería.

8. DISCUSIÓN

Los valores obtenidos de deposición total de Cl presentan una incertidumbre no calculada, asociada a que el periodo de estudio es escaso para caracterizar fielmente la deposición total, lo que no permite extrapolarla a periodos temporales más amplios. No obstante, sí proporcionan un orden de magnitud de la misma en cada zona.

En el centro de la península los valores de deposición total de Cl son bastante homogéneos y del orden de $0,2-0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$, sin que se observen diferencias significativas asociadas a diferencias topográficas. En la zona costera atlántica y mediterránea son claramente superiores, más heterogéneos y oscilan entre 1 y $6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$. Con los datos disponibles y otros bibliográficos consultados (informe nº 3 del proyecto CICYT, HID 1999-0205), se observa un fuerte gradiente de concentración desde la línea costera hacia las áreas más interiores, lo que implica que el cálculo de la recarga a los acuíferos mediante balance químico resulta muy incierto en la franja periférica consecuencia de los elevados gradientes territoriales de deposición de Cl. En el interior su utilidad para el cálculo de la recarga parecer ser mayor.

La deposición total de Cl incluye orígenes para el Cl diferentes al marino en todas las estaciones, que varían según su ubicación, pluviometría y otras condiciones ambientales; dando valores de R diferentes al marino. Durante periodos húmedos y en estaciones costeras del norte peninsular como Quintana (Asturias) y Santiago (A Coruña), se observa un aporte principal asociado al aerosol marino que da valores de R similares al marino. En el centro peninsular el aerosol marino llega muy diluido, con concentraciones de Cl en ocasiones inferiores a 1 mg/L , dando valores de R entre 300 y 500 para la deposición atmosférica no afectada por otros procesos modificadores de la salinidad y producida durante periodos húmedos con escaso aporte salino de origen continental; aspecto observado en las estaciones de La Bastida (Salamanca), Huerta del Rey (Burgos), El Casar (Guadalajara) y Sierra del Vicort (Zaragoza).

Se ha observado que, además del aerosol marino, existen otras fuentes de salinidad asociadas a condiciones ambientales o producto de actividades antrópicas, que modifican la salinidad original y en consecuencia el valor de R. Generalmente los aportes salinos no marinos son más importantes durante periodos secos donde la deposición total incluye mayor aporte relativo de polvo atmosférico. Este aspecto está presente en todas las estaciones, aunque de forma más visible en las mediterráneas: Santa María del Camí (Mallorca), Siete Aguas (Valencia), Almería, etc.

El aporte de Cl de origen litológico, principalmente asociado a rocas evaporíticas, da valores de R de hasta varios miles, constatándose cantidades altas de SO_4 . Algunas estaciones que incluyen este tipo de aporte salino son: Sierra del Vicort (Zaragoza), Santa María del Camí (Mallorca), Siete Aguas (Valencia), Dehesas de Guadix (Granada), etc.

El efecto climático árido observado en las estaciones costeras de Morro Besudo (Gran Canaria) y Almería durante periodos de escasa precipitación, condiciona una deposición total de Cl de salinidad alta y variable, que da valores de R superiores al marino (generalmente en torno a 1000 o superior), producto del fraccionamiento del aerosol marino original. Los valores de las relaciones iónicas están próximas a los valores marinos.

El aporte mineral asociado a emisiones urbanas o industriales incluye cantidades altas de SO_4 y valores habituales de R entre 300 y 500 que hacen descender el valor promedio de R de la deposición total. Este efecto es visible de forma esporádica en las estaciones de Santiago (A Coruña) y Peñarroya (Córdoba) donde el ambiente de muestreo es semi-urbano y se dan valores de R entre 300 y 450 durante los periodos de escasa precipitación de verano y otoño. Los valores de R entre 300 y 400 encontrados en Doñana parecen asociarse a cierta afección derivada de las emisiones industriales desde el polo químico de Huelva, aspecto aun por estudiar con más detalle.

9. CONCLUSIONES

El estudio de la deposición total atmosférica de Cl en el territorio español muestra que en el centro peninsular los valores de deposición total de Cl son muy homogéneos y del orden de $0,2-0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$, mientras que en la zona costera atlántica y mediterránea son claramente superiores (entre 1 y $6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$), existiendo un fuerte gradiente de concentración desde la línea costera hacia las áreas más interiores.

La deposición total de Cl puede incluir otras fuentes de Cl diferentes a la marina que contribuyen a la cantidad total de Cl y que modifican el valor de R asociado al aerosol marino. Las estaciones costeras con mayor influencia del aerosol marino presentan valores de R similares al marino, mientras que las estaciones de interior que incluyen un aerosol marino diluido no afectado por otras fuentes de salinidad presentan valores de R entre 300 y 500. El aporte litológico de Cl relacionado con rocas evaporíticas suele generar valores de R ~ 1000 o superiores y contenidos altos de SO_4 . El efecto climático árido en zonas costeras del SE peninsular e Islas Canarias genera valores de R ~ 1000 o superiores, contenidos altos de Cl y relaciones iónicas similares a las marinas. El aporte de Cl de origen urbano o industrial genera valores de R entre 300 y 450 y contenidos altos de SO_4 .

Con estos datos y otros bibliográficos consultados, se indica que el cálculo de la recarga a los acuíferos mediante balance químico resulta muy incierto en la franja periférica como consecuencia de los elevados gradientes territoriales de la deposición de Cl y su alta variación composicional; no es así en zonas interiores donde existe mayor uniformidad de los aportes. La relación $r_{\text{Cl}}/r_{\text{Br}}$ permite identificar los diferentes orígenes de la salinidad de la deposición de Cl, siempre que se hayan identificado previamente las posibles fuentes de Cl; constituyendo un buen trazador para establecer el origen de la salinidad que condiciona el aporte de Cl. Los valores de R del agua de infiltración no afectada por otros procesos significativos que hagan variar su salinidad deben ser relación directa del valor de R de la deposición atmosférica, lo que permite el uso de esta relación como trazador hidrogeológico para la estimación de la recarga mediante métodos químicos.

10. REFERENCIAS

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. 83-110.

- Custodio E. y Llamas, M.R. (1983). Hidrología Subterránea. Editorial Omega. Barcelona (2 Vols): 1-2350.
- Custodio, E. y Herrera, C. (2000). Utilización de la relación Cl/Br como trazador hidrogeoquímico en hidrología subterránea. *Bol. Geol. Min. España*. 111: 49-67.
- Custodio, E. y Alcalá-García, F.J. (2003). El potencial de la relación Cl/Br como indicador del origen de la salinidad de los acuíferos costeros españoles. En: *Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos*. Alicante. Vol. 1: 401-412.
- Davis, S.N., Whittemore, D.O. y Fabryka-Martin, J. (1998). Uses of chloride/bromide ratios in studies of potable water. *Ground Water*, Vol. 36: 338-350.
- HID 1999-0205 (2003). *Errors involved in the analytical determination of the ratio Cl/Br*. Informe nº 1. Ministerio de Ciencia y Tecnología (CICYT). Investigador Principal: Emilio Custodio. 6 pp.
- HID 1999-0205 (2003). *Recopilación de datos bibliográficos sobre deposición atmosférica de cloruro al terreno*. Informe nº 3. Ministerio de Ciencia y Tecnología (CICYT). Investigador Principal: Emilio Custodio. 43 pp.
- Löye-Pilot, M.D. y Moselli, J. (1988). Fluctuations of ionic composition of precipitations collected in Corsica related to changes in the origins of the incoming aerosols. *J. Aerosol Sci.* Vol. 19:577-585
- Whittemore, D.O. (1988). *Bromide as a tracer in ground-water studies: geochemistry and analytical determination*. Proc. Ground Water Geochem. Conf., Denver National Water Well Assoc. Dublin, Ohio, 339-360.