



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA DE LOS  
ACUIFEROS DE LAS ISLAS DE GRAN CANARIA  
Y EL HIERRO**

**"SISTEMAS ACUIFEROS NUM. 83 Y 87"**

ESTUDIO CORRESPONDIENTE AL "PROYECTO DE  
ACTUALIZACION INFRAESTRUCTURA HIDRO-  
GEOLOGICA, VIGILANCIA Y CATALOGO DE  
ACUIFEROS. AÑOS 1988/89/90"

(I.T.G.E.)

Canarias, Diciembre 1992



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

36540

<b>SUPER PROYECTO</b>	AGUAS SUBTERRANEAS		<b>Nº</b>	9005
<b>PROYECTO AGREGADO</b>			<b>Nº</b>	315
<b>TITULO PROYECTO</b>				
ACTUALIZACION DE INFRAESTRUCTURA HIDROGEOLOGICA, VIGILANCIA Y CATALOGO DE ACUIFEROS. AÑOS 1988, 1989 y 1990				
<b>Nº PLANIFICACION</b>	69/70	<b>Nº DIVISION AGUAS, G.A.</b>	9/88	
<b>FECHA EJECUCION</b>	<b>INICIO</b>	10/11/88	<b>FINALIZACION</b>	31/12/91

<b>INFORME (Titulo):</b>	
CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA DE LOS ACUIFEROS DE LAS ISLAS DE GRAN CANARIA Y EL HIERRO	
<b>CUENCA (S) HIDROGRAFICA(S)</b>	ISLAS CANARIAS
<b>COMUNIDAD (S) AUTONOMAS</b>	CANARIAS
<b>PROVINCIAS</b>	LAS PALMAS Y TENERIFE

**CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA DE LOS  
ACUIFEROS DE LAS ISLAS DE GRAN CANARIA  
Y EL HIERRO**

**"SISTEMAS ACUIFEROS NUM. 83 Y 87"**

**ESTUDIO CORRESPONDIENTE AL "PROYECTO DE  
ACTUALIZACION INFRAESTRUCTURA HIDRO-  
GEOLOGICA, VIGILANCIA Y CATALOGO DE  
ACUIFEROS. AÑOS 1988/89/90"**

**(I.T.G.E.)**

**Canarias, Diciembre 1992**

## I N D I C E

	<u>Págs.</u>
<b>0.- <u>PRESENTACION</u></b> .....	1
<b>1.- <u>INTRODUCCION</u></b> .....	4
<b>2.- <u>OBJETIVO DE LOS TRABAJOS</u></b> .....	6
<b>3.- <u>RESUMEN Y CONCLUSIONES</u></b> .....	8
3.1.- GRAN CANARIA .....	9
3.2.- EL HIERRO .....	13
<b>4.- <u>METODOLOGIA</u></b> .....	16
4.1.- BASE DEL TRABAJO .....	17
4.2.- DESARROLLO DEL TRABAJO .....	18
<b>5.- <u>CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA DE LOS ACUIFEROS DE GRAN CANARIA</u></b> .....	20
5.1.- <u>CARACTERISTICAS GENERALES Y MARCO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE GRAN CANARIA</u> .....	21
5.1.1.- Características generales. Climatología e hidrología .....	21
5.1.2.- Marco geológico .....	22
5.1.2.1.- Ciclo I (Series Basáltica y Sálica) .....	22
5.1.2.2.- Ciclo II (Roque-Nublo) .....	23
5.1.2.3.- Ciclo III (PostRoque-Nublo y Ciclo Reciente) .....	24
5.1.3.- Marco hidrogeológico .....	25



	<u>Págs.</u>
5.2.- COMPORTAMIENTO DE LOS CONSTITUYENTES DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS DISTINTAS FORMACIONES VOLCANICAS . . . .	30
5.3.- FACIES HIDROGEOQUIMICAS CARACTERISTICAS DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS . . . . .	52
5.4.- EVOLUCION EN PROFUNDIDAD DE LA COMPOSICION QUIMICA DEL AGUA . . . . .	67
5.5.- COMPONENTES PRINCIPALES DEL TIPO DE AGUA CARACTERISTICO DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS . . . . .	72
<b>6.- <u>CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA DE LOS ACUIFEROS DE LA ISLA DEL HIERRO</u> . . . . .</b>	<b>78</b>
6.1.- RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS GENERALES. MARCOS GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO . . . . .	79
6.1.1.- Características generales. Climatología e hidrología . . . . .	79
6.1.2.- Marco geológico . . . . .	80
6.1.3.- Marco hidrogeológico . . . . .	82
6.2.- COMPORTAMIENTO DE LOS CONSTITUYENTES DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS DISTINTAS FORMACIONES VOLCANICAS . . . .	84
6.3.- FACIES HIDROGEOQUIMICAS CARACTERISTICAS DE CADA FORMACION VOLCANICA . . . . .	99
<b>7.- <u>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</u> . . . . .</b>	<b>106</b>
7.1.- GRAN CANARIA . . . . .	107
7.2.- EL HIERRO . . . . .	108

## INDICE DE CUADROS

### **Isla de Gran Canaria**

- 5.1.- Parámetros hidráulicos de las unidades Hidrogeológicas diferenciadas en Gran Canaria, (según datos del Proyecto SPA-15).
- 5.2.- Resumen de los parámetros estadísticos más significativos.
- 5.3.- Rango de variación y valores medios de algunos índices hidrogeoquímicos.
- 5.4.- Autovalores y porcentaje de la varianza explicada por los factores. Aguas de los Basaltos Antiguos.
- 5.5.- Pesos o coeficientes de las variables en los 3 primeros factores rotados. Aguas de los Basaltos Antiguos.
- 5.6.- Autovalores y porcentaje de la varianza explicada por los factores. Aguas de las Fonolitas y Traquitas del Ciclo I.
- 5.7.- Pesos o coeficientes de las variables en los 3 primeros factores rotados. Aguas de las Fonolitas y Traquitas del Ciclo I.
- 5.8.- Autovalores y porcentaje de la varianza explicada por los factores. Aguas de los materiales Roque-Nublo.
- 5.9.- Pesos o coeficientes de las variables en los 3 primeros factores rotados. Aguas de los materiales Roque-Nublo.

### **Isla de El Hierro**

- 6.1.- Resumen de parámetros estadísticos en las series volcánicas de El Hierro.
- 6.2.- Rango de variación y valores medios de algunos índices hidrogeoquímicos.

## INDICE DE GRAFICOS

### Isla de Gran Canaria

- 5.1.- Comportamiento de la **temperatura del agua** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.2.- Comportamiento de la **Conductividad** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.3.- Comportamiento del **pH** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.4.- Comportamiento del contenido en **Oxígeno** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.5.- Comportamiento del contenido en **CO<sub>2</sub>** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.6.- Comportamiento de la **alcalinidad TAC** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.7.- Comportamiento del contenido en **cloruro** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.8.- Comportamiento del contenido en **sulfatos** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.9.- Comportamiento del contenido en **bicarbonatos** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.10.- Comportamiento del contenido en **sodio** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.11.- Comportamiento del del contenido en **potasio** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.12.- Comportamiento del contenido en **calcio** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.13.- Comportamiento del contenido en **magnesio** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).

- 5.14.- Comportamiento del contenido en **silice** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.15.- Comportamiento del contenido en **nitrate** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagramas de caja).
- 5.16.- Diagrama de Piper. Aguas de los Basaltos Antiguos
- 5.17.- Diagrama de Piper. Aguas de la Serie Sálida.
- 5.18.- Diagrama de Piper. Aguas del Ciclo Roque-Nublo.
- 5.19.- Diagrama de Piper. Aguas de los Ciclos Post Roque-Nublo y Reciente.
- 5.20.- Diagrama de Piper. Aguas de la Formación Detrítica de Las Palmas.
- 5.21.- Diagrama de Schöeller. Facies hidroquímicas de los ciclos volcánicos (zona Norte).
- 5.22.- Diagrama de Schöeller. Facies hidroquímicas de los ciclos volcánicos (zona Noroeste).
- 5.23.- Diagrama de Schöeller. Facies hidroquímicas de los ciclos volcánicos (Zona Centro-Este).
- 5.24.- Facies hidroquímicas en Gran Canaria. Diferenciación según la litología
- 5.25.- Diagramas de Schöeller. Aguas de la formación Basáltica I, (sector SO).
- 5.26.- Diagramas de Schöeller. Aguas de la formación Basáltica I, (sector SE).
- 5.27.- Diagramas de Schöeller. Aguas de las formaciones Fonolítica y Traquítica de la Serie I, (sector N).

### **Isla de El Hierro**

- 6.1.- Comportamiento de la **Conductividad** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagrama de caja).
- 6.2.- Comportamiento del **pH** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagrama de caja).
- 6.3.- Comportamiento del contenido en **cloruros** en los distintos acuíferos (curvas de densidad y diagrama de caja).

## **INDICE DE PLANOS**

- 1.- Isla de Gran Canaria. Situación de los puntos estudiados: litología y facies hidrogeoquímicas. (Escala 1:100.000).
- 2.- Isla de El Hierro. Situación de los puntos estudiados: litología y facies hidrogeoquímicas. (Escala 1:100.000).

## **INDICE DE ANEXOS**

- 1.- Características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de los puntos de agua considerados en la isla de Gran Canaria.
- 2.- Características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de los puntos de agua considerados en la isla de El Hierro.

## **0.- PRESENTACION**

Este estudio ha sido realizado por la EMPRESA NACIONAL ADARO,S.A., en régimen de Contratación, con la Dirección de Aguas Subterráneas y Geología Ambiental del Instituto Tecnológico Geominero de España.

En dicho Estudio han participado:

Director del Proyecto

Emilio Lamoneda González

Coordinador

Gabriel Martín Zúñiga

Equipo de trabajo

M<sup>a</sup> Ascensión Molina Pérez

## **1.- INTRODUCCION**



El presente estudio forma parte del "Proyecto para vigilancia y control de redes piezométrica, hidrométrica y de calidad de acuíferos. Años 1989, 1990 y 1991", entre cuyos objetivos iniciales se incluían las actividades habituales para el mantenimiento, durante el período su vigencia, de las redes de vigilancia y control en los sistemas acuíferos de Gran Canaria (nº 83), Tenerife (nº 84) y La Gomera (nº 85).

El 20 de julio de 1989 se firmó el Convenio-Marco entre el ITGE y la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias (en adelante COPVA), con objeto de coordinar las actividades de ambos organismos en diversas materias de interés común, en las que se incluyeron las aguas subterráneas.

En la primera reunión de la Comisión Mixta del citado Convenio-Marco, el 18 de Enero de 1980, la COPVA comunicó su intención de efectuar, por ser de su competencia, los controles y vigilancia en los acuíferos, siendo aceptada la propuesta en la siguiente reunión, el 30 de octubre de 1990.

Por otra parte, la Oficina en Canarias del ITGE con la creación en 1988 del Archivo de Puntos de Agua de Canarias (APAC) y su Base de Datos de Aguas Canarias (BAC), inició el archivo e informatización de la variada y abundante información existente sobre captaciones del Archipiélago en el ITGE. Esta información había sido obtenida mediante trabajos propios y por medio de diversas colaboraciones realizadas con la COPVA y las oficinas de los Planes Hidrológicos Insulares.

Entre la abundante información disponible existe un buen número de captaciones con información geológica e hidrogeoquímica, muy detallada, de alta fiabilidad, obtenida mediante reconocimientos y muestreos en el interior de las captaciones.

Por otra parte, dado que la calidad del agua es un limitante para su uso y que en el

Archipiélago la problemática existente es importante y variada, era, y es, de gran interés tanto para el ITGE como para COPVA conocer las posibles relaciones existentes entre la calidad de las aguas subterráneas y diversos factores como las formaciones geológicas y materiales donde se sitúan los acuíferos, la profundidad de captación dentro de los acuíferos, la proximidad a zonas con volcanismo residual, etc.

De las anteriores relaciones presentaba inicialmente un mayor interés al estudio de la primera, ya que, en caso de poderse establecer unas relaciones claras entre la calidad del agua y las formaciones o materiales, se aportaría una información de gran valor para el mejor conocimiento de los mecanismos del flujo subterráneo, que es imprescindible para el adecuado manejo de estos recursos.

Como consecuencia de todo ello y ante la necesidad antes expresada, se procedió a efectuar una ampliación del plazo de ejecución y modificación de partidas del Proyecto inicial, sin modificación de su presupuesto, que fue aprobada en marzo de 1991. En dicha modificación se suprimieron las partidas correspondientes a los trabajos habituales en las redes de control de acuíferos, suspendidos tras el acuerdo con la COPVA, y se incrementó la partida del informe final, que incluye el presente trabajo.

Por tanto, el objetivo del presente trabajo ha sido la búsqueda y el establecimiento de las posibles relaciones existentes entre las características físico-químicas de las aguas subterráneas y las formaciones y materiales donde se sitúan los acuíferos.

Finalmente, tanto por la fiabilidad de la información, como por la distribución espacial y generalización de los datos existentes en el APAC y BAC, el ámbito geográfico del trabajo se ha restringido a los sistemas acuíferos nº 83 y 87 correspondientes a las islas de Gran Canaria y El Hierro.

## **2.- OBJETIVO DE LOS TRABAJOS**

El objetivo final de los trabajos realizados en este estudio ha sido relacionar la composición química de las aguas subterráneas de las islas de Gran Canaria y El Hierro con la naturaleza litológica de las series volcánicas que constituyen los acuíferos. Así, se ha establecido el comportamiento de los componentes del agua en cada formación; además de las facies hidrogeoquímicas características de cada una, se han examinado las diferencias encontradas, si existen, y se han explicado las posibles causas de tal diferenciación.

### **3.- RESUMEN Y CONCLUSIONES**

### **3.1.- GRAN CANARIA**

En este estudio se ha relacionado la composición química de las aguas subterráneas de Gran Canaria con la naturaleza de los acuíferos, teniendo en cuenta los materiales que los constituyen y los ciclos volcánicos en que fueron emitidos.

Básicamente la isla se formó en tres grandes fases o ciclos volcánicos. El Ciclo I que se inició con una extensa serie de coladas básicas que forman los Basaltos Antiguos, desde olivínico-piroxénicos hasta traquibasaltos y plagioclásicos; y posteriormente hubo una emisión de materiales sálicos (riolitas y traquitas primero y fonolitas después).

A continuación se depositaron los materiales del Miembro Inferior de la Formación Detrítica de Las Palmas.

En el siguiente periodo de actividad volcánica se emiten los materiales del Ciclo Roque-Nublo, de carácter básico que evolucionan a materiales tefríticos y fonolíticos. Durante esta fase y al final, se depositaron los Miembros Medio y Superior de la Formación Detrítica de Las Palmas.

Después sigue un periodo de actividad estromboliana que genera materiales también de naturaleza basanítica, basanítico-nefelínica o basanítico-tefrítica, correspondientes al Ciclo III que incluye las Formaciones Post Roque-Nublo y del Ciclo Reciente.

En este marco geológico se diferencian las unidades hidrogeológicas en base a razones cronológicas, coincidiendo con los ciclos magmáticos. Las condiciones hidrogeológicas de estas unidades son menos favorables para los materiales más antiguos; así, los materiales Roque-Nublo y Post Roque-Nublo son mejores acuíferos que los Basaltos Antiguos y las Fonolitas, y las formaciones detríticas mejores que las anteriores.

Respecto a las características de las aguas subterráneas, las correspondientes a los **Basaltos Antiguos** tienen la temperatura media más alta, son, en general, más salinas, con pH algo superiores al resto, mayor contenido en oxígeno disuelto y menor contenido en CO<sub>2</sub> que las aguas de las demás unidades. Su composición en especies mayoritarias varía en un amplio rango, existiendo facies desde cloruradas a bicarbonatadas y desde sódicas a sódico-magnésicas.

En estas aguas, los valores de la relación  $rMg/rNa$  pueden considerarse del mismo orden que las de la roca, y sin embargo, las relaciones  $(rMg + rCa)/(rNa + rK)$  y  $rK/rNa$  son muy inferiores a la propia de los basaltos, debido a que cuando la salinidad aumenta, el calcio y el magnesio se ponen en solución con mayor dificultad, y el K es retenido por el terreno con mucha facilidad.

Al aumentar la profundidad de circulación del agua, su composición química sufre ciertas modificaciones; en concreto se produce la inversión de los valores de las relaciones  $Mg^{++}/Na^+$ ,  $Na^+/Cl^-$  y  $SO_4^{--}/HCO_3^-$ , la primera disminuye y la segunda aumenta por el aporte de sodio a partir de la hidrólisis de los silicatos. Por último, la tercera disminuye con la profundidad porque se produce menor oxidación de sulfuros o un aumento relativo del ion bicarbonato, producto también de la hidrólisis de silicatos.

Las aguas subterráneas que circulan por los materiales de las **emisiones sálicas (Fonolitas y Traquitas)** tienen una temperatura y una conductividad medias comprendidas entre las aguas de los Basaltos Antiguos y de las formaciones más recientes. El contenido en CO<sub>2</sub>, relativamente alto, hace suponer la existencia de aportes de gases de origen volcánico al agua.

Las facies hidrogeoquímicas que caracterizan estos materiales son similares a las de los Basaltos, variando entre bicarbonatadas y cloruradas, sódicas y magnésicas, aunque con predominio más claro de las aguas bicarbonatadas respecto a las cloruradas y de las sódicas respecto a las magnésicas.

La relación  $rMg/rCa$  es mayor que la propia de este tipo de roca, por influencia del agua marina o por procesos de intercambio catiónico.

Al aumentar la profundidad la composición del agua evoluciona en el sentido de aumentar la relación  $Mg^{2+}/Na^{+}$ , al contrario de lo que sucede en los Basaltos; mientras que la relación  $SO_4^{=}/HCO_3^{-}$ , decrece ya que a mayor profundidad la oxidación de sulfuros es menos importante.

De la composición de las aguas subterráneas de las **Formaciones Roque-Nublo** cabe destacar el alto contenido medio en  $CO_2$  disuelto, debido a aportes de origen volcánico más importantes que en los anteriores acuíferos, y relacionado con los valores medios de pH más bajos.

El contenido en bicarbonatos es mayor que en las aguas del Ciclo I, y el contenido en oxígeno disuelto menor, así como en sulfato y sodio.

La facies hidrogeoquímica más frecuente es la bicarbonatada cálcica y/o magnésica.

Otra característica de estas aguas la constituyen las elevadas relaciones entre alcalinotérreos y alcalinos, debido al efecto del  $CO_2$  que aumenta la solubilidad de los primeros.

Las aguas que contienen más  $CO_2$  disuelto, son más agresivas e interaccionan con la roca en mayor grado, resultando un aporte de iones sodio, que influyen en los valores positivos y más altos de la relación  $(rNa + rK - rCl) / (rCa + rMg)$ , que aparecen en las aguas de la Serie Sálca y del Ciclo Roque-Nublo.

Entre las facies hidrogeoquímicas que se han determinado en los materiales **Post Roque-Nublo y del Ciclo Reciente** predominan las bicarbonatadas cálcico-magnésicas, pero



con tendencia hacia aguas cloruradas sódicas y cálcico-magnésicas, sobre todo en el Ciclo Reciente.

En general, en estas aguas el contenido en sulfatos y nitratos es mayor, debido probablemente a procesos de contaminación por aguas procedentes de riego o urbanas.

Se ha puesto de manifiesto la influencia del agua de mar en las aguas captadas en el **Formación Detrítica de Las Palmas**, con predominio de facies clorurada sódica y con importancia del ion magnesio en algunos puntos. La relación entre alcalinotérreos y alcalinos es menor que 1, y el índice  $rNa/rCl$  está próximo a 1, similar al del agua marina.

De los resultados del análisis factorial se ha observado que en las aguas del Ciclo Roque-Nublo y de las traquitas y fonolitas del Ciclo I, la variación del contenido en  $CO_2$  queda explicada por un factor independiente, que representa los aportes adicionales de este gas de origen volcánico. Por otra parte, en las aguas de los Basaltos Antiguos, el origen del ion sulfato queda representado también en un factor independiente, que se puede asociar a procesos de oxidación de los sulfuros existentes en la roca.

### 3.2.- EL HIERRO

Se ha relacionado la composición química de las aguas subterráneas de la isla de El Hierro con la naturaleza de los acuíferos, teniendo en cuenta los materiales que los constituyen y los ciclos volcánicos en que fueron emitidos.

La isla está constituida por materiales volcánicos con escasa variación composicional, fundamentalmente basaltos con algunos traquibasaltos asociados que dan productos muy similares.

La información hidrogeoquímica en la que se ha basado este estudio corresponde a puntos que captan agua de los tres niveles diferenciados en los materiales de la Serie Antigua. Los dos primeros tramos son de naturaleza exclusivamente basáltica, mientras que el tercero tiene mayor diversidad composicional con aparición de traquibasaltos y traquitas.

Los materiales de la Serie Antigua 1 han sufrido mayor alteración y compactación que los demás, por lo que su permeabilidad es menor. Los materiales de las series 2 y 3 se consideran el punto de vista hidrogeológico un conjunto con una permeabilidad global alta.

En cuanto a la composición química del agua subterránea, en la **Serie Antigua 1** se han encontrado aguas menos salinas que en el resto, con un contenido en sulfatos, bicarbonatos y cationes mayoritarios más bajo que en los niveles superiores. Estas aguas tienen pH próximos a la neutralidad y contenidos en CO<sub>2</sub> normales. Las facies hidrogeoquímicas dominantes son la clorurada sódica (en aguas con mayor salinidad, relacionadas con intrusión marina) y bicarbonatada sódica que están más en relación con el efecto litológico.

Las relaciones iónicas calculadas ponen de manifiesto la menor influencia de contaminación marina en estas aguas y la mayor importancia de la reacción con los silicatos en la que se disuelve preferentemente el sodio frente al calcio y al magnesio los índices  $rCl/rHCO_3$  y  $(rNa + rK - rCl)/(rCa + rMg)$  son menor y mayor respectivamente que en el agua de las otras Series).

Las relaciones  $rK/rNa$  y  $(rMg/rCa)/(rNa + rK)$  son menores en el agua que en la roca, debido a la fijación preferente del K por el terreno y a la pérdida de Ca y Mg en la neoformación de arcillas.

Las aguas de la **Serie Antigua 2** tienen, en general, una salinidad intermedia entre las anteriores y la Serie 3, caracterizándose por el contenido medio más alto en calcio y magnesio. Puntualmente pueden existir aportes de  $CO_2$  volcánico.

Las facies hidroquímicas que se han encontrado son clorurada sódica, bicarbonatada sódica y bicarbonatada magnésica. Las aguas cloruradas sódicas menos salinas aparecen en zonas de recarga consecuencia del aporte de cloruro y sodio en el agua de lluvia, y las de mayor salinidad aparecen en zonas costeras, donde existe intrusión marina. Las primeras evolucionan a aguas bicarbonatadas sódicas por influencia litológica.

Son características las facies magnésicas relacionadas con la existencia de silicatos con mayor contenido en magnesio.

La relación  $(rMg + rCa)/(rNa + rK)$  es más alta en estas aguas que en las otras series debido a la menor pérdida de alcalinotérreos o a un aporte mayor en la hidrólisis de los materiales más ricos en silicatos magnésicos.

Por último, las aguas subterráneas de la **Serie Antigua 3** tienen la conductividad media más alta, aún excluyendo los valores extremos que están claramente relacionados

con procesos de intrusión marina. También se han determinado los contenidos más altos en todos los iones mayoritarios excepto calcio y magnesio. El contenido medio en  $\text{CO}_2$  es bajo sin valores puntuales altos.

La facies más importante establecida en esta Serie es la clorurada sódica con tendencia hacia facies bicarbonatadas sódicas, menos patente que en la Serie 1.

Las aguas cloruradas sódicas, de mayor salinidad que en la Serie 1, son el resultado de la mezcla con agua de mar. Las relaciones  $r\text{Mg}/r\text{Ca}$ ,  $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$  y  $r\text{Na}/r\text{Cl}$ , próximas a la del agua de mar, apoyan esta consideración. También los valores de la relación  $(r\text{Na} + r\text{K} - r\text{Cl})/(r\text{Ca} + r\text{Mg})$  están próximos a cero o son algo negativos, lo que indica escasa reacción del agua con los silicatos, o mayor influencia del agua del mar.

#### **4.- METODOLOGIA**

#### **4.1.- BASE DEL TRABAJO**

El estudio se ha realizado partiendo de la información hidrogeológica que el ITGE tiene en el Archivo de Puntos de Agua de Canarias (APAC) y su base de datos (BAC).

Para el trabajo se han utilizado exclusivamente aquellos puntos de agua del APAC y BAC de las islas de Gran Canaria y El Hierro de los que se tiene información detallada de su geología ( de superficie y subsuelo), características constructivas, condiciones de surgencia del agua y muestreos. Es decir, se han utilizado únicamente los puntos de agua con análisis físico-químicos de los que disponía información detallada y fiable en cuanto al punto de surgencia del agua dentro de la captación y materiales de las formaciones.

Los análisis realizados "in situ" tienen información sobre la temperatura, conductividad, pH, alcalinidad, oxígeno y CO<sub>2</sub> disueltos; y, por otra parte, las determinaciones analíticas habituales se refieren, fundamentalmente, a las especies aniónicas (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos y nitratos), especies catiónicas (sodio, potasio, calcio, magnesio) y sílice.

A partir de la BAC facilitada por el ITGE, se ha hecho una selección de los puntos de interés, y se han transformado los ficheros resultantes en el formato adecuado para trabajar con los programas estadísticos y gráficos.

En la isla de Gran Canaria han resultado 113 puntos de agua con información suficiente, de los más de 700 puntos que contiene el APAC-BAC, mientras que en El Hierro se han seleccionado 24 puntos de los 73 que contienen el APAC-BAC.

## 4.2.- DESARROLLO DEL TRABAJO

Ha consistido fundamentalmente en el tratamiento de esta información, mediante técnicas estadísticas e hidrogeoquímicas y en la interpretación de los resultados obtenidos.

En primer lugar, se ha realizado una descripción estadística de las variables físico-químicas en cada una de las series volcánicas, comparando los parámetros más significativos que reflejan los valores y el comportamiento de estas variables en cada serie.

Además, se ha representado gráficamente por grupos esta información estadística, mediante curvas de densidad (que reflejan la distribución de frecuencias) por un lado, y diagramas de "cajas" basado en la llamada "estadística resistente", por otro. Este último procedimiento introduce una transformación en los datos que reduce las distancias entre ellos, suavizando el efecto distorsionante de los valores extremos positivos y/o negativos, excesivamente alejados del resto de la población.

Estas técnicas permiten visualizar de manera clara las diferencias que existen en la distribución de las variables físico-químicas entre los grupos que se han establecido (las series volcánicas en este caso) .

Por otra parte, mediante los diagramas de Piper y Schöeller se han establecido las facies hidrogeoquímicas propias de cada serie volcánica y de las formaciones geológicas que se distinguen dentro de éstas.

Asimismo, el estudio de algunas relaciones iónicas significativas tales como  $rK/rNa$ ,  $(rMg + rCa)/(rNa + rK)$ ,  $rMg/rCa$ ,  $rSO_4/rCl$ ,  $rCl/rHCO_3$  y  $(rNa + rK - rCl) / (rCa + rMg)$  ha ayudado a explicar en algunos casos el origen de la composición química del agua subterránea.

Se ha hecho un estudio aproximado de la evolución de la calidad del agua en profundidad, considerando, en varias zonas, sondeos cercanos que están explotando distintos niveles de una misma formación. Un estudio más detallado no ha sido posible puesto que no se dispone de información analítica de muestras tomadas a distintas profundidades en una misma captación.

También se ha realizado un análisis estadístico multivariante, en concreto un análisis factorial, en cada serie volcánica con el fin de encontrar la combinación de variables físico-químicas más correlacionadas entre sí que definan el tipo de agua característico de cada una.



**5.- CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA DE LOS**  
**ACUIFEROS DE GRAN CANARIA**

## **5.1.- CARACTERISTICAS GENERALES Y MARCO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE GRAN CANARIA**

### **5.1.1.- Características generales. Climatología e hidrología**

La isla de Gran Canaria tiene una extensión de 1.532 km<sup>2</sup> sobre la que se asienta una población de hecho de unos 800.000 habitantes, lo que supone una densidad de población de 535 hab/km<sup>2</sup>. Las principales fuentes de actividad de la población corresponden al sector servicios que incluye, por supuesto, el turismo, ocupando a más del 65% de sus habitantes. Los sectores agrícola e industrial representan menos del 15%; actualmente la superficie en cultivo alcanza unas 13.000 ha, de las cuales son de regadío unas 11.124 ha.

El origen de la isla es volcánico, como el del resto del Archipiélago, correspondiendo su morfología a la de un gran edificio volcánico de génesis compleja, con forma cónica relativamente retrabajada por los procesos erosivos.

El relieve es abrupto, alcanzándose los 1.950 m sobre el nivel del mar, en el Pico de Las Nieves, situado en la zona central de la isla. El relieve junto con los vientos alisios (del NE) condicionan el clima, que en el Norte es templado-seco en las zonas costeras y templado-húmedo y continental en las cumbres, variando la precipitación entre 200 y 1.000 mm/año. En el Sur el clima es más seco, con precipitaciones que oscilan entre 100 y 850 mm/año, presentando las cotas inferiores a los 600 m un clima desértico.

La precipitación media anual, calculada para un periodo de 37 años en 121 estaciones es de 300 mm/año (466 hm<sup>3</sup>/año), existiendo una fuerte irregularidad interanual. Esta precipitación se distribuye del siguiente modo, según los porcentajes estimados en el SPA-15 (1975).

- Evapotranspiración (65%) = 303 hm<sup>3</sup>/año
- Escorrentía (16%) = 75 hm<sup>3</sup>/año
- Infiltración (19%) = 88 hm<sup>3</sup>/año

De los 75 hm<sup>3</sup>/año de escorrentía media, sólo se aprovechan de 8 a 11 hm<sup>3</sup>/año (dada la irregularidad de las precipitaciones), a través de 61 grandes presas con una capacidad de almacenamiento de 78,6 hm<sup>3</sup>/año, y más de 700 depósitos de utilización conjunta con aguas subterráneas.

#### **5.1.2.- Marco geológico**

A continuación se resumen los principales rasgos geológicos de la isla, con el fin de caracterizar, desde este punto de vista, los acuíferos explotados y de los que se tiene información hidrogeoquímica.

Los procesos eruptivos que han formado Gran Canaria se iniciaron durante el Mioceno, con una fase de volcanismo submarino cuyas emisiones se estima alcanzan el 75% del volumen total de la isla, aunque no afloran los materiales a que dieron lugar.

Los procesos subaéreos, iniciados hace unos 14 m.a. tuvieron lugar en tres grandes periodos o ciclos magmáticos durante los cuales se producen fenómenos magmáticos de muy diferente duración, tipología y entidad, que presentan secuencias discontinuas dentro de cada ciclo. Estos ciclos alternan con otros dos, de ausencia de actividad volcánica, en los que se produce erosión y sedimentación.

##### **5.1.2.1.- Ciclo I (Series Basáltica y Sálica)**

El Ciclo I se inició con una rápida emisión fisural de una potente (más de 1.000 m)

y extensa serie de coladas básicas que constituyen la **Formación Basaltos Antiguos**, en la que se diferencian tres tramos. El inferior está constituido por coladas de basaltos olivínicos y olivínico-piroxénicos, el tramo medio por coladas basálticas y traquibasálticas, y el superior por coladas y piroclastos basálticos y traquibasálticos plagioclásicos.

La diferenciación magmática originó la posterior emisión de materiales sálicos (riolitas y traquitas), produciéndose el colapso de la zona central del edificio volcánico y la emisión de importantes coladas piroclásticas que rellenaron y desbordaron la caldera constituyendo la **Serie Traquisienfítica**. El ciclo finaliza con emisiones sálicas de la **Serie Fonolítica** en centros relativamente periféricos a la caldera, mientras que dentro se producen intrusiones de sienitas y numerosos diques traqui-fonolíticos de distribución espacial cónica (*cone sheet*).

El periodo siguiente, que dura unos 5 m.a. se caracteriza por una intensa actividad erosiva, que origina un sistema de drenaje radial, acumulándose los materiales resultantes en la costa, con espesores y extensiones considerables al NE, E y S, constituyendo el **Miembro Inferior de la Formación Detrítica de Las Palmas** (Gabaldón et al. 1989).

#### **5.1.2.2.- Ciclo II (Roque-Nublo)**

La anterior etapa de inactividad se interrumpe con una emisión puntual previa al Ciclo Roque-Nublo, formada por coladas básicas de composición nefelínica-basanítica y basálticas y piroclastos de igual naturaleza que presentan un alto grado de alteración. En su conjunto se denomina **Pre Roque-Nublo** y constituyen la **Formación El Tablero** (Fuster et al. 1968).

En el periodo de inactividad subsiguiente (0,6 m.a.) se originan brechas y sedimentos epiclásticos que representan la base del ciclo Roque-Nublo.

La emisión lávica del **Ciclo Roque-Nublo** (que duró 1 m.a.) es predominantemente de carácter básico subsaturado, que evoluciona a materiales tefríticos y fonolíticos, y tienen una potencia media de 200-250 m.

Las emisiones relativamente tranquilas alternaron con otras más violentas, piroclásticas, que desde el centro de la isla desbordaron hacia la costa, constituyendo los Aglomerados Roque-Nublo, cuya génesis está relacionada con la formación en el centro de la isla de un estratovolcán, que sufrió un paroxismo explosivo que eliminó su parte superior dejando una caldera cuyos bordes colapsaron. Esta caldera se rellenó de sedimentos y materiales eruptivos, posiblemente hasta el Ciclo III, a partir de conos interiores y exteriores próximos a ella.

Durante estas emisiones volcánicas se produce un episodio transgresivo que favorece el depósito del **Miembro Medio de la Formación Detrítica de Las Palmas**, constituido por sedimentos marinos. El proceso erosivo también estableció una amplia red de abanicos aluviales que constituyen el **Miembro Superior de la Formación Detrítica de Las Palmas**.

#### **5.1.2.3.- Ciclo III (PostRoque-Nublo y Ciclo Reciente)**

Finalizado el Ciclo Roque-Nublo se produce durante 1 m.a. un periodo de inactividad volcánica, que permite la creación de un marcado relieve. Las emisiones siguientes, desde hace unos 2,8 m.a., en el Plioceno, hasta un periodo subhistórico, comprenden las **Series Basálticas II, III y IV** de Fuster et al. (1968) y las equivalentes al Ciclo Post Roque-Nublo y Ciclo Reciente (Basaltos Modernos) de MAGNA (1990).

En este ciclo la actividad volcánica fue estromboliana, con episodios freatomagmáticos, que sufrió una migración hacia el NE y los conos se alinearon según las directrices estructurales del Archipiélago. Los volúmenes emitidos son inferiores a los anteriores y sus materiales son de naturaleza básica; son coladas basaníticas,

basanítico-nefelínicas o basanítico-tefríticas, apoyándose sobre materiales generados en los periodos de inactividad (sedimentos aluviales, materiales de deslizamiento, depósitos torrenciales).

Los apilamientos de coladas suelen superar los 100 m y pueden intercalar almagres, paleosuelos rojizos y niveles de piroclastos oxidados y compactos. Normalmente se encuentran bombas de composición basalto-nefelínica o basanítica con tamaños dispares (8 y 50 cm).

### **5.1.3.- Marco hidrogeológico**

El funcionamiento hidrogeológico de la isla está caracterizado por la existencia de un acuífero general con flujo radial desde el centro a la costa, en el que se pueden diferenciar unas zonas de preferente almacenamiento y circulación (litologías favorables, diques fracturados o niveles escoriáceos) y otras que dificultan el flujo natural (diques mineralizados y pitones, almagres, niveles de coladas masivas, aglomerados volcánicos).

En general, los materiales volcánicos son permeables por fisuración y/o porosidad, mientras que los sedimentarios sólo lo son por porosidad.

Los parámetros hidráulicos que caracterizan a estos materiales volcánicos varían en unos límites muy amplios, ya que dependen del proceso de emisión, composición petroquímica y de su posterior evolución, en la que tienen lugar procesos que engloban desde litificaciones y alteraciones a fracturaciones y compactaciones posteriores.

Sin embargo, de un modo general, presentan mejores características hidrodinámicas los productos efusivos que los intrusivos, los básicos que los sálicos, los escoriáceos que los lávicos y éstos que los aglomeráticos. La antigüedad incide negativamente en estas características debido a que los procesos de alteración, compactación, etc son más importantes.

Los materiales sedimentarios presentan características hidrogeológicas similares a las existentes en medios sedimentarios clásicos, aunque las altas energías y brevedad de los procesos influyen favorablemente en su funcionamiento hidrogeológico.

En general, la diferenciación de las unidades hidrogeológicas se realiza en base a razones cronológicas ya que la génesis y los procesos evolutivos modifican en gran medida el comportamiento hidrogeológico. Así, a continuación se describen los grandes conjuntos diferenciados que coinciden con los ciclos magmáticos comentados en el apartado anterior. En el cuadro 5.1 se resume el rango de variación de los principales parámetros hidráulicos correspondientes a cada formación, según datos del proyecto SPA-15.

- **Formación Basaltos Antiguos:** Constituido fundamentalmente por coladas basálticas, se trata de un conjunto de productos efusivos, básicos y con desarrollo de escorias, que deberían constituir un buen acuífero, aunque su valor como tal queda devaluado por los procesos evolutivos; por otra parte, los abundantes diques suelen ser barreras a la circulación, aunque, ocasionalmente, pueden constituir planos de flujo vertical preferente.

La permeabilidad media estimada para estos materiales oscila entre 0,05 y 0,5 m/día, la transmisividad entre 5 y 20 m<sup>2</sup>/día y el coeficiente de almacenamiento entre el 0,5 y 1% (cuadro 5.1).

- **Formación Sálida:** Incluyen coladas traquiriolíticas, fonolíticas y piroclásticas. Las dos primeras pueden desarrollar niveles escoriáceos importantes y diaclasado vertical que favorecen la circulación del agua. Las coladas piroclásticas, sin embargo, no constituyen acuíferos salvo por posterior fracturación, debido a su propia naturaleza y su grado de cementación inicial.

Los parámetros hidráulicos medios estimados para esta formación son los siguientes: permeabilidad de 0,1 a 0,5 m/día, transmisividad entre 5 y 10 m<sup>2</sup>/día y menores coeficientes de almacenamiento que los Basaltos Antiguos, entre 0,01 y 0,5% (cuadro 5.1).

- Formación Roque-Nublo: Constituída por lavas tefríticas, basaníticas y basálticas, aglomerados de la brecha Roque-Nublo y las fonolíticas con que finaliza el ciclo.

Las coladas desarrollan niveles escoriáceos a techo y muro, por lo que su superposición facilita una buena zona de circulación, condicionada por su forma de emplazamiento. Los pitones fonolíticos y los diques actúan como barreras al flujo horizontal y los almagres al flujo vertical.

Los aglomerados volcánicos, con gran cementación y diagénesis posterior con formación de ceolitas, actúan como impermeables.

Para el conjunto de la Formación se considera que la permeabilidad oscila entre 0,3 y 0,75 m/día, la transmisividad entre 25 y 50 m<sup>2</sup>/día (es más transmisiva que las formaciones anteriores) y con coeficientes de almacenamiento superiores, entre 1,5 y 3,5% (cuadro 5.1).

- Formación Post Roque-Nublo y Basaltos Recientes: Estos materiales presentan buenas condiciones de porosidad, ya que las coladas desarrollan potentes bases y techos escoriáceos y una acusada disyunción columnar y esferoidal. Los almagres, algunos niveles piroclásticos oxidados y compactados y los diques radiales dificultan la circulación vertical y horizontal compartimentando las coladas.

Las coladas del Ciclo Reciente y los piroclastos asociados han sufrido un menor proceso de alteración y erosión y conservan sus cualidades como acuífero.



La permeabilidad del conjunto de estos materiales varía entre 0,2 y 1 m/día, la transmisividad entre 10 y 200 m<sup>2</sup>/día y el coeficiente de almacenamiento entre 1 y 2% (cuadro 5.1).

**Formaciones Sedimentarias:** Estas formaciones, originadas en las etapas de inactividad magmática, presentan una heterometría que favorece su comportamiento hidrogeológico, excepto en el miembro medio de la Formación Detrítica de Las Palmas, de origen marino.

Estos sedimentos presentan permeabilidades que oscilan entre 1,5 y 8 m/día, transmisividades del orden de 50 y 200 m<sup>2</sup>/día y coeficientes de almacenamiento entre el 3 y 5%.

Las formaciones sedimentarias actuales (aluviales, playas, dunas) tienen los mejores parámetros hidrogeológicos (permeabilidad: 2-25 m/día, transmisividad: 200-800 m<sup>2</sup>/día, coeficiente de almacenamiento: 5-10%), pero por su escaso desarrollo y su conexión con el mar, su valor hidrogeológico queda disminuído.

**Cuadro 5.1.- Parámetros hidráulicos de las Unidades Hidrogeológicas diferenciadas en Gran Canaria, según datos del Proyecto SPA-15.**

UNIDADES	PERMEABILIDAD (m/día)	TRANSMISIVIDAD (m <sup>2</sup> /día)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (%)
Basaltos Antiguos	0,05-0,50	5-20	0,5-1
Sálica	0,10-0,50	5-10	0,01-0,5
Roque-Nulo	0,30-0,75	25-50	1,5-3,5
Post Roque-Nublo y Basaltos Recientes	0,20-1	10-200	1-2
Detríticas (relacionadas con las formaciones anteriores)	1,50-8	50-200	3-5
Detríticas (actuales)	2-25	200-800	5-10

En general las permeabilidades son bajas y varían en un rango amplio, mientras que las transmisividades son más homogéneas en los materiales más antiguos.

Según datos del PHCG se estima que en la isla existen unas 1.300 captaciones en funcionamiento de las 2.000 construídas, estimándose la producción en unos 100 hm<sup>3</sup>/año. En general, son pozos excavados mediante explosivos, de unos 3 m de diámetro y de hasta 500 m de profundidad. Es frecuente la existencia de obras secundarias de direcciones muy variables (galerías y sondeos de pequeño diámetro -catas-) con el fin de mantener los caudales de bombeo. Los caudales específicos de estos pozos varían entre 0,1 y 3 l/s/m (SPA-15).

En las zonas costeras (hasta los 300 m de cota) los pozos penetran habitualmente por debajo del nivel de mar, sobrepasando éste en algunos casos más de un centenar de metros.

Los niveles piezométricos alcanzan cotas de 1.300 m en la zona central disminuyendo hacia la costa con gradientes superiores al 5%. En la zona SE existen depresiones piezométricas que pueden llegar a los 50 m bajo el nivel del mar, debido a las extracciones permanentes. Desde 1974 hasta la actualidad han aparecido descensos puntuales superiores a los 100 m (15 m/año), y otros más extensos en zonas del NO, Centro y de E a S, que superan los 50 m (5 m/año), hecho que explica la necesidad de profundizar las captaciones.

## **5.2.- COMPORTAMIENTO DE LOS CONSTITUYENTES DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS DISTINTAS FORMACIONES VOLCANICAS**

Los puntos de agua inventariados de los que se tiene información geológica e hidrogeoquímica (113 puntos) están situados en el plano nº 1, y pertenecen a los acuíferos que constituyen las siguientes formaciones volcánicas y sedimentarias:

- Serie Basáltica del Ciclo I (BASAL-I)
- Serie Sálida del Ciclo I (SALICA)
- Serie Roque-Nublo - Ciclo II (R-NUBLO)
- Serie Post Roque-Nublo - Ciclo III (Post-RN)
- Formación Detrítica de Las Palmas (FDP)

La mayor parte de los puntos corresponden a las Series Basálticas y Sálida del Ciclo I, con 45 y 41 puntos respectivamente. El resto se distribuyen entre la Serie Roque-Nublo (14), Post Roque-Nublo (8) y Formación Detrítica de Las Palmas (5).

En el Anexo 1 se incluye la relación de los puntos de agua considerados en la isla de Gran Canaria, anotando datos referentes a: la situación geográfica del punto (coordenadas y cota), naturaleza (tipo de obra), profundidad de la obra, profundidad de la toma de muestra, determinaciones físico-químicos realizadas "in situ" (temperatura, conductividad, pH, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, alcalinidad TAC) determinaciones habituales en el laboratorio (pH, conductividad, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, SiO<sub>2</sub>) y cálculos de los índices hidrogeoquímicos más representativos.

Se ha realizado el análisis estadístico por grupos de las variables físico-químicas, para estudiar y comparar el comportamiento de los constituyentes del agua en estas formaciones.

Por un lado, se han calculado los parámetros estadísticos más significativos en las 5 formaciones. En el cuadro 5.2 se resumen los resultados obtenidos.

CUADRO 5.2. - RESUMEN DE LOS PARAMETROS ESTADISTICOS MAS SIGNIFICATIVOS

VARIABLES	MAXIMO					MINIMO				
	Basal I	Sálica	R-Rublo	Post RN	FDP	Basal I	Sálica	R-Rublo	Post RN	FDP
Temperatura (°C)	34	29	24	26	26	18,5	18	15,3	17	21
Conduct. (µS/cm)	14.920	5.280	2.170	3.400	7.660	225	287	176	324	1.778
pH .....	8,36	8,13	7,77	7,6	8,08	6,17	5,68	5,33	6,3	6,57
O <sub>2</sub> (mg/l) .....	10	10	11	9	10	2	1	1	2	8
CO <sub>2</sub> (mg/l) .....	525	725	550	210	130	5	5	5	10	5
TAC (°F) .....	82	101	99	112	36	7	7	5	10	14
Cl <sup>-</sup> (mg/l) .....	6.532	783	192	493	2.849	10	16	19	31	334
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l) ...	1.629	1.496	916	404	554	6	2	1	11	81
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) ..	735	2.032	959	1.269	480	54	50	60	109	259
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) ...	293	181	263	190	131	1,6	1,5	3,8	7,7	1,5
Na <sup>+</sup> (mg/l) .....	1.117	1.585	320	600	1.160	20	22	17,4	22,5	260
K <sup>+</sup> (mg/l) .....	43	94	59	20	48	2,2	3	3,1	4,6	18
Ca <sup>2+</sup> (mg/l) ...	978	168	136	101	363	1,6	2,4	11,7	17,2	8,7
Mg <sup>2+</sup> (mg/l) ...	1.226	256	119	163	533	0,6	4,4	1,7	14,3	16,5
SiO <sub>2</sub> (mg/l) ...	95	108	89	72	56	35	27	25	27	26

VARIABLES	MEDIA					DESVIACION TIPICA				
	Basal I	Sálica	R-Rublo	Post RN	FDP	Basal I	Sálica	R-Rublo	Post RN	FDP
Temperatura (°C)	26,6	23	19,5	20,1	23	4,1	2,7	2,9	3,0	3,2
Conduct. (µS/cm)	1.761	1.324	1.069	1.119	4.378	1.532	1.027	674	1.078	2.699
pH .....	7,31	7,04	6,78	7,05	7,45	0,5	0,6	0,74	0,5	0,57
O <sub>2</sub> (mg/l) .....	7,5	6,5	5,6	4,7	8,8	1,8	2,8	3,6	2,3	1,09
CO <sub>2</sub> (mg/l) .....	18,8	68	114	45	11,2	13,9	104	138	69	7,5
TAC (°F) .....	20	21	40	41	27	7,3	10	29	42	8,6
Cl <sup>-</sup> (mg/l) .....	270	209	70	126	1.226	235	218	68	167	1.081
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l) ...	81	106	17,1	113	296	73	132	17,8	144	214
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) ..	289	284	433	458	381	157	143	297	479	93
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) ...	9,3	13,3	10,6	60	52	6,1	10,5	5,7	71	54
Na <sup>+</sup> (mg/l) .....	173	134	98	148	620	108	110	89	204	392
K <sup>+</sup> (mg/l) .....	10,6	14	13,3	11	32	6	9,5	8,6	6,1	12
Ca <sup>2+</sup> (mg/l) ...	46	36	58	48	49	20	21	38	32	30
Mg <sup>2+</sup> (mg/l) ...	51	42	54	64	103	33	29	40	63	81
SiO <sub>2</sub> (mg/l) ...	58	58	58	54	44	15	19	18	16	12

Las aguas subterráneas de los **Basaltos Antiguos** del Ciclo I tienen una temperatura media más alta (26,6°C) que el resto de las formaciones volcánicas. Los valores extremos más altos indican la existencia de una circulación profunda en algunos puntos. También estas aguas son más salinas con una conductividad media de unos 1.700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tienen pH algo mayores (media de 7.3), presentan mayor saturación en oxígeno (7,5 mg/l), los contenidos más bajos en  $\text{CO}_2$  disuelto, 19 mg/l, (relacionados con pH y temperatura más elevados) y menor alcalinidad (20° F).

En cuanto a los constituyentes mayoritarios, las aguas de esta formación tienen las concentraciones medias más elevadas en cloruros (270 mg/l) y sodio (173 mg/l) (aunque para este último las diferencias son menores). Sin embargo, el contenido en bicarbonatos (289 mg/l) es menor que en los materiales más recientes (de los ciclos II y III). En todas las formaciones volcánicas las aguas subterráneas contienen similares cantidades de calcio, magnesio y potasio, correspondiendo la mayor homogeneidad al contenido en sílice (entre 50 y 60 mg/l).

Las fonolitas y traquitas de la **Serie Sálica** del ciclo I contienen aguas menos salinas (conductividad media 1.300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) que las que circulan por los Basaltos Antiguos, pero de mayor salinidad que las captadas en materiales del ciclo Roque-Nublo y Post Roque-Nublo. Lo mismo sucede con la temperatura (23°C), que es intermedia entre los materiales más antiguos y más recientes. El pH está próximo a la neutralidad y el contenido en  $\text{CO}_2$  disuelto es relativamente alto, 68 mg/l (cuando las aguas subterráneas normalmente contienen de 1 a 30 mg/l), relacionado posiblemente con emanaciones de los gases atrapados en las propias formaciones volcánicas o generado en las cámaras magmáticas aún activas o en proceso de enfriamiento, a través de fisuras.

Tanto la alcalinidad (21° F) como el contenido en bicarbonatos (284 mg/l) es similar al del agua contenida en los Basaltos Antiguos. Igualmente, por el contenido en cloruros (209 mg/l) se asemejan más a estas aguas que a las de ciclos posteriores. En los cationes disueltos, las semejanzas son mayores con estas últimas.

Las aguas subterráneas que circulan por materiales del ciclo **Roque-Nublo** y **Post Roque-Nublo** tienen características similares en cuanto a la temperatura ( $\sim 20^{\circ}\text{C}$ ), conductividad ( $\sim 1.100\ \mu\text{S/cm}$ ), alcalinidad ( $40^{\circ}\text{F}$ ) y contenido en bicarbonatos ( $\sim 450\ \text{mg/l}$ ).

El contenido en oxígeno disuelto es menor que en las aguas de las formaciones del ciclo I, hecho que coincide con el mayor contenido en bicarbonatos, como se ha observado en otras ocasiones en estas islas (Custodio, 1978).

Cabe destacar el alto contenido medio en  $\text{CO}_2$  disuelto de las aguas de los materiales Roque-Nublo ( $114\ \text{mg/l}$ ), que puede deberse a la contribución del  $\text{CO}_2$  residual de origen magmático ocluído en los poros y fisuras. Estos valores de  $\text{CO}_2$  están relacionados con los valores medios más bajos de pH.

Asimismo, hay que mencionar el bajo contenido medio en sulfatos de estas aguas ( $17\ \text{mg/l}$ ), aunque existen valores extremos que llegan hasta los  $900\ \text{mg/l}$ . También el contenido medio en sodio es menor ( $98\ \text{mg/l}$ ) que en las otras formaciones.

Las aguas de las formaciones Post Roque-Nublo se caracterizan por el contenido medio más alto en sulfatos ( $113\ \text{mg/l}$ ) y nitratos ( $60\ \text{mg/l}$ ) debido probablemente a procesos de contaminación por las aguas excedentes de riego o urbanas.

Se ha observado una relación entre la mineralización del agua y el contenido en  $\text{CO}_2$  disuelto, en el sentido de que las aguas menos mineralizadas contienen más  $\text{CO}_2$ .

Los contenidos más altos en oxígeno disuelto son consecuencia de la falta de reductores en el agua de infiltración (ya que hay escasa actividad biológica en el suelo) y en el terreno (debido a la ausencia de sulfuros e iones fácilmente oxidables).

Las aguas que drenan los materiales de la **Formación Detrítica de Las Palmas** tienen una conductividad media elevada de  $4.378 \mu\text{S}/\text{cm}$ , pH 7,45, contenido en oxígeno alto (8,8 mg/l), bajo contenido en  $\text{CO}_2$  disuelto, elevadas concentraciones de cloruros y sulfatos, sodio, potasio y magnesio, debido posiblemente a la influencia del agua de mar (las captaciones están localizadas próximas a la costa al Este de Gran Canaria). Por otra parte, el contenido en sílice es menor que el correspondiente al agua de las formaciones volcánicas.

Asimismo, se ha comparado gráficamente el comportamiento de las variables físico-químicas en los distintos acuíferos, representando la distribución de valores en cada grupo mediante las correspondientes curvas de densidad por un lado y los diagramas de caja, por otro (Figs. 5.1 a 5.15).

Se aprecia claramente la diferente distribución de la **temperatura** del agua en los distintos acuíferos (Fig. 5.1). A los Basaltos Antiguos corresponde la mayor dispersión de valores así como los más altos; la distribución es más homogénea y las temperaturas inferiores en las Traquitas y Fonolitas del ciclo I (Serie Sálica).

En los materiales de la serie Roque-Nublo y Post Roque-Nublo se han determinado temperaturas algo más bajas que indican una circulación del agua subterránea menos profunda que en los Basaltos Antiguos.

Respecto a la distribución de **conductividades** (Fig. 5.2), se observa que las diferencias no son muy grandes entre las series volcánicas, correspondiendo los valores extremos y medios más altos a la Serie Basáltica I, y son menores en la Serie Sálica y Roque-Nublo. En las aguas captadas en los materiales sedimentarios, la distribución de valores presenta la influencia de la intrusión marina.

Existe una tendencia hacia valores de **pH** más bajos en las series volcánicas desde los Basaltos Antiguos a la Formación Post Roque-Nublo (Fig. 5.3); mientras que en la Formación Detrítica de Las Palmas el pH medio del agua es más elevado.

En cuanto a los gases disueltos en el agua, es evidente la gran dispersión de valores de **oxígeno** en casi todos los acuíferos (Fig. 5.4), encontrándose, no obstante, contenidos más bajos en los materiales Roque-Nublo y Post Roque-Nublo. Por otra parte, la distribución del contenido en **CO<sub>2</sub>** es más homogénea en los Basaltos Antiguos y en la Formación Detrítica de Las Palmas, a las que corresponden los valores más bajos (Fig. 5.5). En la Serie Roque-Nublo los contenidos en **CO<sub>2</sub>**, aunque más dispersos, son más elevados.

La capacidad del agua subterránea para neutralizar ácidos, o **alcalinidad**, aumenta desde los Basaltos Antiguos hasta los materiales de la Serie Roque-Nublo al mismo tiempo que es mayor la dispersión (Fig. 5.6). Con esto se tiene una idea del efecto de los iones bicarbonato en el agua, que es mayor en los materiales más recientes.

El contenido en **cloruros** (Fig. 5.7) y **sulfatos** del agua subterránea (Fig. 5.8) disminuye desde los materiales más antiguos (Ciclo I) a los del Ciclo II, siendo más altos en los Basaltos que en las Traquitas y Fonolitas. Las aguas de la Formación Detrítica de Las Palmas son más concentradas en estas especies poniendo de manifiesto de nuevo la influencia marina.

La distribución del contenido en **bicarbonato** (Fig. 5.9) sigue la misma tendencia observada en la alcalinidad, ya que como se ha dicho anteriormente, ésta mide fundamentalmente el efecto de los iones bicarbonato y carbonato.

Respecto a la distribución de los cationes alcalinos mayoritarios, mientras que el contenido en **sodio** es mayor en los Basaltos Antiguos que en las Traquitas y Fonolitas, y mayor a su vez que en los materiales Roque-Nublo (Fig. 5.10), el contenido en **potasio** es sensiblemente menor en las aguas de los Basaltos Antiguos que en los materiales de la



Serie Sálca, no habiendo mucha diferencia entre éstos y los de la Serie Roque-Nublo (Fig. 5.11). Nuevamente se pone de manifiesto el comportamiento distinto de la Formación Detrítica de Las Palmas, con aguas que contienen más sodio y potasio que el resto.

El contenido en cationes alcalinotérreos (**calcio y magnesio**) sigue una distribución similar. Los valores medios para las Traquitas y Fonolitas del Ciclo I son algo inferiores al resto de las Formaciones (Figs. 5.12 y 5.13).

No hay diferencias significativas en el contenido en **silice** que pueda caracterizar alguna de las formaciones estudiadas (Fig. 5.14); en todo caso la dispersión de valores y el valor medio son un poco mayores en el agua de las Traquitas y Fonolitas.

Por último, se han observado contenidos muy altos en **nitratos** (Fig. 5.15), puntualmente sobre todo en los Basaltos Antiguos y en la Serie Sálca, cuyo origen más probable está en la contaminación agrícola y urbana. En general, los contenidos más elevados se corresponden con aguas menos profundas.

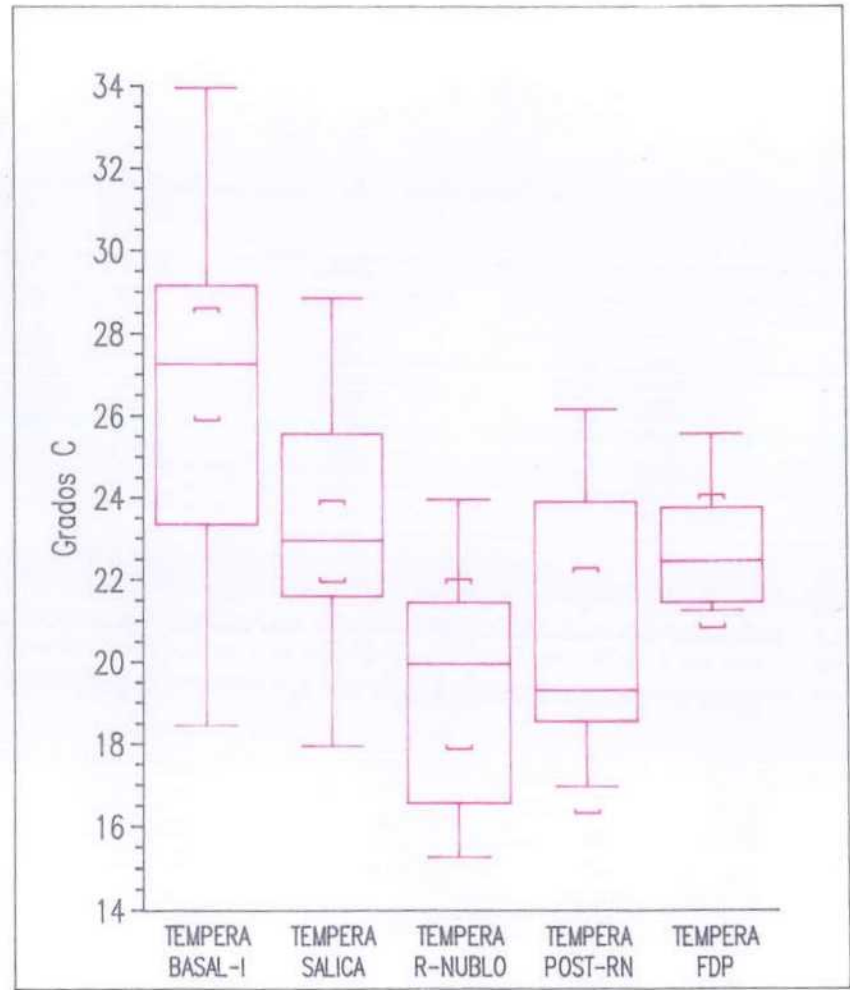
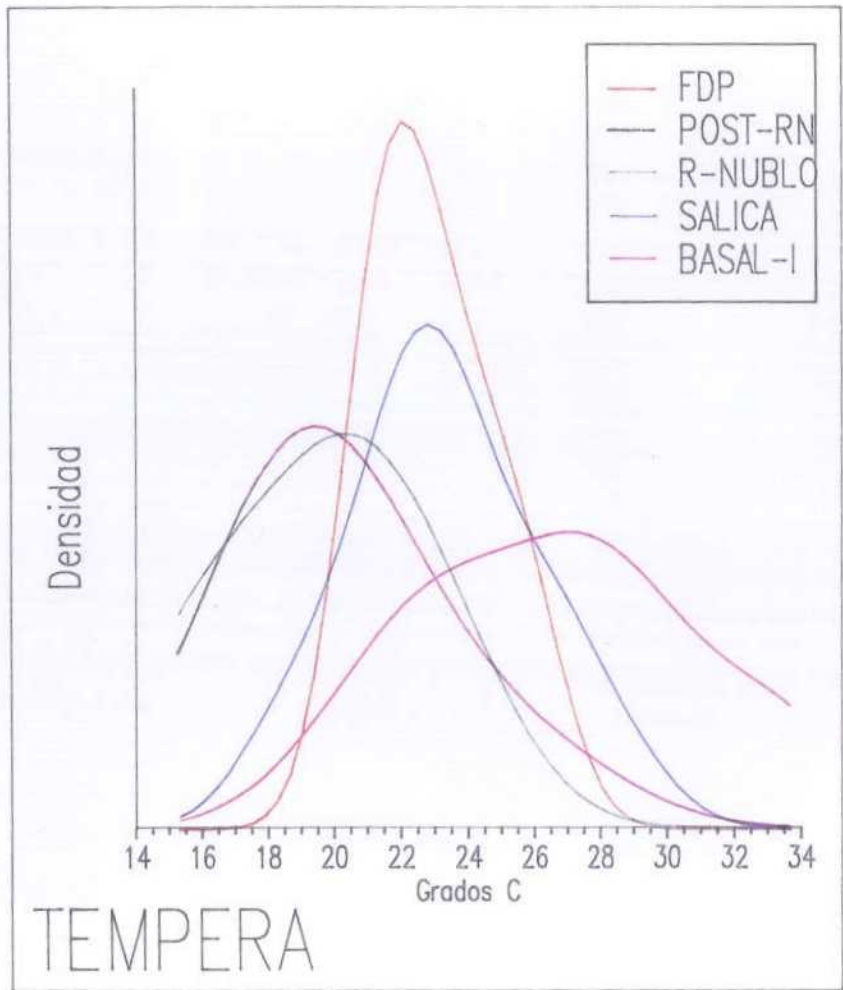


Figura 5.1

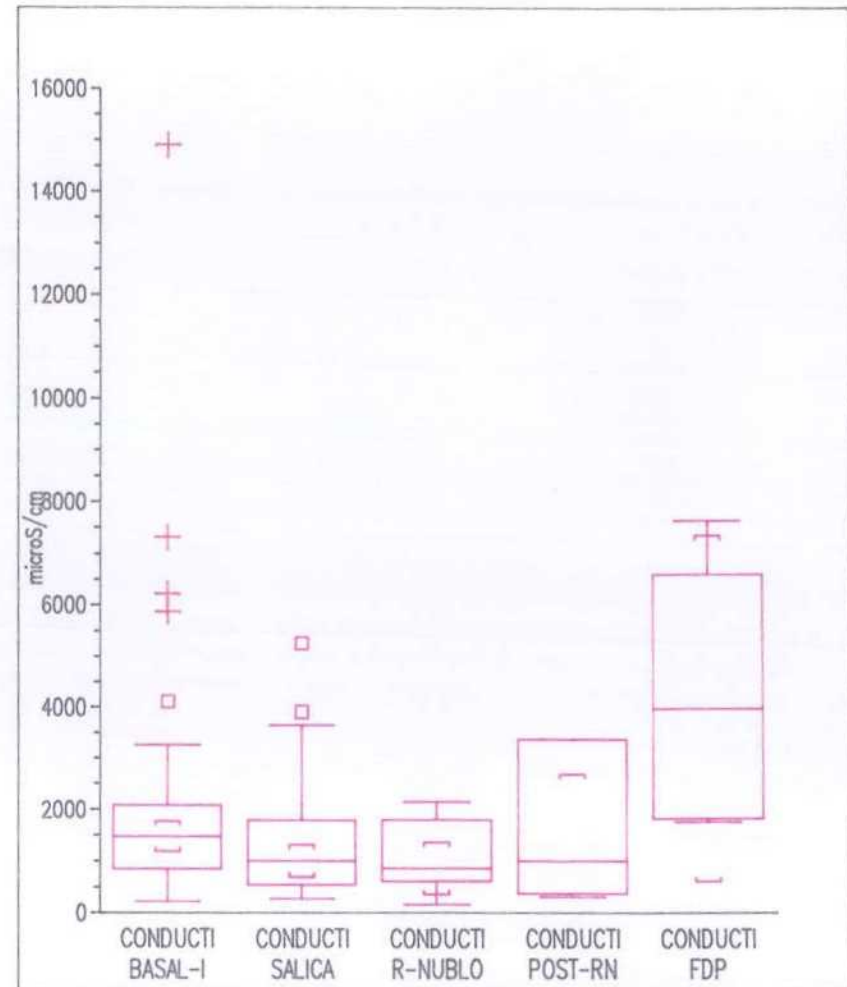
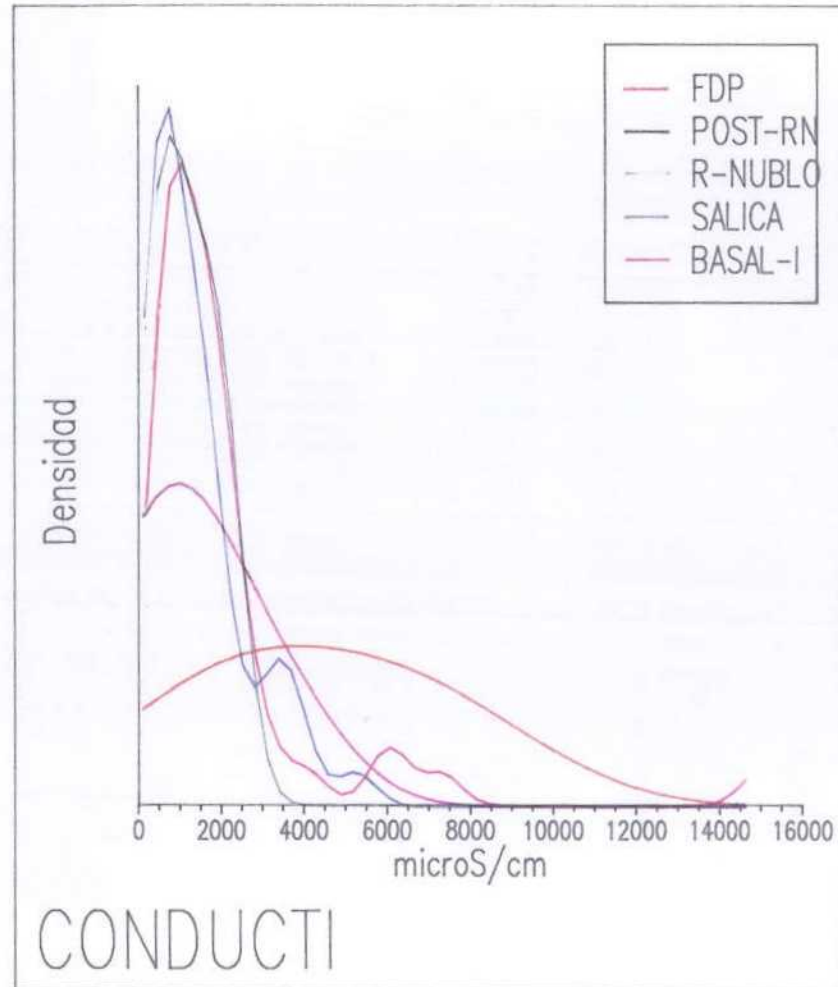


Figura 5.2

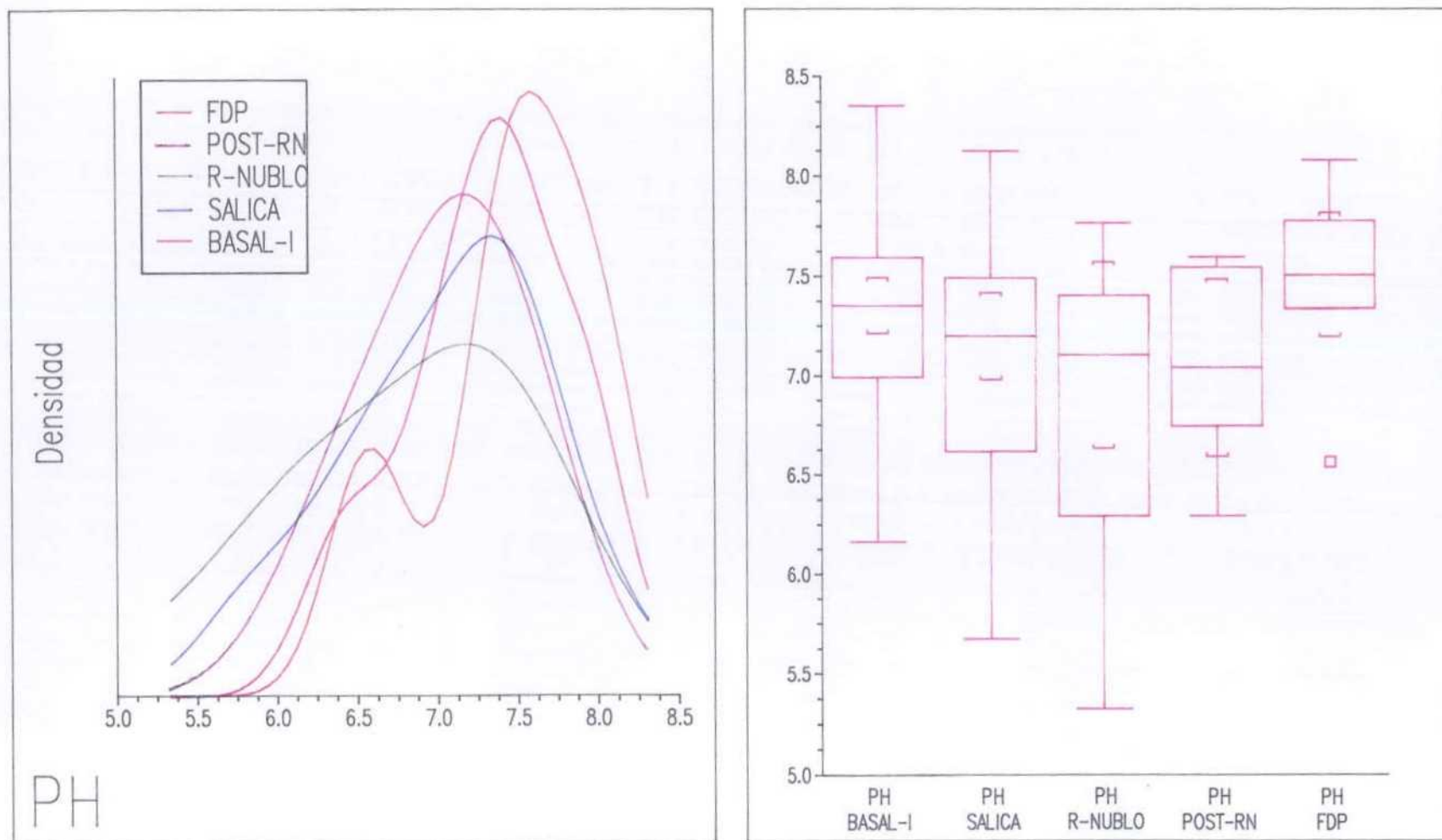


Figura 5.3

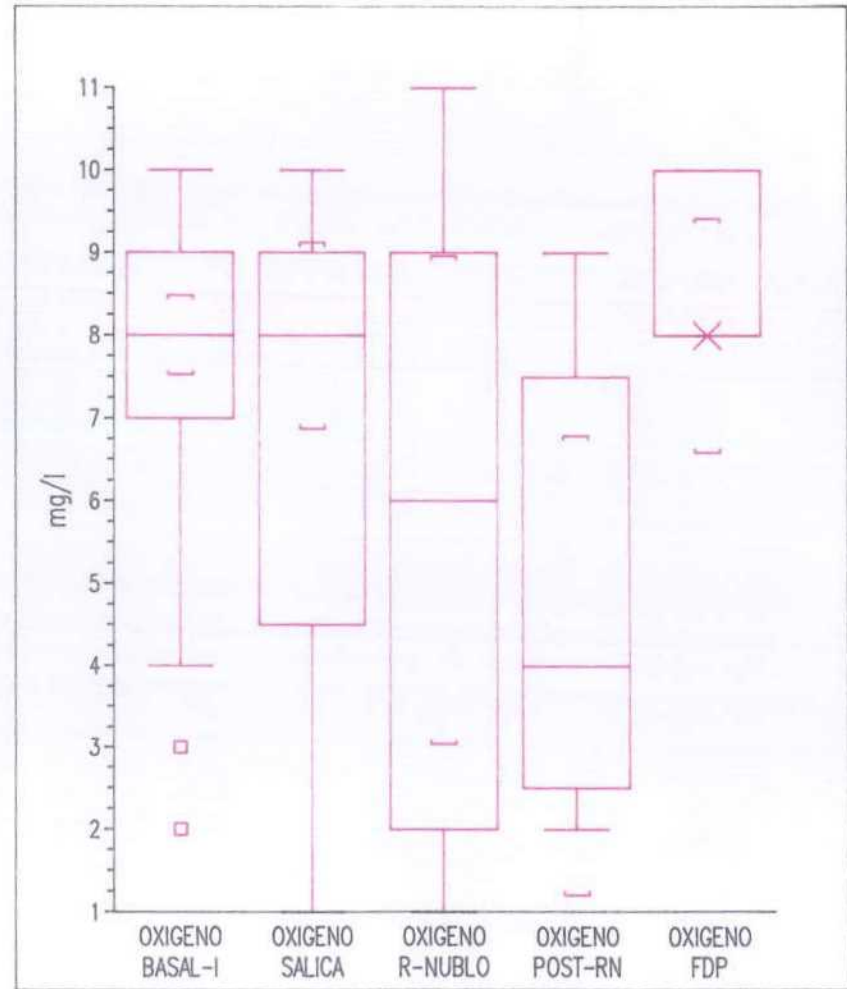
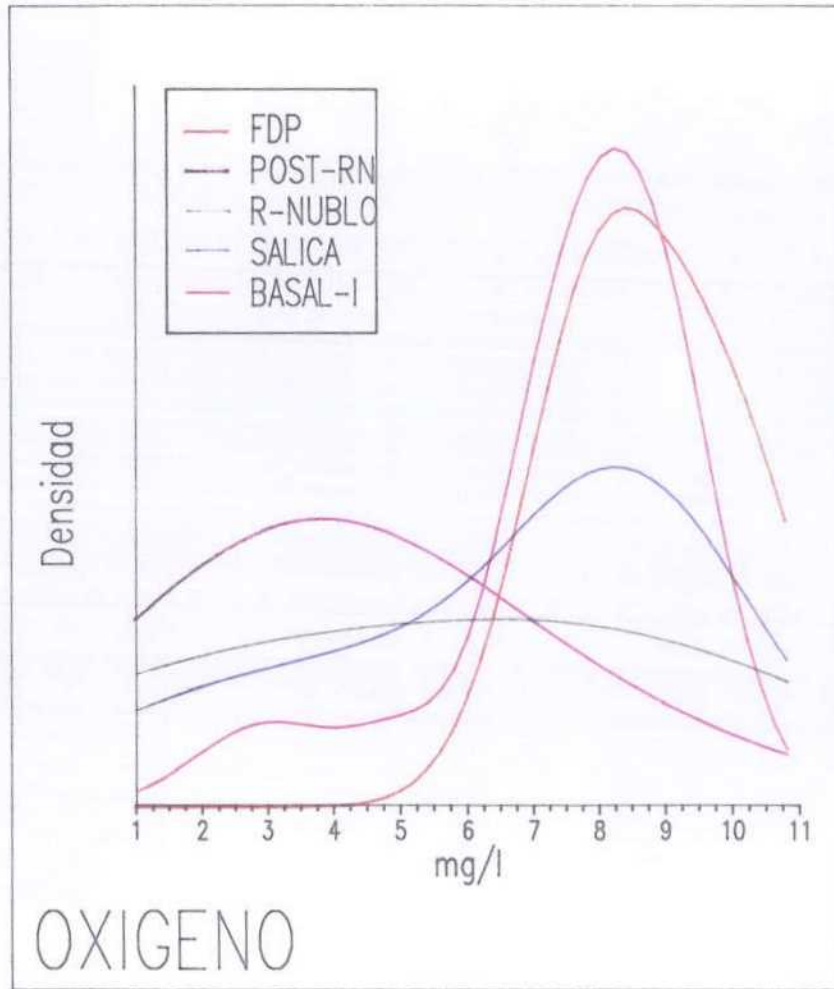


Figura 5.4

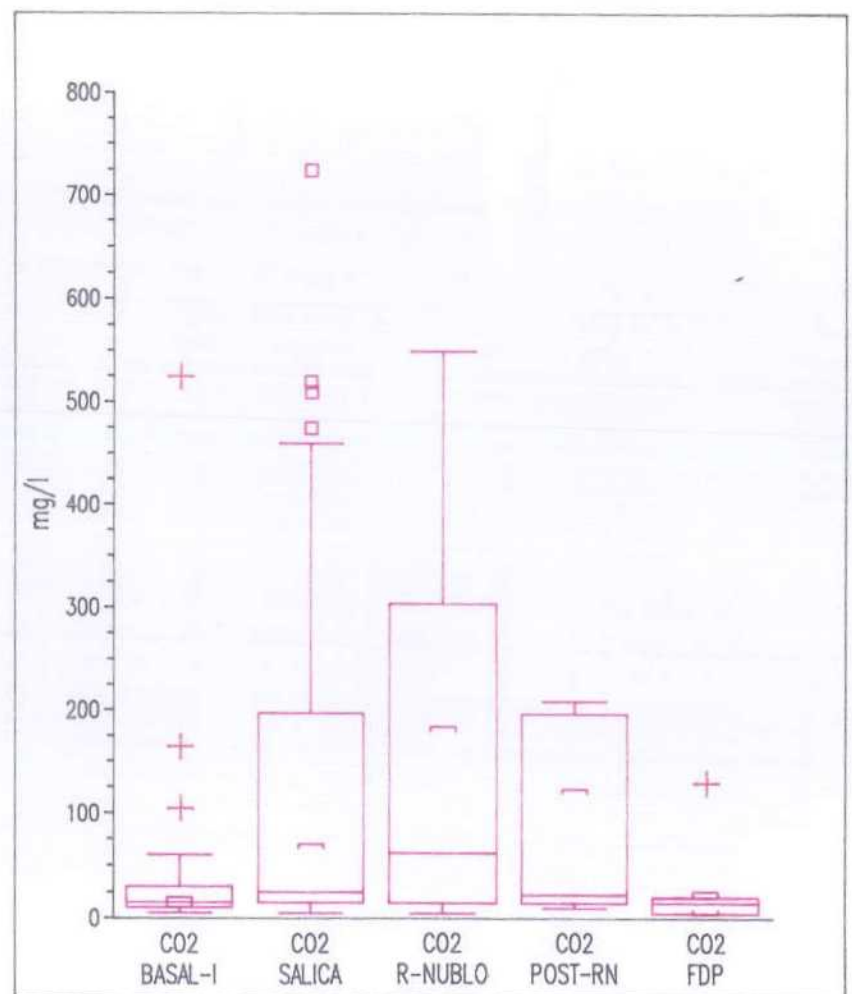
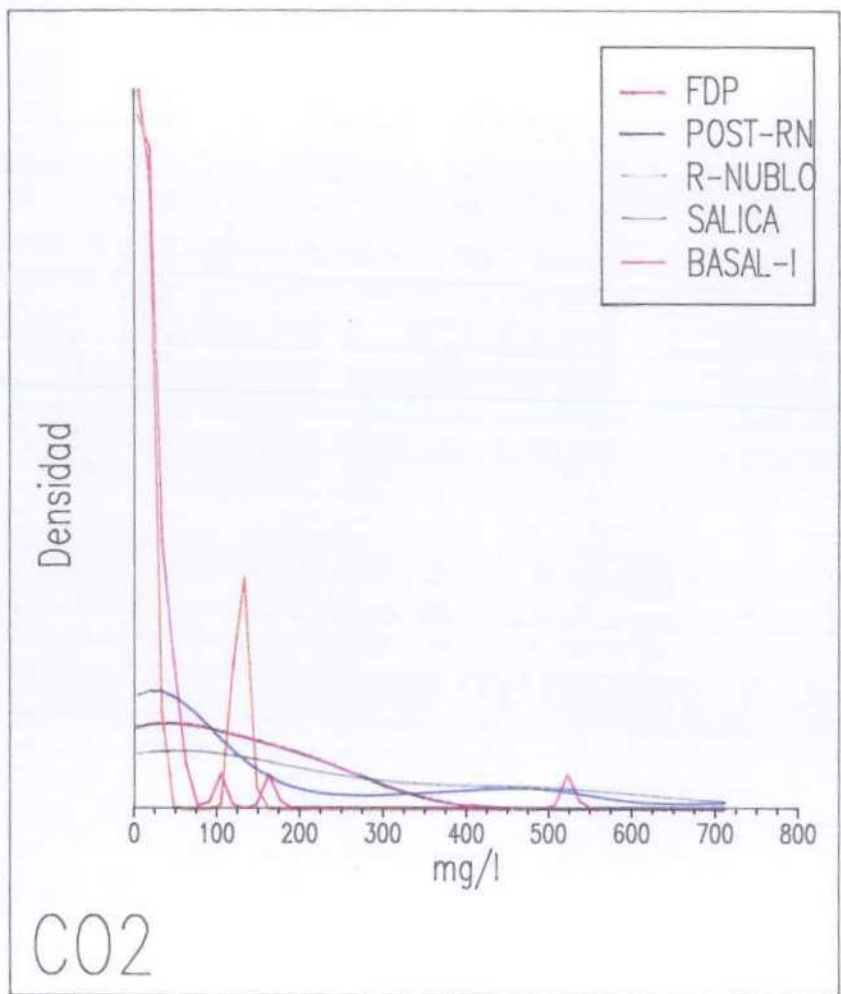


Figura 5.5

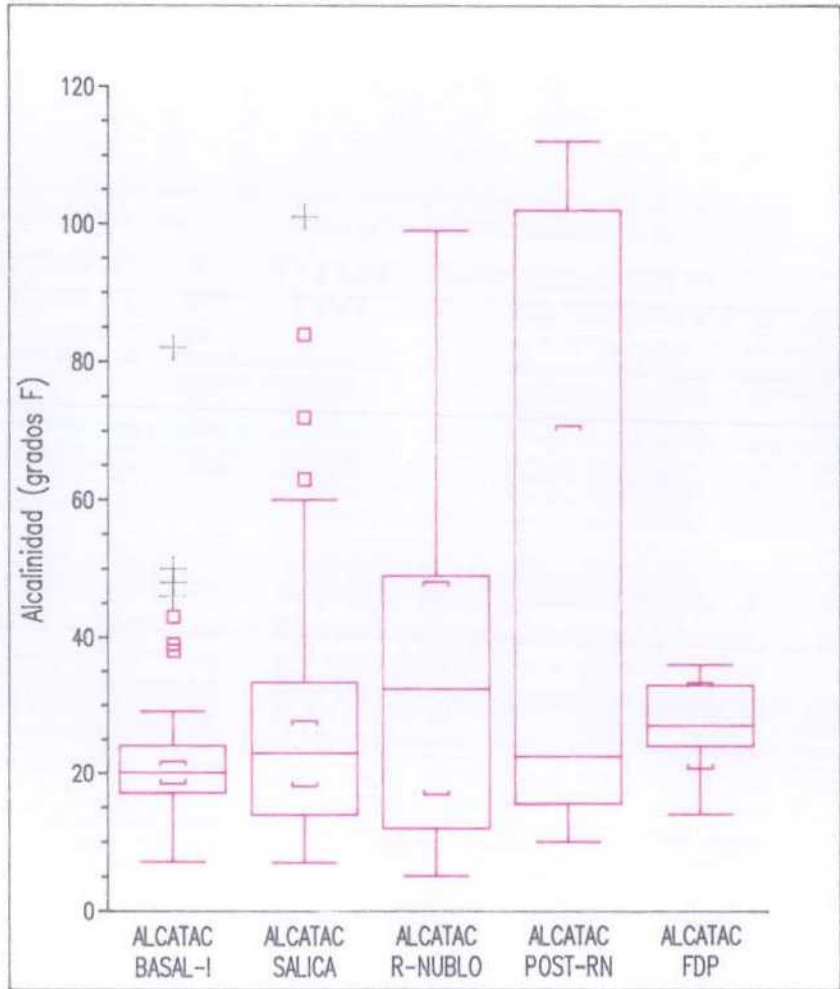
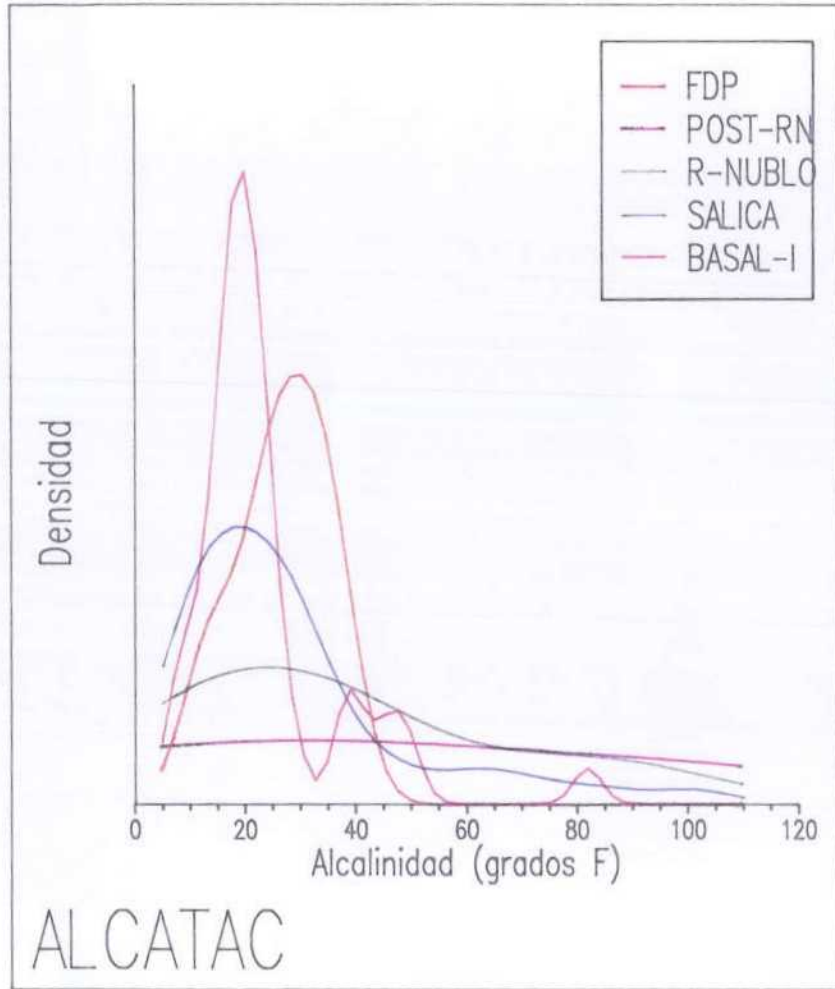


Figura 5.6



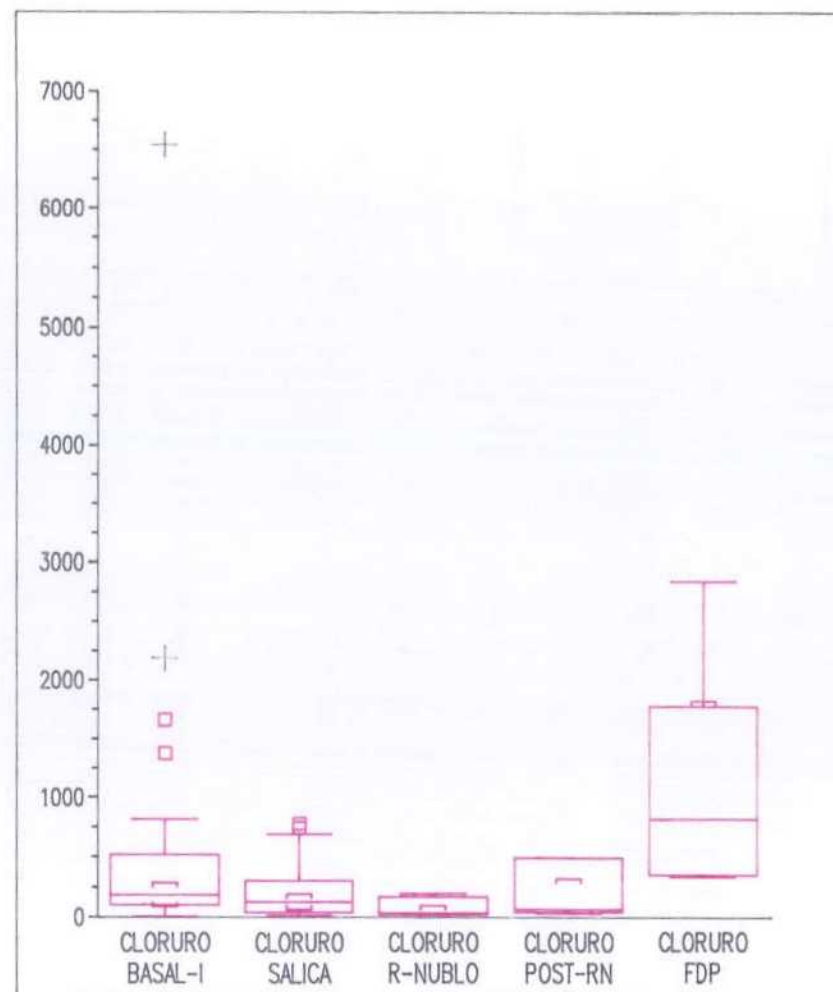
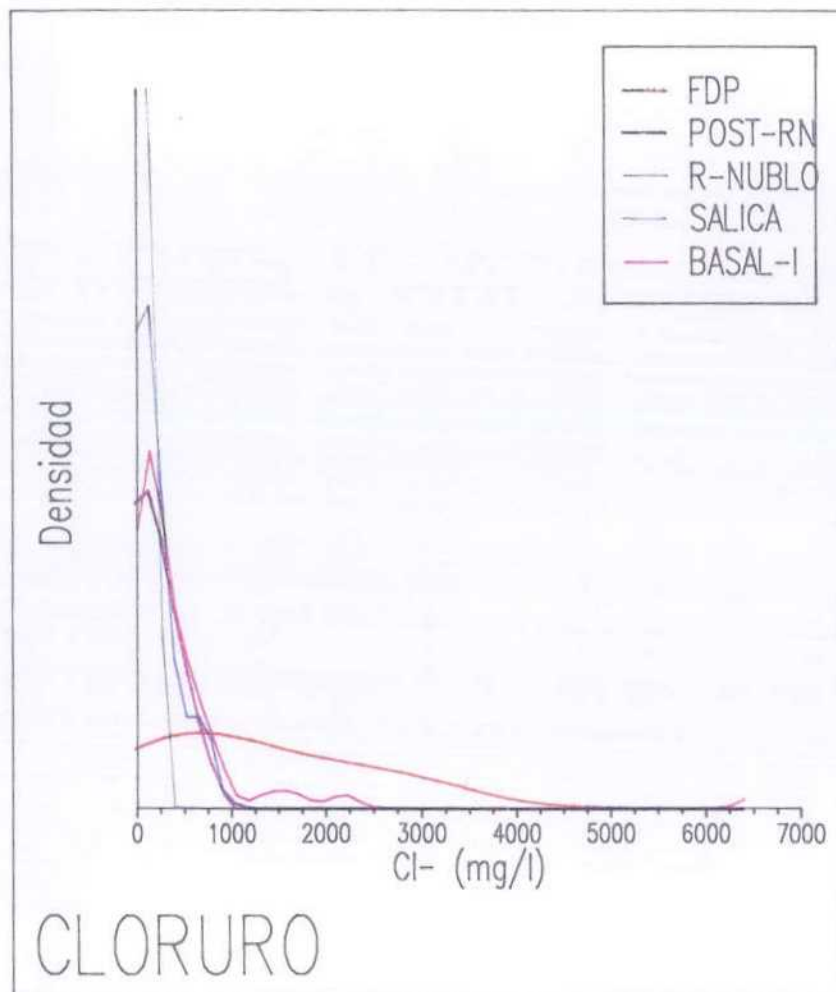


Figura 5.7



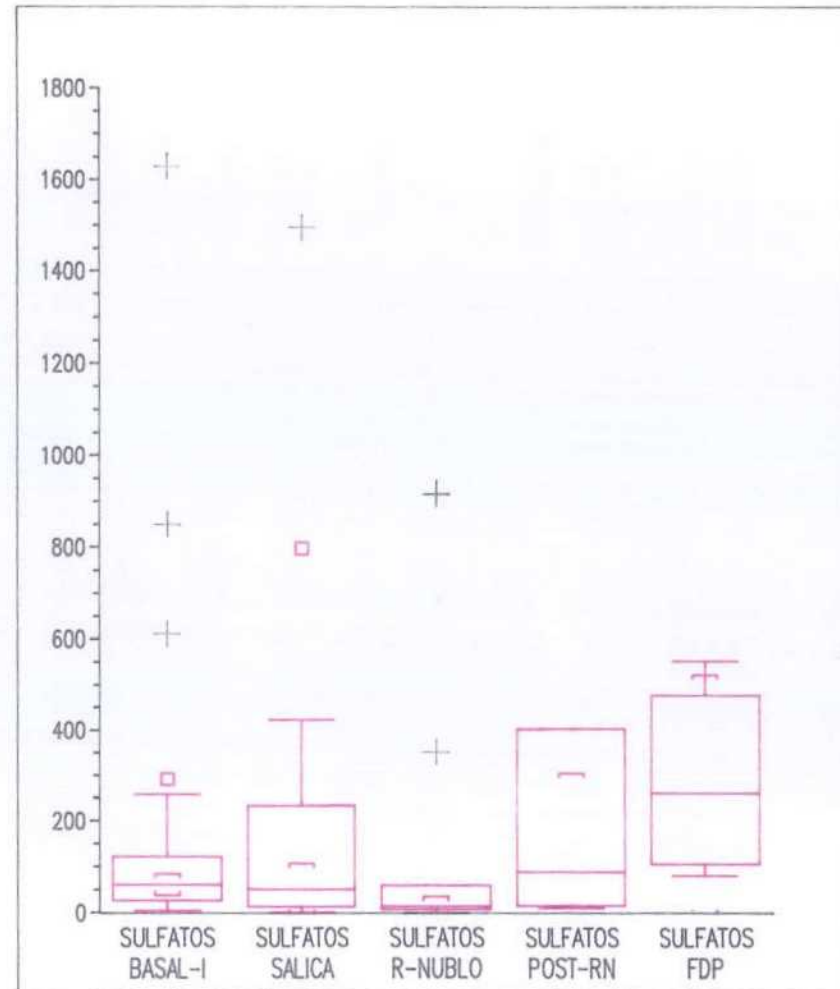
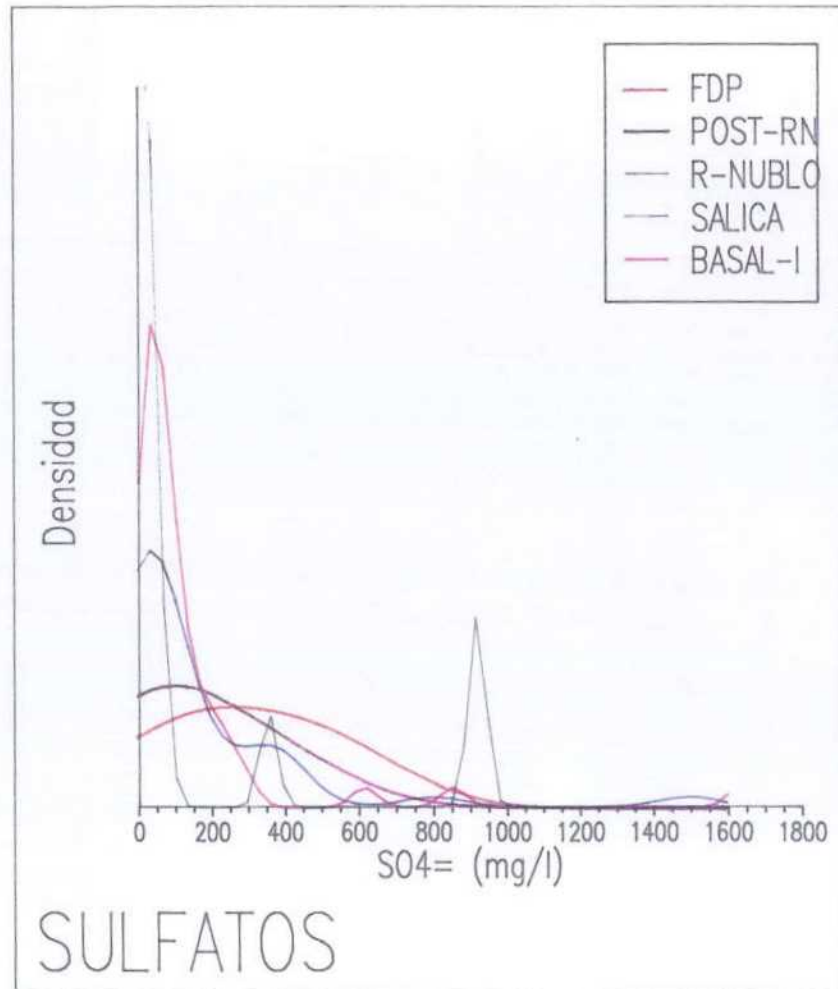


Figura 5.8

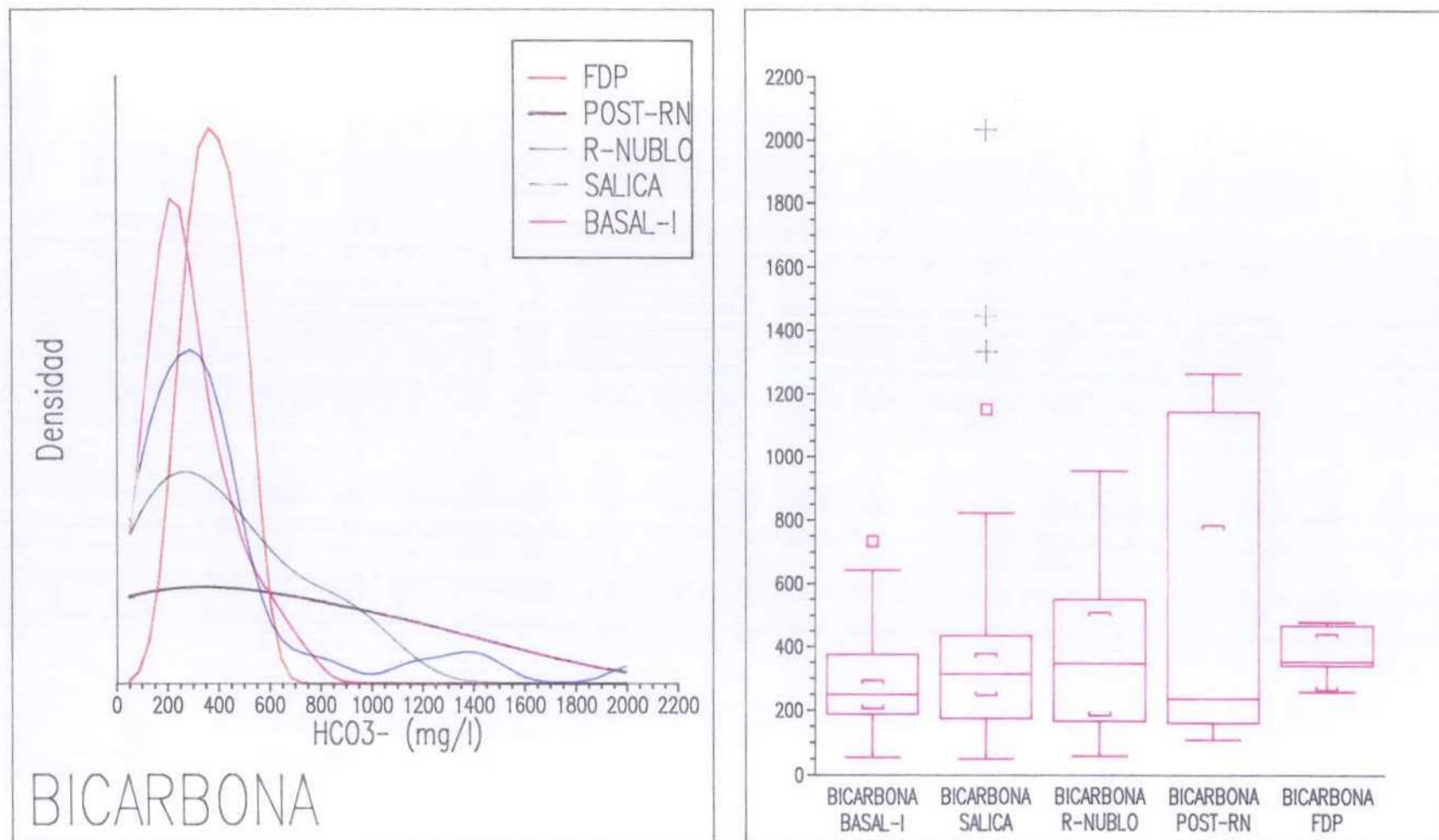


Figura 5.9

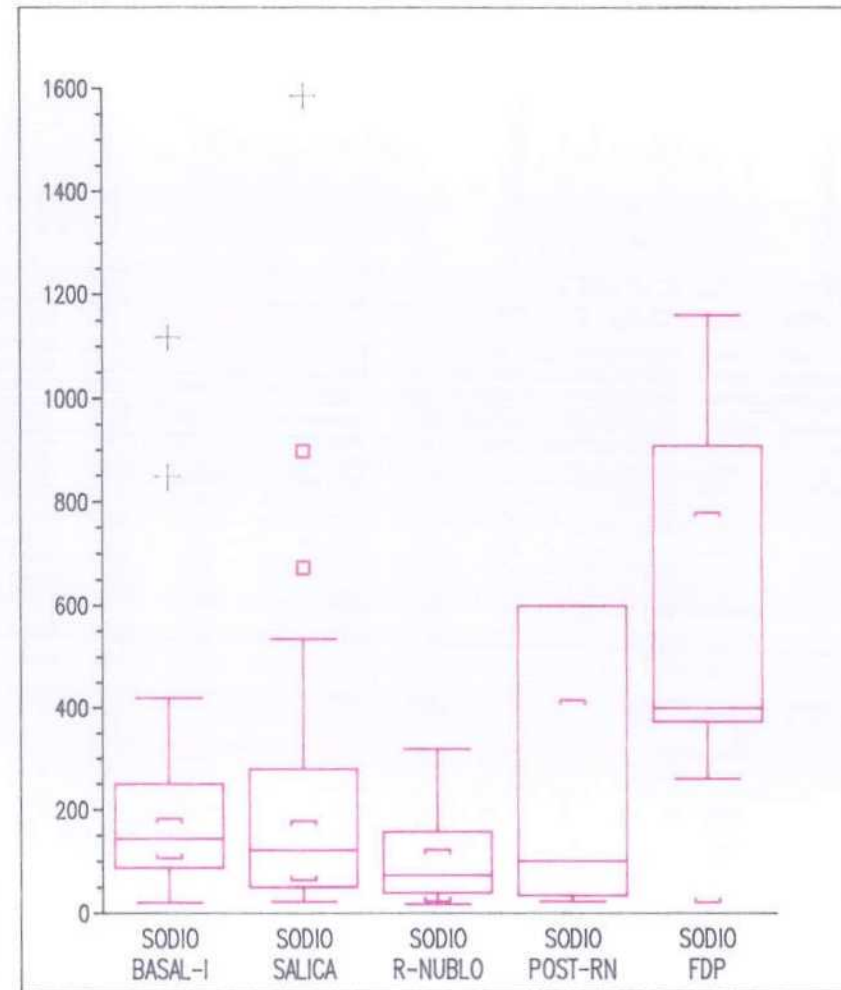
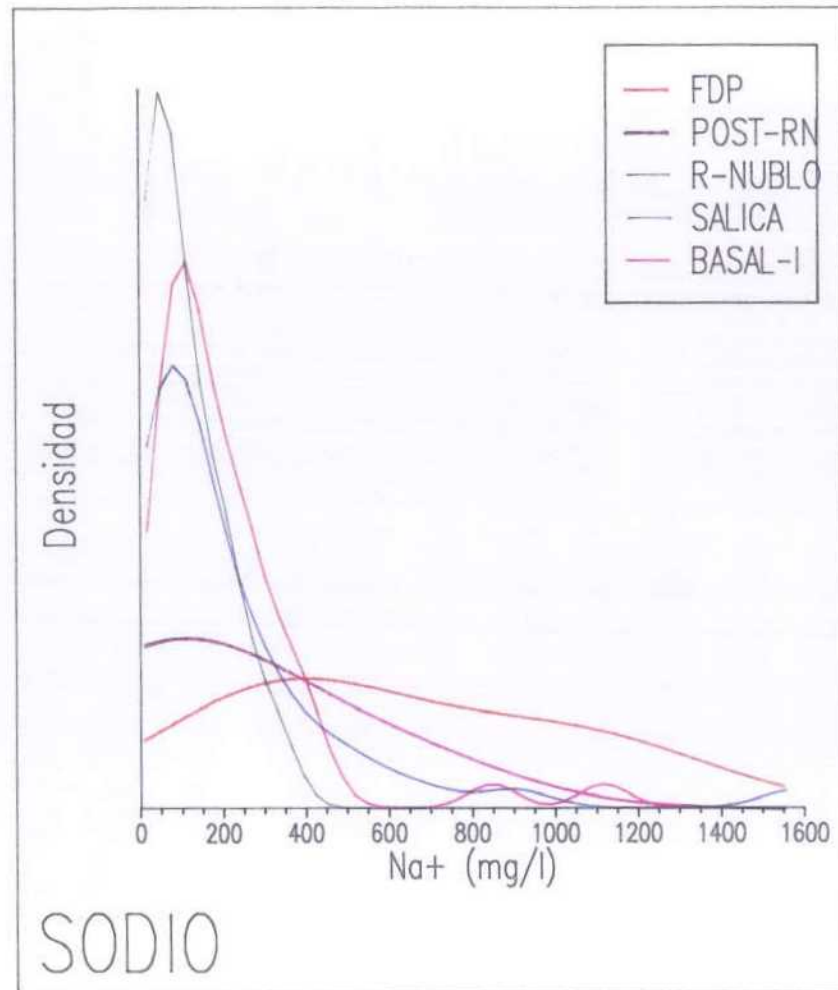


Figura 5.10

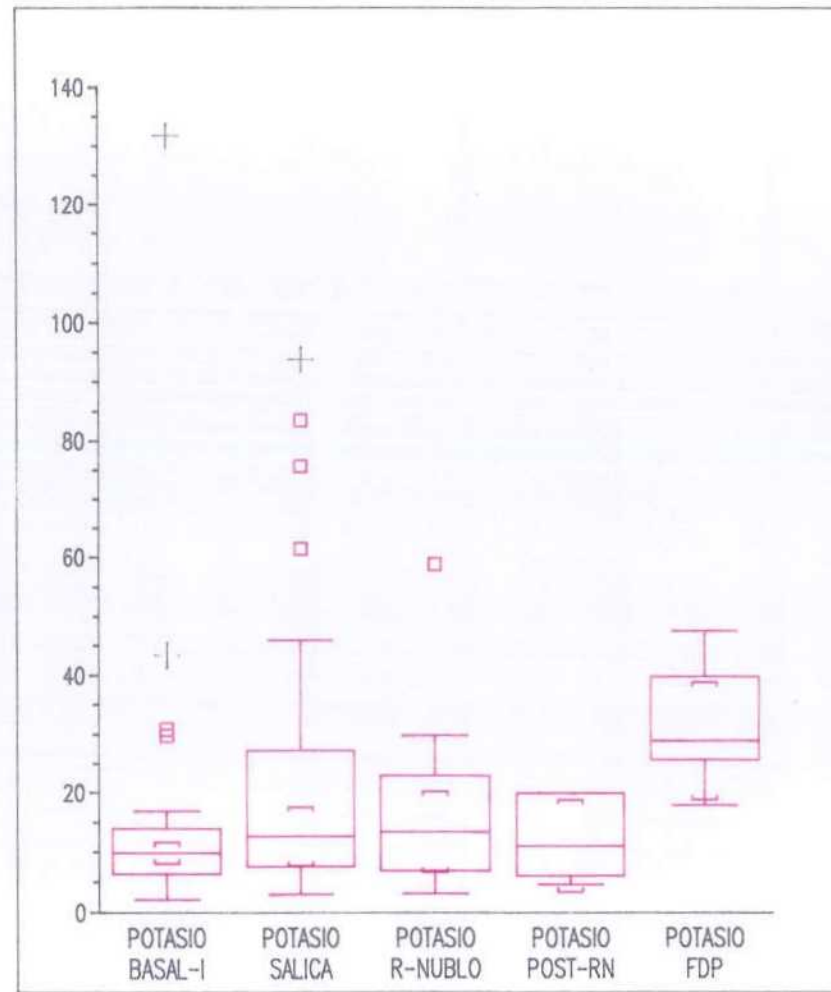
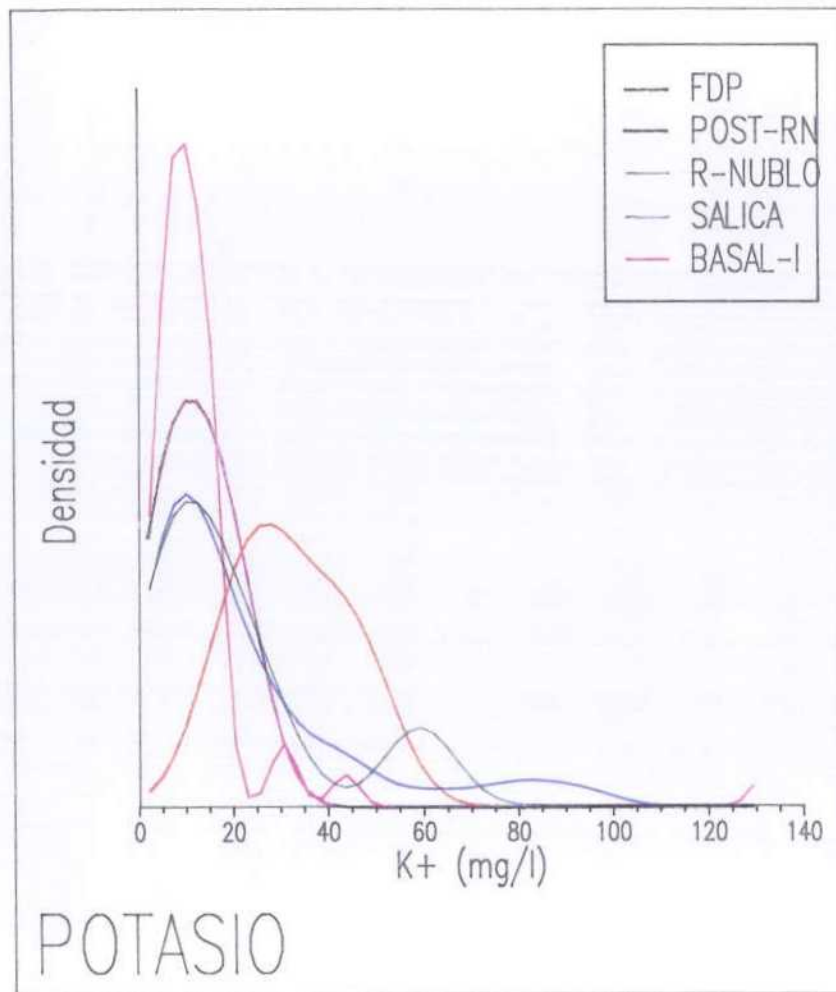


Figura 5.11

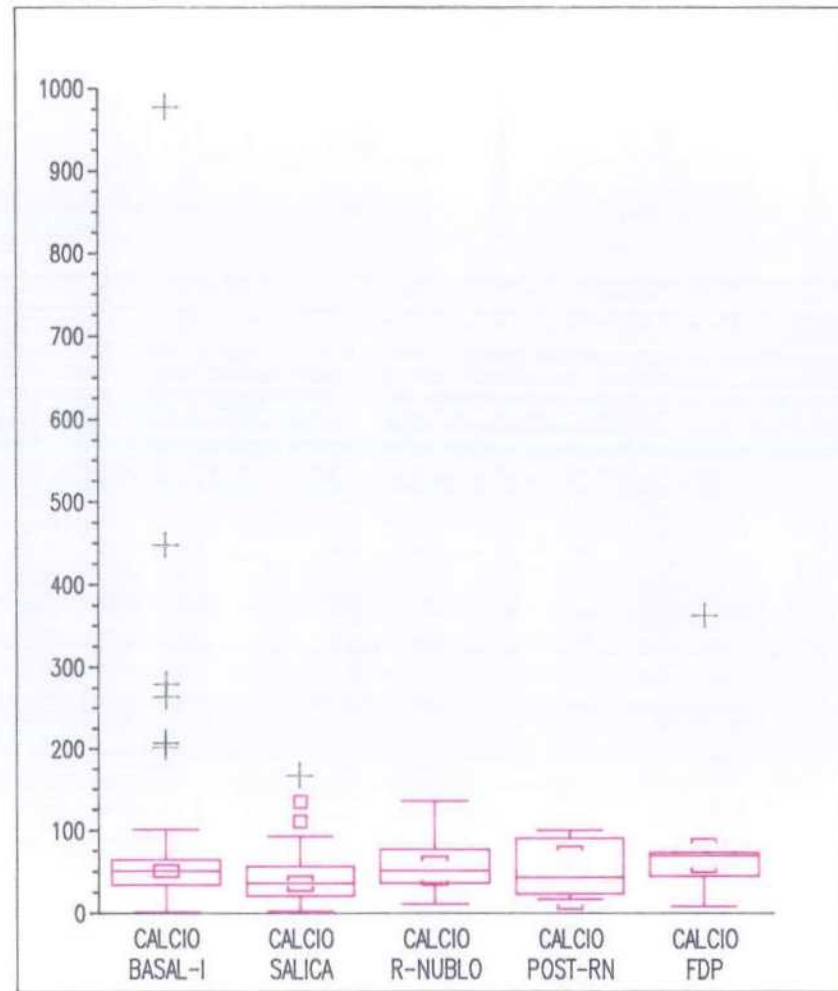
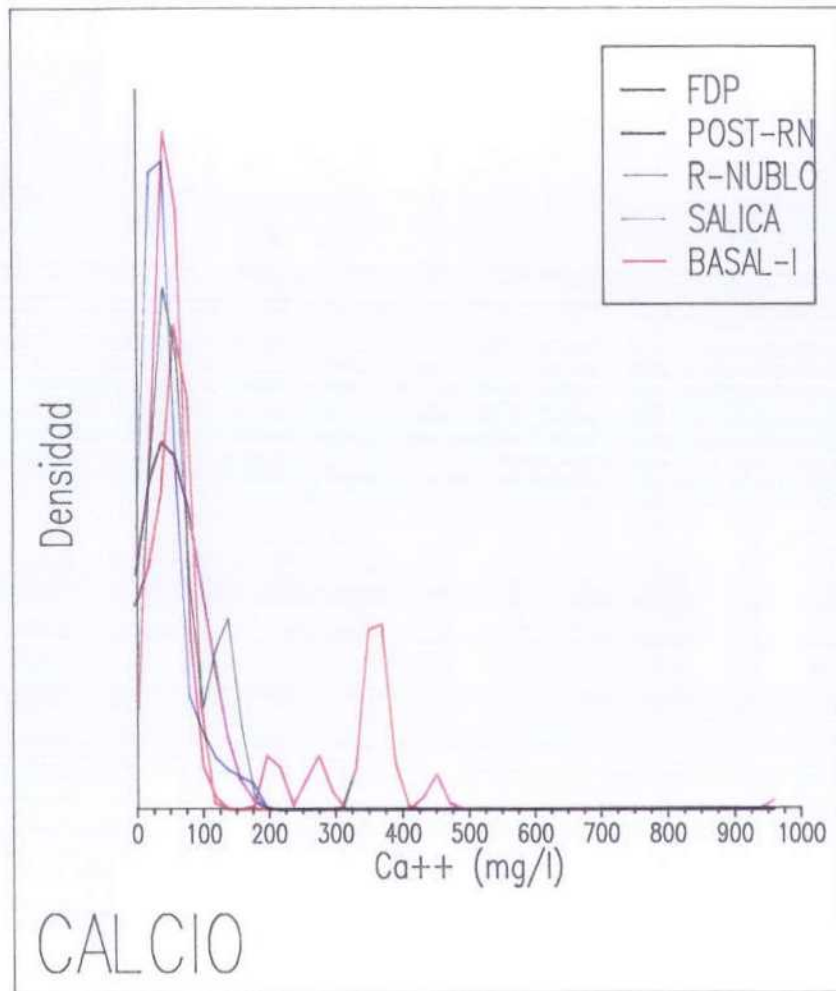


Figura 5.12

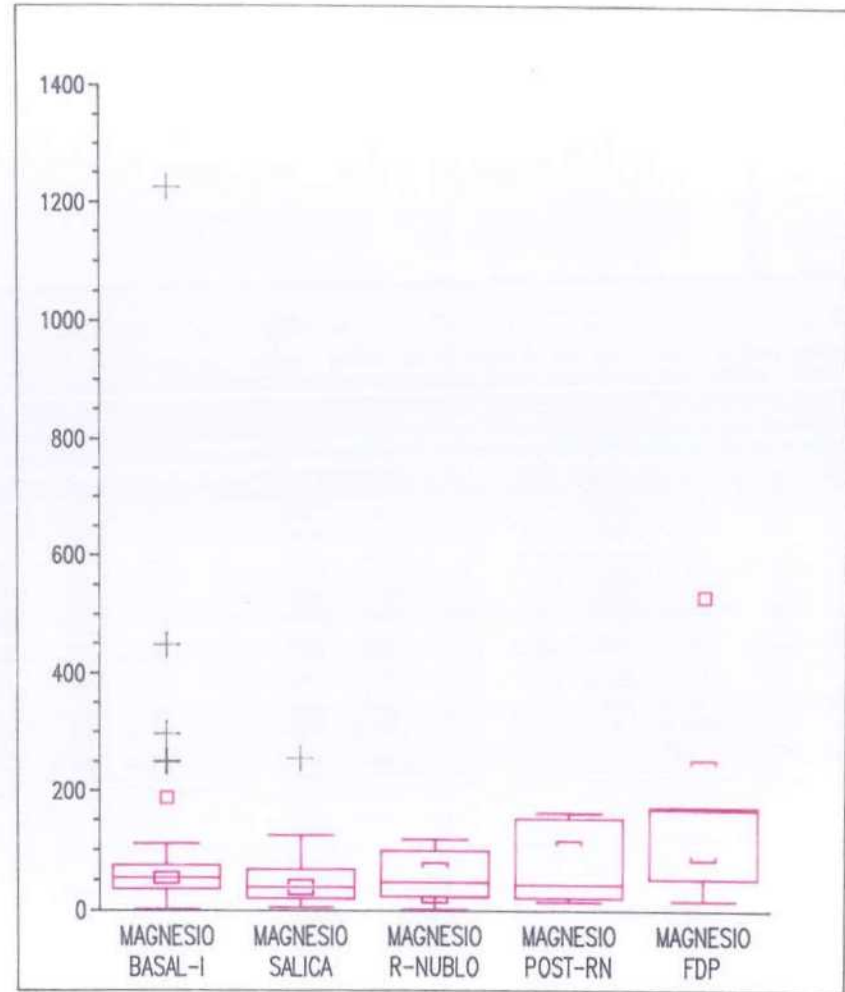
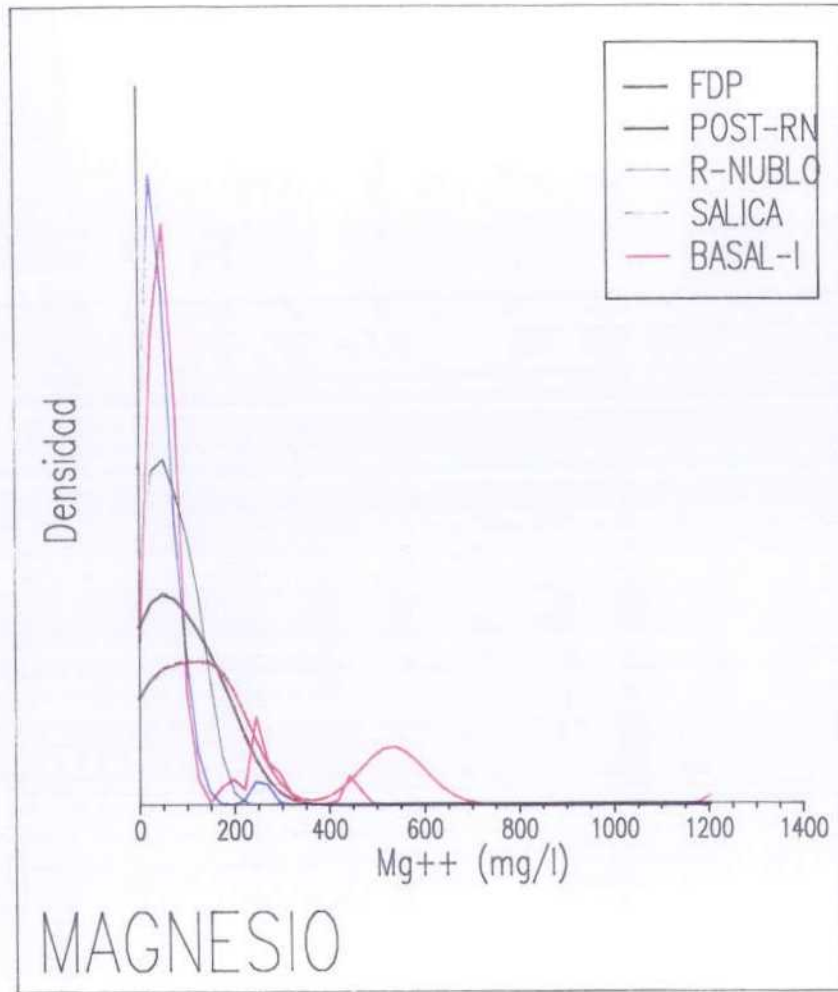


Figura 5.13



50

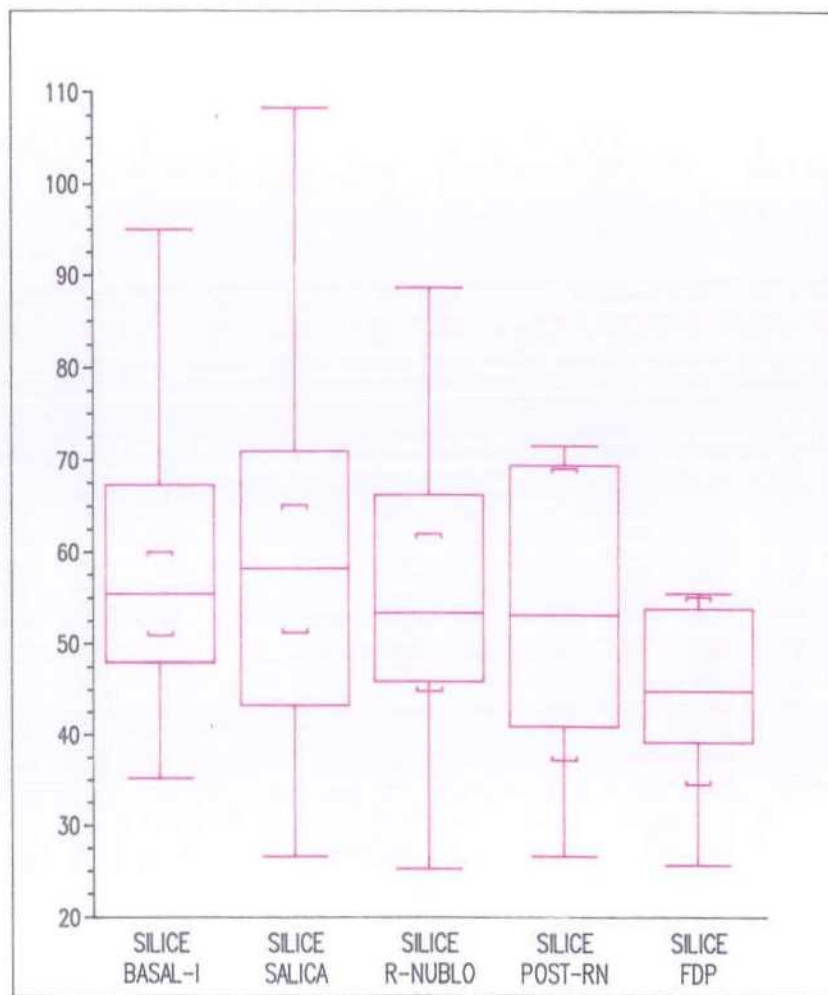
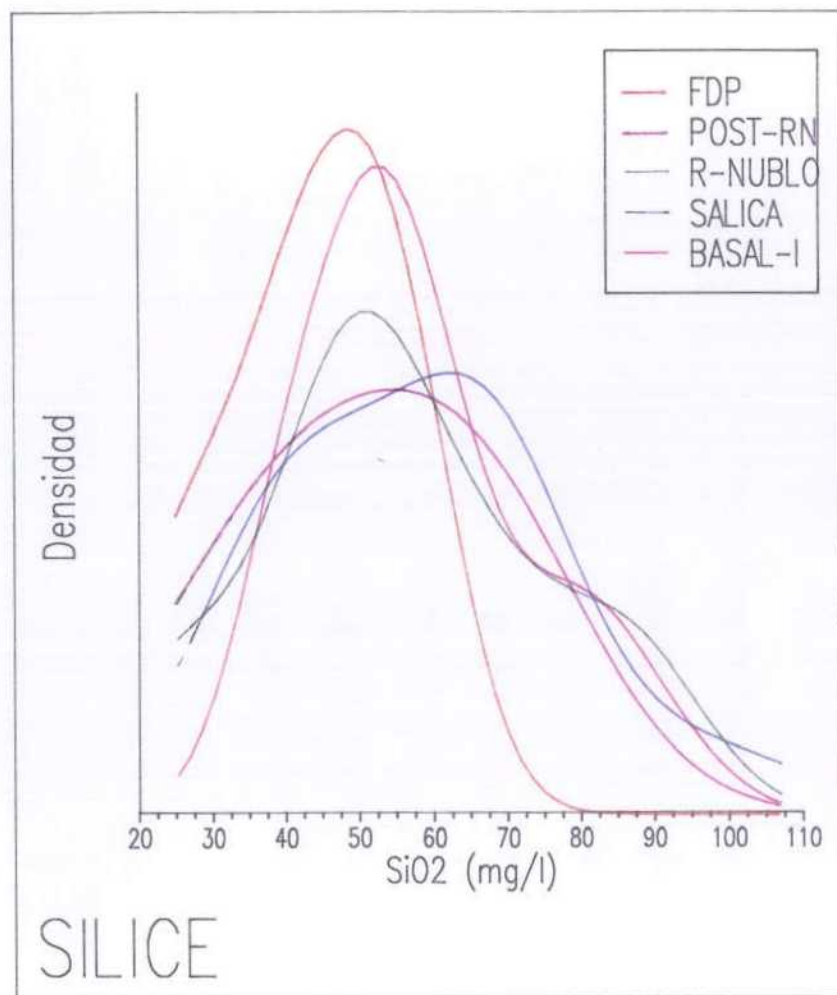


Figura 5.14

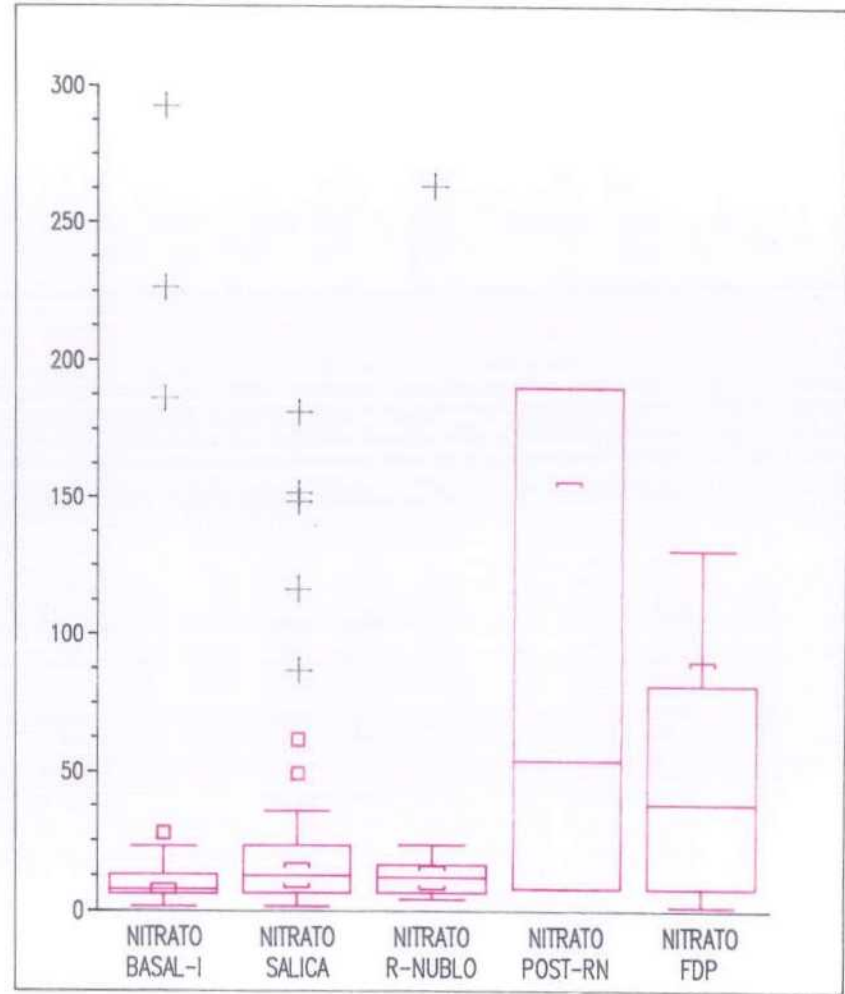
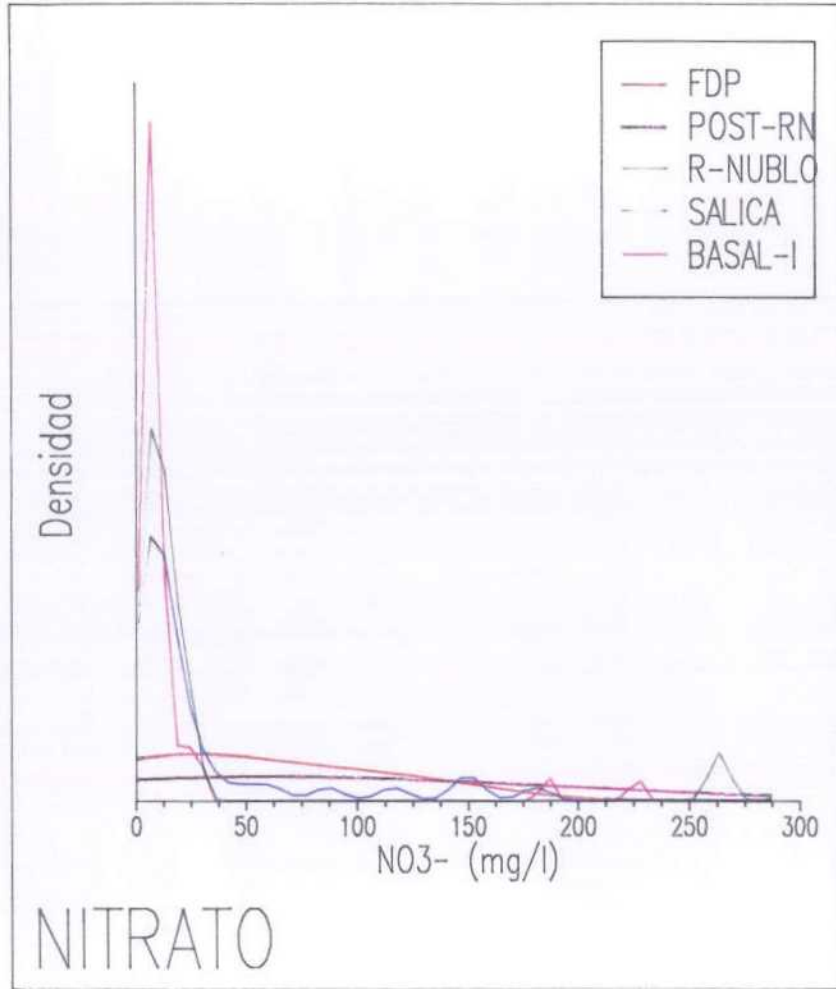


Figura 5.15



### **5.3.- FACIES HIDROGEOQUIMICAS CARACTERISTICAS DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS**

Se han clasificado las aguas subterráneas de cada sistema acuífero según los iones dominantes mediante los diagramas de Piper (Figs. 5.16 a 5.20).

Las aguas de los Basaltos Antiguos presentan un amplio rango de variación en su composición (Fig. 5.16). Respecto al anión predominante, comprenden facies desde cloruradas a bicarbonatadas; en cuanto al catión más importante, son aguas fundamentalmente sódicas y sódico-magnésicas. Tanto el sulfato como el calcio nunca son especies predominantes.

Las aguas subterráneas de la Serie Sálíca tienen una composición similar a la de los Basaltos Antiguos, variando entre bicarbonatadas y cloruradas, sódicas y magnésicas (Fig. 5.17). En este caso hay un predominio más claro de las aguas bicarbonatadas respecto a las cloruradas y de las sódicas respecto a las magnésicas. No parecen existir diferencias entre la composición de las aguas que circulan por materiales traquíticos y fonolíticos.

En los materiales del ciclo Roque-Nublo la facies hidrogeoquímica más frecuente es la bicarbonatada cálcica y/o magnésica (Fig. 5.18). En algún caso como en la Formación Fonolítica del Ciclo Roque-Nublo Inferior el agua es sulfatada cálcico-magnésica; además, de manera puntual, aguas captadas en materiales brechoides son clorurado-sulfatadas sódicas, posiblemente por efecto de la intrusión marina (caso del punto 424160007 que está situado próximo a la costa en el norte de la isla).

# Facies hidroquímicas de los Basaltos Antiguos

**LEYENDA**  
 ○ Basaltos Antiguos (Ciclo I)

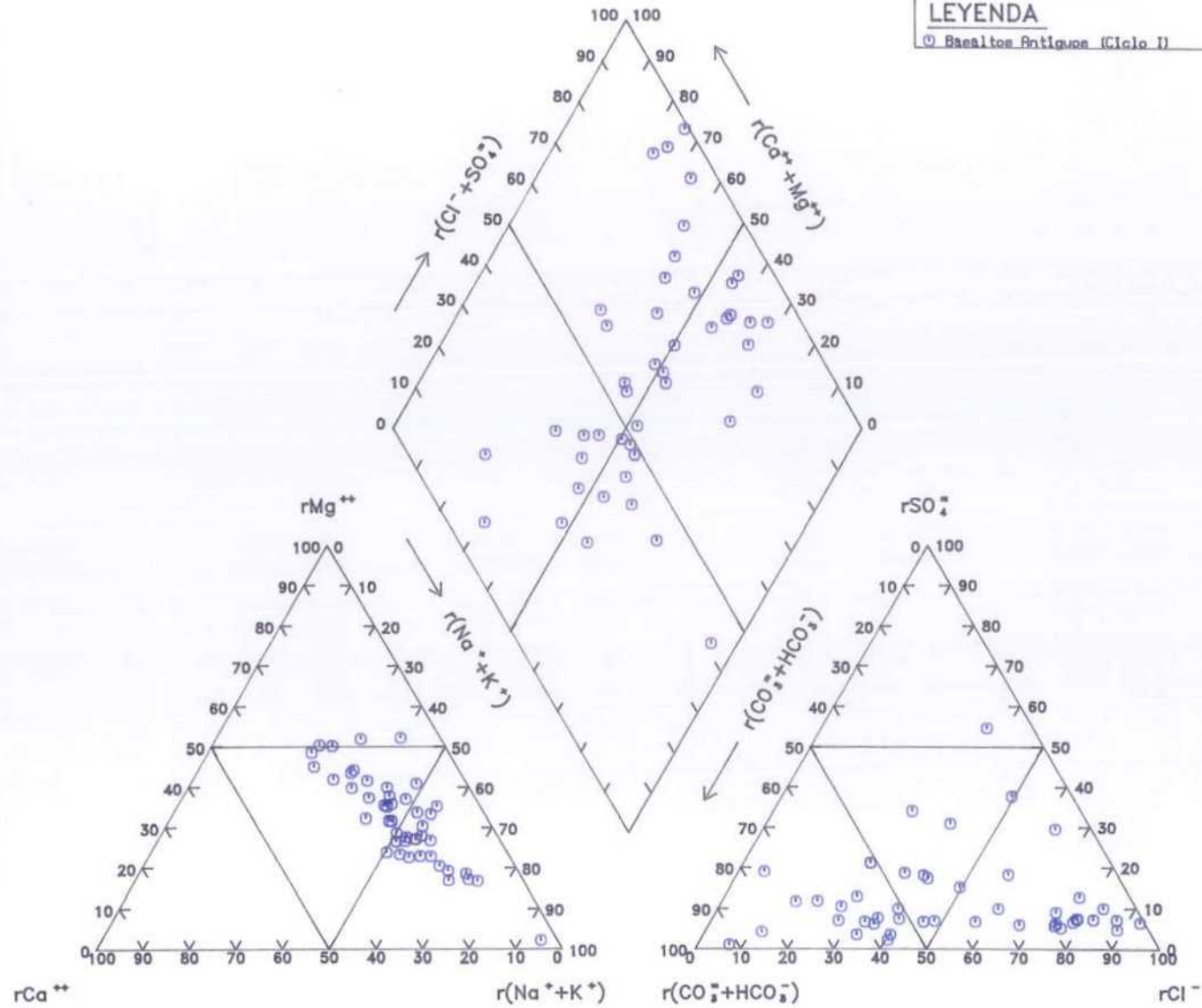
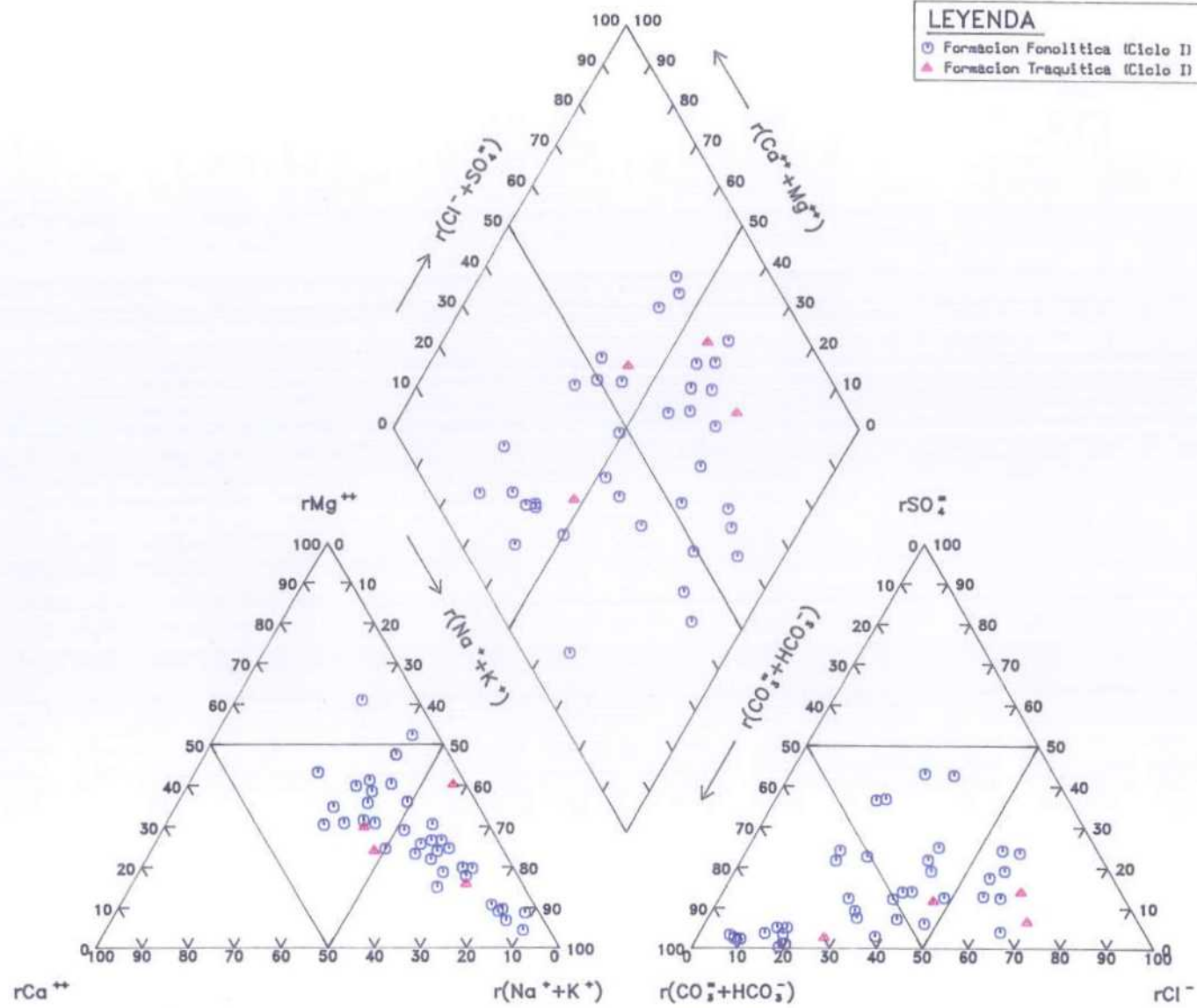


Figura 5.16

# Facies hidroquímicas de la Serie Sálica



54

Figura 5.17

# Facies hidroquímicas del Ciclo Roque-Nublo

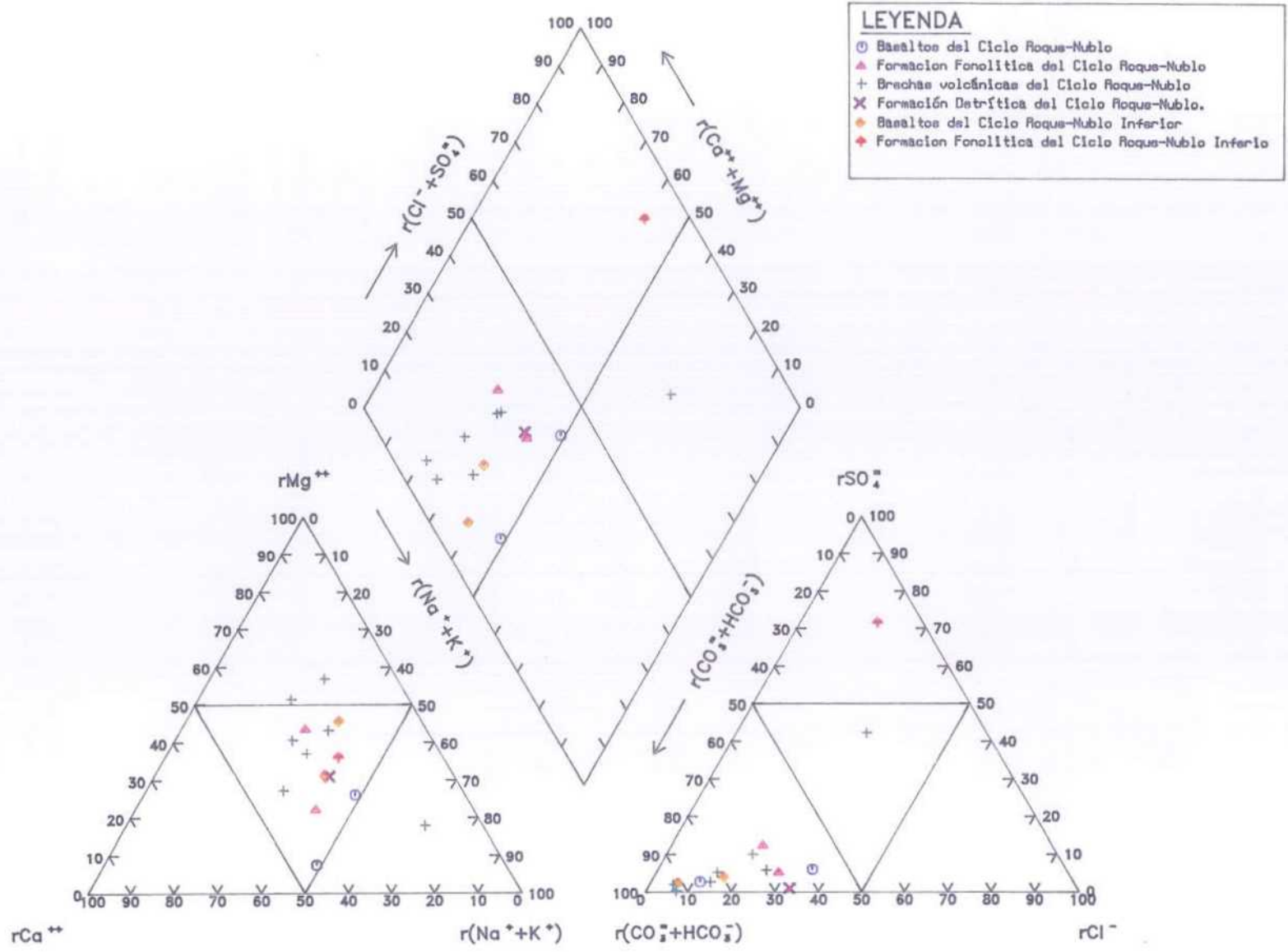
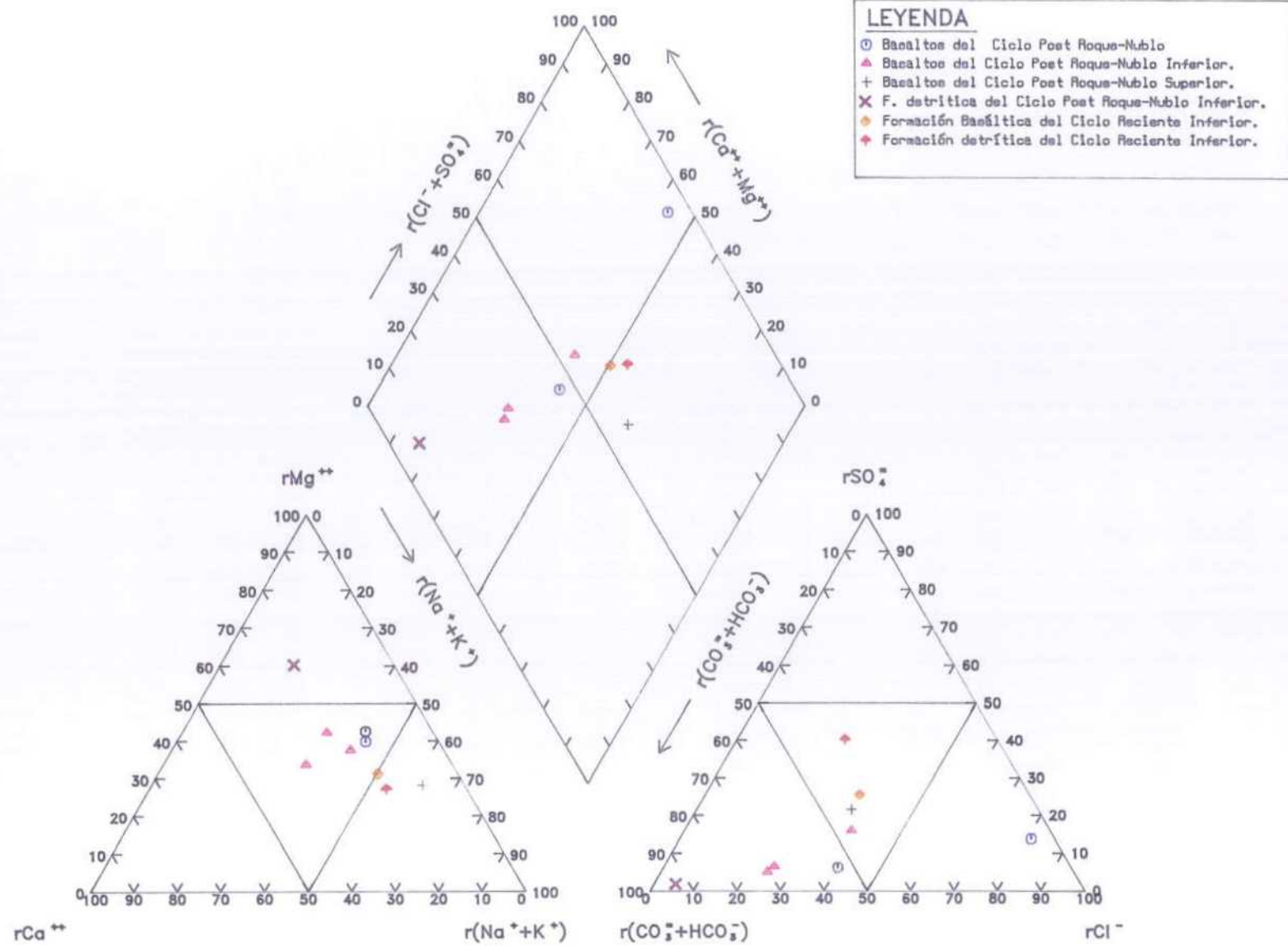


Figura 5.18

Fac. hidroq. de los Ciclos Post R-Nublo y Reciente



56

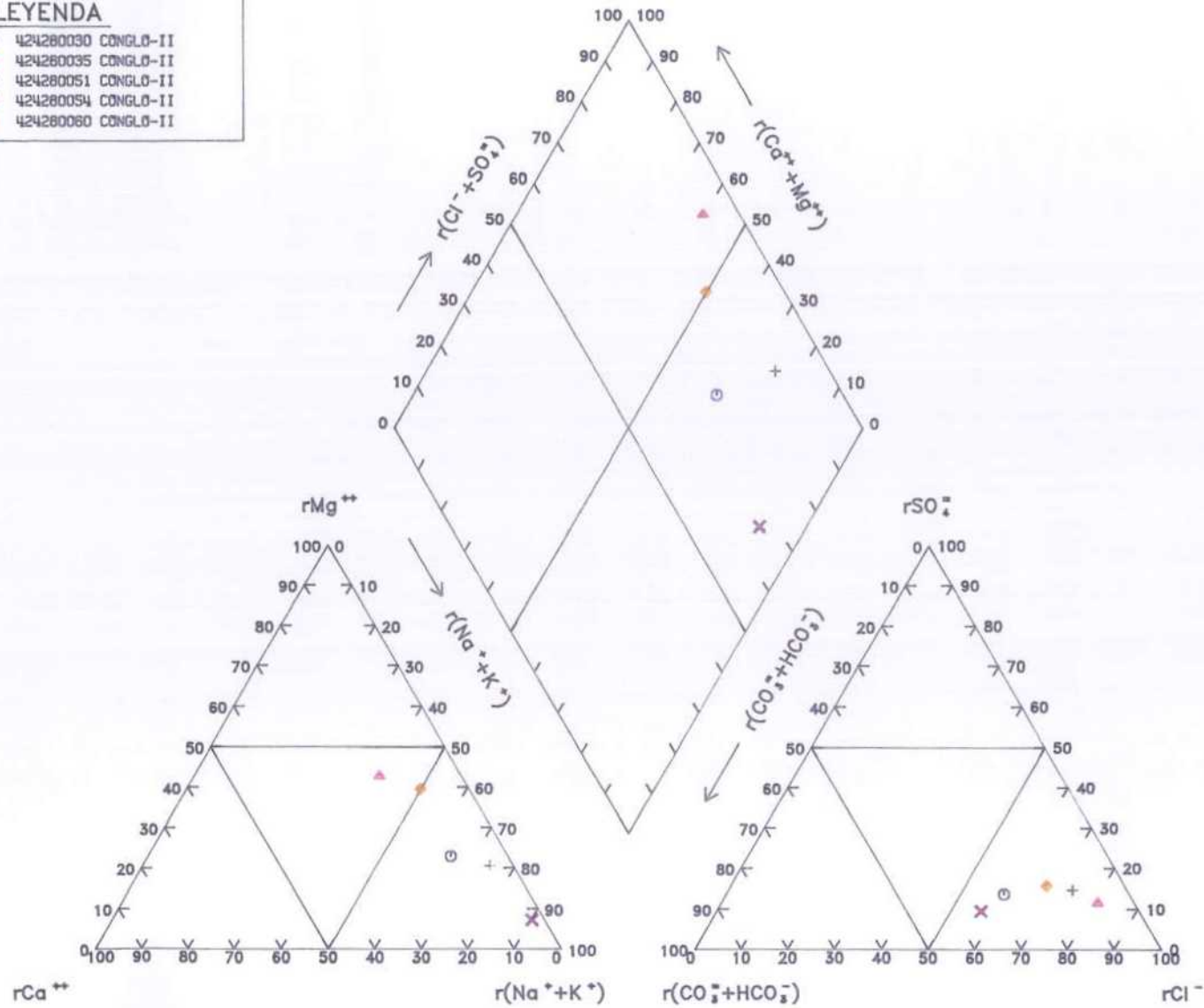
Figura 5.19



Fac. hidroq. de la Form. Detrítica de las Palmas

LEYENDA

- ⊙ 424280030 CONGLO-II
- ▲ 424280035 CONGLO-II
- + 424280051 CONGLO-II
- × 424280054 CONGLO-II
- 424280080 CONGLO-II



57

Figura 5.20

La composición de las aguas subterráneas de los materiales depositados durante el tercer ciclo volcánico (Post Roque-Nublo y Ciclo Reciente) tiene un rango de variación mayor que las del ciclo anterior (Fig. 5.19). A pesar del menor número de muestras se observa el predominio de aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas y la tendencia hacia una participación del ión cloruro, resultando aguas cloruradas sódicas y cloruradas cálcico-magnésicas, sobre todo en el Ciclo Reciente y en los basaltos de la serie Post Roque-Nublo Superior.

En cuanto a las aguas que circulan por la Formación Detrítica de Las Palmas, en las Fig. 5.20 se han clasificado como cloruradas sódicas principalmente, aunque con importancia del ión magnesio en algunos puntos. La proximidad a la costa de estas captaciones hace pensar en la influencia del agua del mar, bien en el agua de recarga o por intrusión en el acuífero.

En el plano nº 1 se ha representado en cada punto estudiado, la litología y la facies hidrogeoquímica correspondientes, la primera con un símbolo diferente para cada Formación y las segundas con el color característico establecido para dichas facies.

Por otra parte, se ha comparado la composición del agua subterránea en todas las formaciones volcánicas consideradas, representando en los diagramas logarítmicos de **Schöeller** dos muestras características de cada formación en varias zonas de la isla (Norte y Este). Es interesante destacar las diferencias encontradas en cada una de ellas (Figs. 5.21 a 5.23).

En general, la composición del agua de una formación no varía significativamente de unas zonas a otras en los materiales basálticos antiguos, las fonolitas del ciclo I y del ciclo Roque-Nublo. No obstante, así como no varían las relaciones entre las especies iónicas disueltas, sí se observa una variación de la salinidad del agua; de manera que las aguas de los Basaltos Antiguos son más salinas en la zona noroeste de la isla (en el área de Agaete)

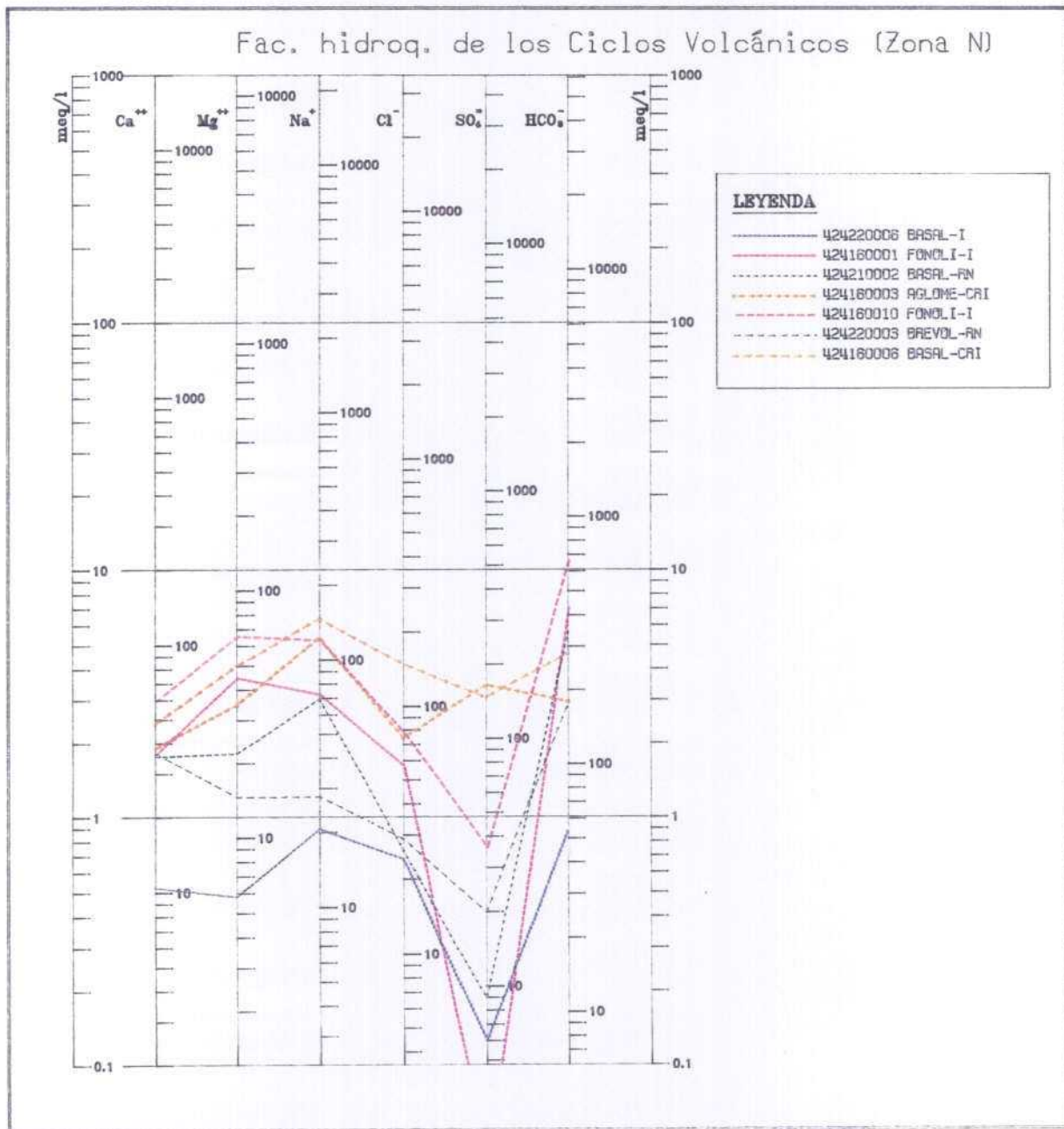


Figura 5.21



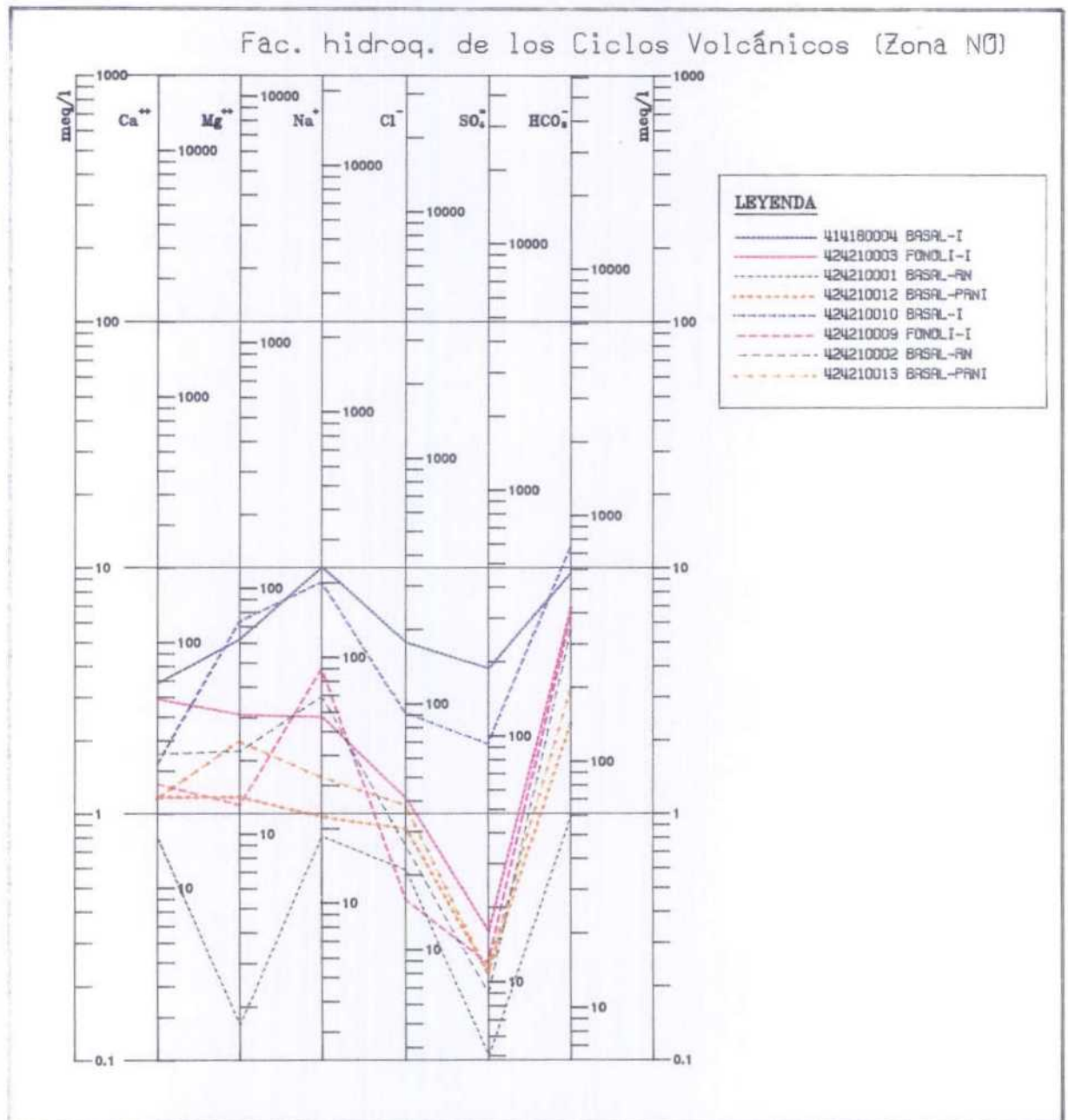


Figura 5.22

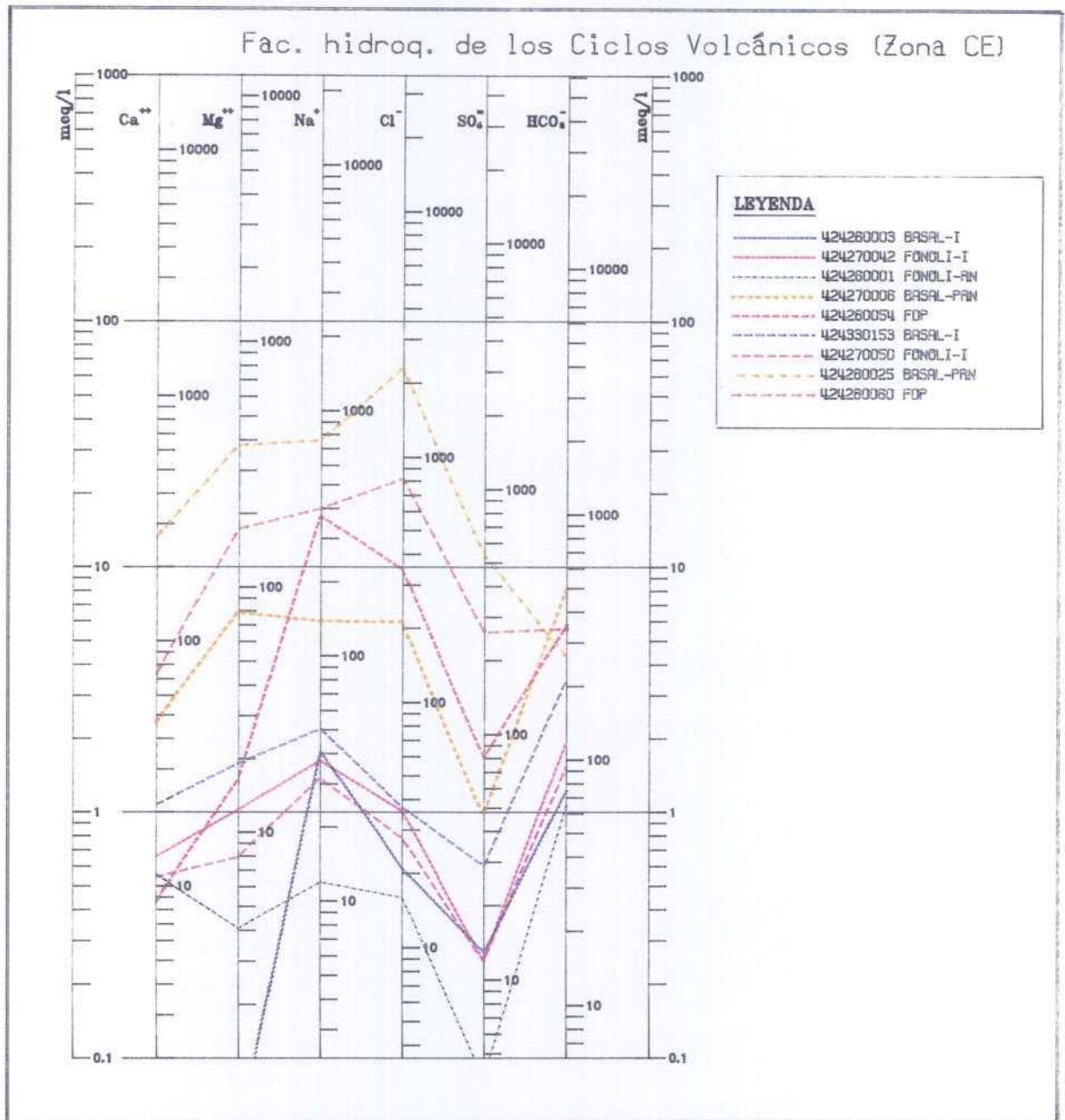


Figura 5.23

(Fig. 5.22), donde, además, tienen mayor contenido en especies disueltas que los otros materiales volcánicos.

El agua que circula por las fonolitas del Ciclo I tienen en todas las zonas mayor salinidad que la que circula por los materiales Roque-Nublo.

Las diferencias más importantes se encuentran en las aguas del tercer ciclo volcánico. Concretamente el agua que circula por los basaltos del ciclo Post Roque-Nublo en la zona Centro Este (al Sur de Telde) son más concentradas en especies disueltas con un contenido mayor en cloruro y sulfatos que las de la zona Noroeste (Figs. 5.23 y 5.22). Sin embargo, en la zona Norte, en los basaltos del Ciclo Reciente, el agua tiene diferente composición que en los basaltos del Post Roque-Nublo, con mayor contenido en sulfatos y menor en cloruros (Fig. 5.21).

También se han calculado algunas relaciones entre los iones disueltos o índices hidrogeoquímicos que pueden indicar ciertas características específicas del agua, guardar relación con el terreno del que procede o indicar la acción de fenómenos modificadores. En el cuadro 5.3 aparecen los índices que se han tenido en cuenta, el rango de variación y los valores medios para cada ciclo volcánico, y en Anexo 1 están todos los valores calculados.

Las aguas analizadas en los Basaltos Antiguos se caracterizan por tener los valores más altos de las relaciones aniónicas  $rCl/rHCO_3$  y  $rSO_4/rCl$  y el más bajo del índice  $rK/rNa$  si se comparan con el resto de las formaciones volcánicas. Todo ello está de acuerdo con las salinidades algo más altas que tienen estas aguas.

Por otra parte, la relación  $rK/rNa$  es, en las aguas que circulan por los Basaltos Antiguos, menor que la característica de la roca (alrededor de 0,24) debido a un aporte adicional de ión sodio y a que el potasio es fácilmente retenido por el terreno.

CUADRO. 5.3.- RANGO DE VARIACION Y VALORES MEDIOS DE ALGUNOS INDICES HIDROGEOQUIMICOS

FORMACION VOLCANICA	INDICES HIDROGEOQUIMICOS																				
	r Mg/r Ca			r Cl/r HCO <sub>3</sub>			r SO <sub>4</sub> /r Cl			r K/r Na			(rMg + rCa)/rNa + rK)			r Na/r Cl			(rNa+rK-rCl)/(rCa+rMg)		
	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media
Basaltos Antiguos	0,62	6	1,86	0,01	6,3	0,77	0,01	0,31	0,13	0,01	0,2	0,05	0,06	3,56	1,27	0,25	12,8	1,49	-0,88	11,8	0,27
Sálica	0,81	15	2,21	0,03	1,59	0,42	0,02	0,18	0,09	0,003	0,32	0,09	0,14	2,87	0,98	0,70	8,64	1,93	-0,44	6,64	0,89
Roque-Nublo	0,17	3,3	1,39	0,004	7,15	0,64	0,02	0,09	0,05	0,05	0,22	0,12	0,45	3,72	1,90	1,15	5,3	2,31	0,11	1,41	0,36
Post Roque Nublo	0,99	2,9	2	0,02	2,69	0,38	0,02	0,23	0,09	0,02	0,17	0,077	0,61	4,96	1,74	0,5	2,8	1,52	-0,69	0,78	0,19
Formación Detrítica de Las Palmas	1,9	3,99	3,05	0,3	1,57	0,93	0,13	0,25	0,18	0,02	0,06	0,036	0,11	1,53	0,71	0,49	1,6	1,02	-0,64	3,76	0,65

(r = meq/l)

La relación  $rMg/rCa$  en el agua puede considerarse del mismo orden a la de la roca, de modo que los procesos modificadores de la composición del agua la han alterado sólo ligeramente hacia un incremento que es significativo sólo de modo puntual, y debido posiblemente a la influencia del agua del mar.

Sin embargo, la relación  $(rMg + rCa)/(rNa + rK)$  es muy inferior a la propia de los basaltos (valor medio 7.6) debido al efecto del aporte adicional de sodio, y a que cuando la salinidad aumenta el Ca y el Mg se ponen en solución con mayor dificultad.

Las aguas subterráneas de las traquitas y fonolitas del Ciclo I se caracterizan por presentar el índice  $rMg/rCa$  más elevado que los otros materiales volcánicos. Dicha relación es mayor que la propia de este tipo de rocas (0,6 y 1,0 según sean fonolitas o traquitas respectivamente). Hay que tener en cuenta que esta relación es el resultado de varias influencias entre las que la litológica no siempre es la dominante. Los valores mayores que 1 suelen estar relacionados con terrenos ricos en silicatos magnésicos, aunque también este índice es mayor bajo la influencia del agua de mar, y procesos de intercambio catiónico.

La relación  $(rMg + rCa)/(rNa + rK)$  es mayor en el agua subterránea que en la roca (valor medio 0,2) y posiblemente sea debido al contenido más elevado en  $CO_2$  de estas aguas (como se dijo en el apartado 5) ya que cuando existen aportes de  $CO_2$  aumenta la solubilidad del calcio y el magnesio. Asimismo, aumenta el grado de interacción roca-agua como señalan los valores más positivos que en los basaltos de la relación  $(rNa + rK - rCl) / (rCa + rMg)$  (este índice elimina el efecto marino en la procedencia del sodio).

Los valores de los índices hidrogeoquímicos obtenidos para los Ciclos II (Roque-Nublo) y III (Post Roque-Nublo) no pueden compararse con los característicos de la roca ya que se han tratado conjuntamente los distintos tipos de materiales volcánicos emitidos y depositados durante estos ciclos. Sin embargo, se observa que en las aguas de

las formaciones Roque-Nublo, la relación entre alcalinotérreos y alcalinos es mayor que en el resto, debido al aumento de solubilidad de los iones calcio y magnesio por efecto del alto contenido en CO<sub>2</sub>. También por este motivo las relaciones  $rNa/rCl$  y  $(rNa + rK - rCl) / (rCa + rMg)$  son mayores que 1 (la primera) y en general positiva (la segunda), dado que la liberación de sodio durante la meteorización de los silicatos es más importante al ser también mayor la agresividad del agua.

Las relaciones iónicas calculadas en las aguas de la Formación Detrítica de Las Palmas ponen de nuevo de manifiesto la importancia de los iones sodio y magnesio frente al calcio  $(rMg + rCa)/(rNa + rK) < 1$  y  $rMg/rCa > 1$ ) y la tendencia al aumento del cloruro frente al bicarbonato, consecuencia de la influencia del agua del mar, ya que la relación  $rNa/rCl$  vale alrededor de 1, similar a la del agua marina (0,9).

Por último, se ha estudiado la posible relación entre la composición química del agua subterránea y la naturaleza litológica de los acuíferos sea cual fuere el ciclo al que pertenecen y, por tanto, independientemente de las unidades hidrogeológicas establecidas. Así, se ha representado la composición química de los puntos estudiados en el diagrama de Piper de la Fig. 5.24, agrupando todos los situados en basaltos (de los 3 ciclos volcánicos), en traquitas, en fonolitas y todos los pertenecientes a formaciones detríticas.

Como se puede observar en dicha figura la dispersión de facies hidroquímicas es similar en todos los grupos, de modo que no se diferencia ningún grupo de los demás, lo que parece indicar que sólo el conocimiento de la composición química del agua en un punto no permite asociarlo a un tipo concreto de materiales.

Sin embargo, como se ha visto anteriormente se ha encontrado una mejor diferenciación de las aguas considerando el ciclo volcánico y las unidades hidrogeológicas a las que pertenecen, por lo que parece más lógico seguir considerando esta agrupación.

# Facies hidroquimicas en Gran Canaria

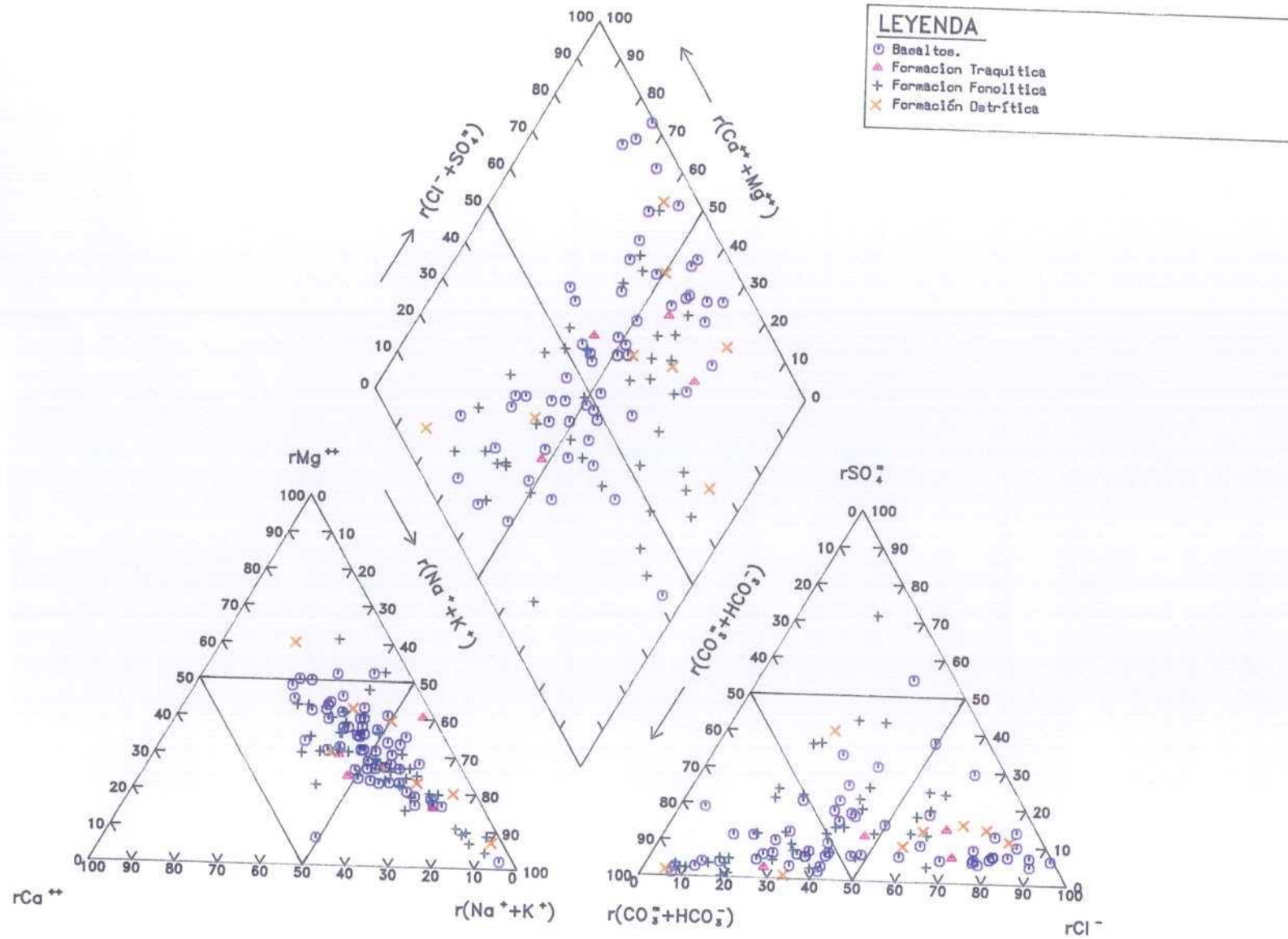


Figura 5.24

#### 5.4.- EVOLUCION EN PROFUNDIDAD DE LA COMPOSICION QUIMICA DEL AGUA

A falta de datos sobre análisis químicos del agua a distintas profundidades en una misma captación, se ha hecho un estudio aproximado de la evolución de la composición química del agua con la profundidad, teniendo en cuenta los datos químicos en distintos puntos de una determinada formación, situados lo más próximos entre sí.

Ha sido posible hacer ésto en los materiales del Ciclo I de los que se tiene más información y donde la homogeneidad litológica es mayor.

Así, de los puntos que captan aguas de los Basaltos Antiguos se han elegido dos zonas, una al Suroeste y otra al Sureste de la isla, en las que se explotan aguas a profundidades menores y mayores respectivamente.

Las Figs. 5.25 y 5.26 corresponden a los diagramas de Schöeller para los puntos seleccionados en esas zonas. En general, se observa menor variabilidad de composición en el Suroeste (Fig. 5.25), para aguas más someras, que en el Sureste para aguas más profundas a las que corresponden salinidades más altas (Fig. 5.26). No obstante, existe la tendencia general a que a mayor profundidad, se produce una inversión de las relaciones  $Mg^{2+}/Na^+$ ,  $Na^+/Cl^-$  y  $SO_4^{2-}/HCO_3^-$ . La primera pasa de ser mayor que 1 a ser menor que 1 a profundidades mayores de 200 m. La relación  $Na^+/Cl^-$  aumenta con la profundidad, pasando a ser mayor que 1, debido al aporte de sodio por procesos de meteorización de silicatos; y por último, la relación  $SO_4^{2-}/HCO_3^-$  disminuye a medida que aumenta la profundidad, (es menor que 1 a más de 200 m) (Fig. 5.26). Las relaciones entre el calcio y el magnesio y entre los cloruros y sulfatos no sufren variación con la profundidad.



En la Fig. 5.25 estas variaciones se observan con más dificultad; reflejándose más claramente las relaciones entre magnesio, sodio y cloruros.

De las captaciones situadas en las fonolitas y traquitas del Ciclo I se han seleccionado las existentes en la zona de Arucas al norte de la isla. La composición química de estas aguas se ha representado en la Fig. 5.27. Se observa una variación de las relaciones  $Mg^{2+}/Na^+$  y  $SO_4^{=}/HCO_3^-$  con la profundidad. La primera tiende a aumentar debido a que es mayor el contenido en  $CO_2$  y por tanto la solubilidad del magnesio, al contrario de lo que ocurre en las aguas de los Basaltos Antiguos; mientras que la segunda disminuye a mayor profundidad igual que sucede en los basaltos. En general, el contenido en sulfatos es menor cuando el agua es captada a mayor profundidad debido a que las condiciones menos oxidantes condicionan una menor oxidación de los sulfuros que pueden existir en la roca y a que la influencia de los posibles aportes externos de sulfatos también es menor.

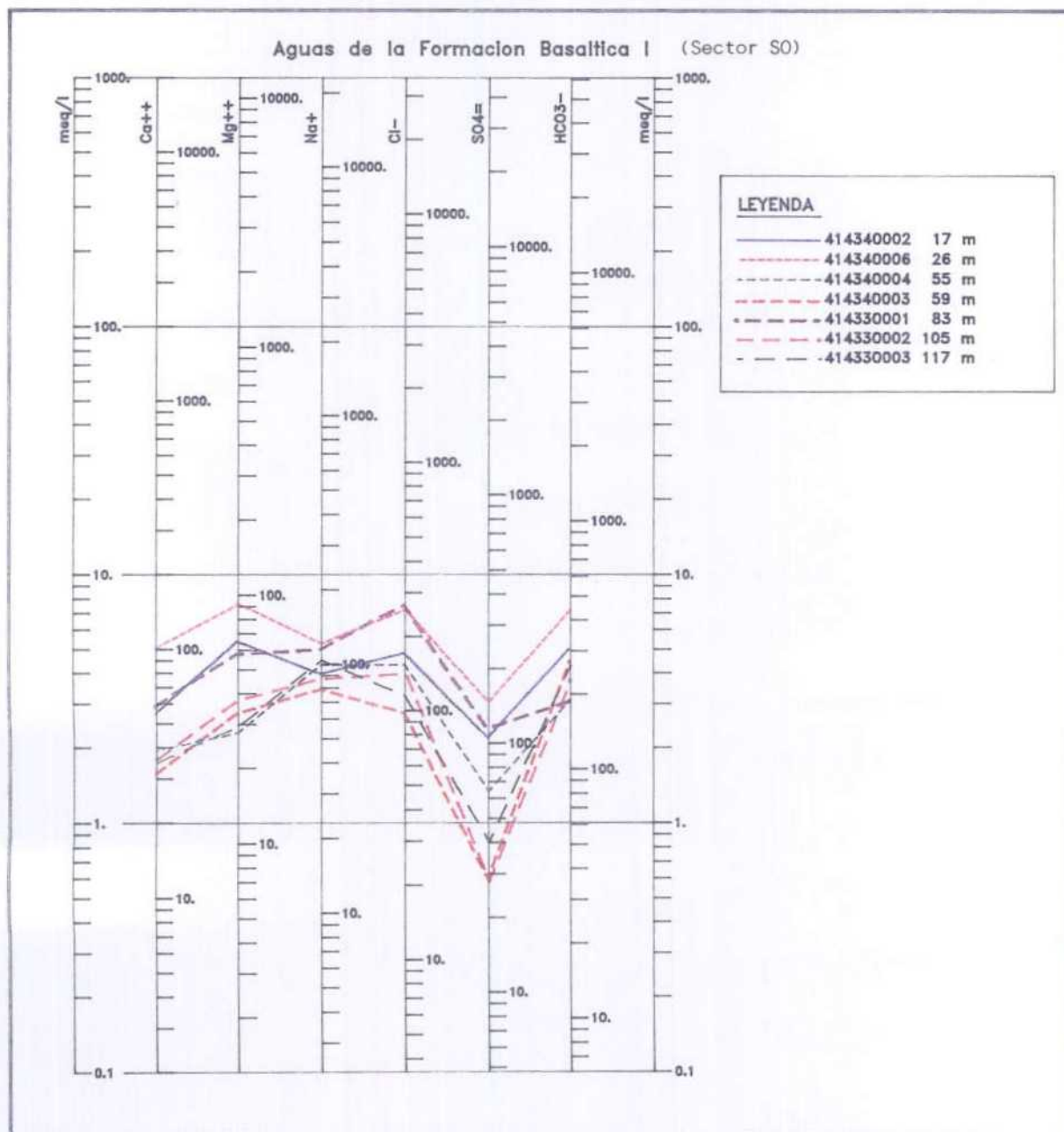


Figura 5.25

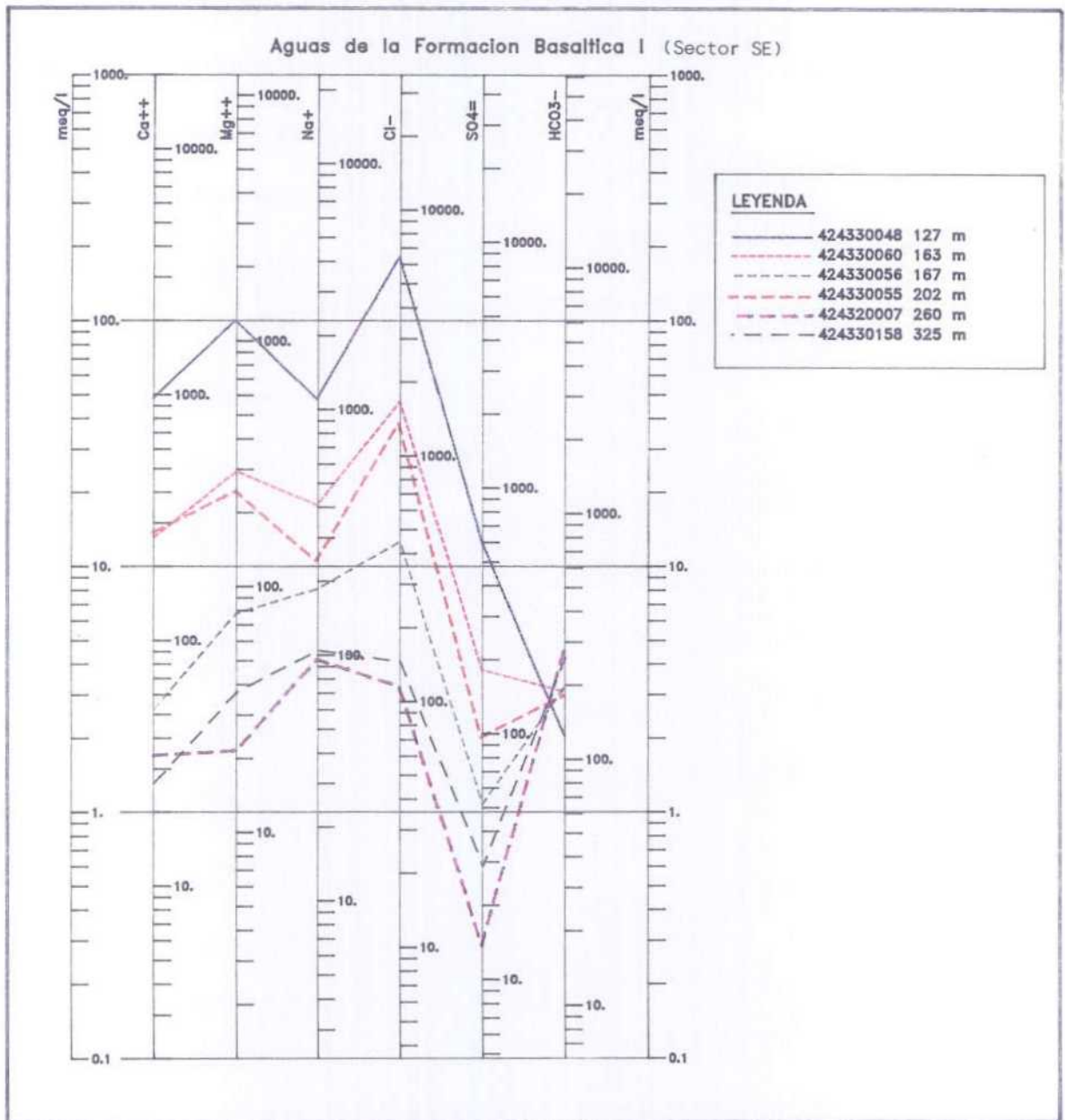


Figura 5.26

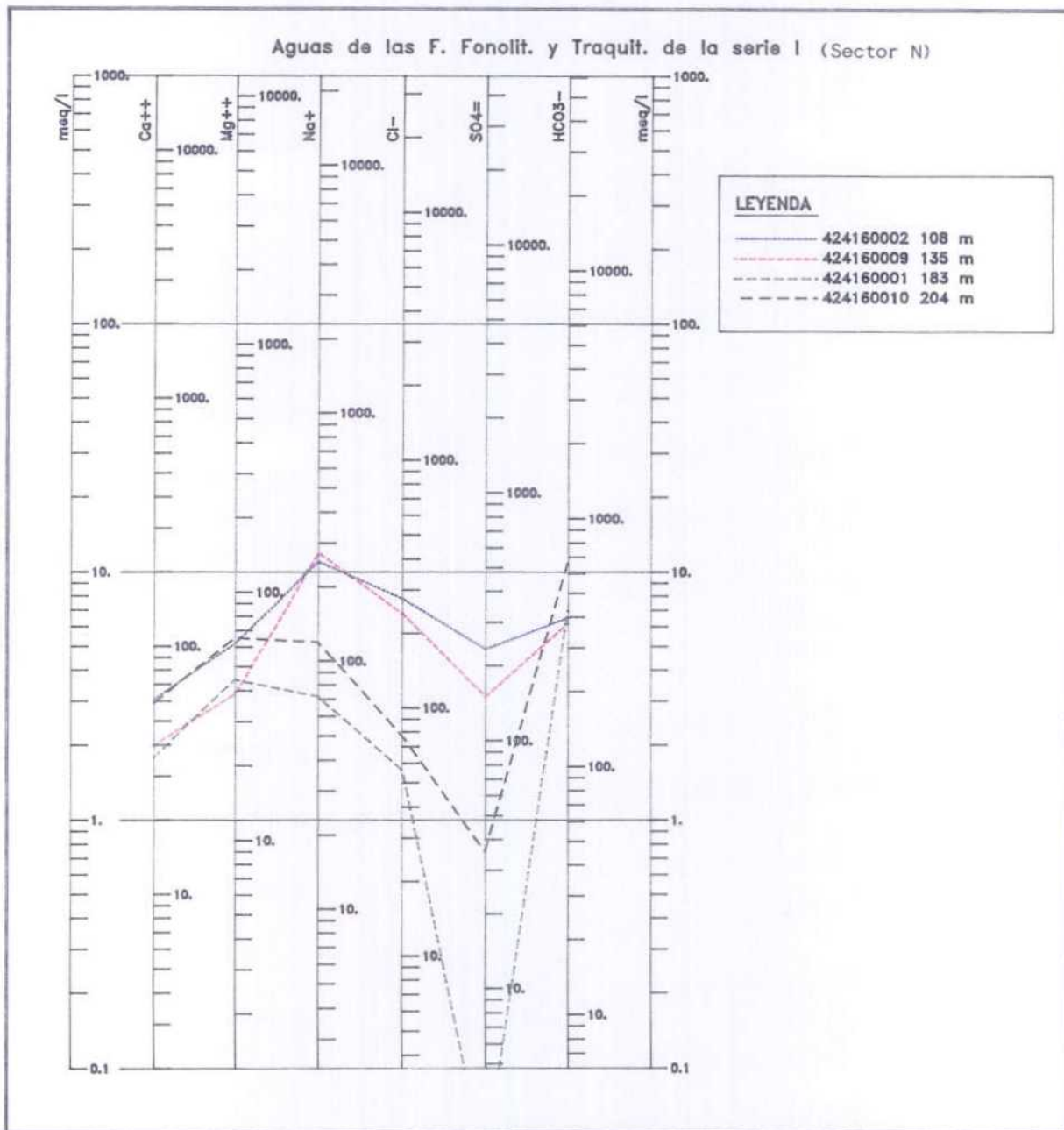


Figura 5.27

## 5.5.- COMPONENTES PRINCIPALES DEL TIPO DE AGUA CARACTERISTICO DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS

Se ha realizado el cálculo de los componentes principales que definen la composición del agua subterránea en las distintas formaciones volcánicas. El método empleado ha sido el Análisis Factorial, mediante el cual se reduce el número total de variables químicas, que explican la composición del agua, a un número menor de variables (o factores) que son combinación lineal de las anteriores, y recogen la mayor parte de la variación o dispersión de los datos.

Así, se han podido comparar los factores obtenidos para las aguas de los Basaltos Antiguos, de las fonolitas y traquitas del Ciclo I y de los materiales del Ciclo Roque-Nublo, de los que se tiene un número suficiente de datos.

Las variables que se han tenido en cuenta son: pH, conductividad, oxígeno disuelto, CO<sub>2</sub>, cloruro, sulfato, bicarbonato, sodio, potasio, calcio, magnesio y sílice.

Para las aguas subterráneas de los **Basaltos Antiguos** los tres primeros factores de los calculados explican aproximadamente el 92 % de la varianza total (Cuadro 5.4).

Cada una de estas nuevas variables está asociada a determinadas variables fisico-químicas correlacionadas entre sí, cuya importancia en cada factor viene dada por los coeficientes del Cuadro 5.5. Según estos valores, existe un factor que explica la mayor parte de la varianza y que está relacionado con la conductividad y el contenido en cloruro, sodio, potasio, calcio y magnesio, que pueden tener un origen común (litológico + efecto del agua del mar), y son los que condicionan la mineralización del agua. El segundo factor

relaciona el contenido en bicarbonato y en  $\text{CO}_2$  (gas que procede fundamentalmente del  $\text{CO}_2$  del suelo y del atmosférico), también el contenido en sílice se asocia con estas especies, de modo que todos ellos pueden estar ligados por el proceso de hidrólisis de los silicatos que forman la roca. El tercer factor está referido a la variación del contenido en sulfatos, producida por mecanismos diferentes a los que aportan las otras especies, por ejemplo oxidación de sulfuros o aportes superficiales.

Se han encontrado diferencias en los resultados obtenidos para las aguas de las Traquitas y Fonolitas del Ciclo I. Los tres primeros factores explican un porcentaje similar de la varianza al caso anterior (Cuadro 5.6), sin embargo agrupan a distintas variables. El primero relaciona la variación de la conductividad con la variación en el contenido en sulfatos, bicarbonatos, sodio y potasio, mientras que el magnesio se relaciona en el segundo factor más con el calcio y el cloruro que con el resto; y el tercero representa los cambios de pH y del contenido en gases disueltos, como el  $\text{CO}_2$ , que puede proceder de aportes volcánicos (cuadro 5.7) .

Por último, los resultados para las aguas de los materiales **Roque-Nublo** indican que el 89 % de la varianza total (cuadro 5.8) está explicada por 3 factores que se identifican con las siguientes variables químicas: el factor 1 relaciona la conductividad del agua con el contenido en cloruro, sulfatos, sodio, potasio, calcio y magnesio, quedando el contenido en ion bicarbonato explicado por el tercer factor, que incluye también la sílice (cuadro 5.9).

Una relación similar a la encontrada en la formación sálica se ha puesto de manifiesto entre el pH y el contenido en  $\text{CO}_2$  disuelto, en un factor independiente (2) lo que indica también un aporte adicional de  $\text{CO}_2$  de origen volcánico que no está ligado al aporte de otras especies en disolución.

Las principales diferencias entre los tres grupos existen en las relaciones entre el origen de algunos iones mayoritarios. En los Basaltos Antiguos los sulfatos pueden tener

un origen diferente al resto de las especies, posiblemente la oxidación de sulfuros sea más importante en estos materiales. Sin embargo, en las traquitas y fonolitas del Ciclo I es el magnesio la especie que tiene un origen diferente, asociado al del calcio y el cloruro.

**CUADRO 5.4. AUTOVALORES Y PORCENTAJE DE LA VARIANZA EXPLICADA POR LOS FACTORES. AGUAS DE LOS BASALTOS ANTIGUOS**

FACTOR	AUTOVA- LORES	VARIANZA EXPLICADA (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
1	5,93	60,7	60,7
2	1,96	20,0	80,8
3	1,06	10,9	91,6
4	0,51	5,3	96,9
5	0,13	1,4	98,3
6	0,11	1,1	99,5
7	0,04	0,5	100,0
8	0,00	0,0	100,0
9	-0,001	0,0	100,0
10	-0,004	0,0	100,0
11	-0,03	0,0	100,0
12	-0,13	0,0	100,0

**CUADRO 5.5. PESOS O COEFICIENTES DE LAS VARIABLES EN LOS 3 PRIMEROS FACTORES ROTADOS. AGUAS DE LOS BASALTOS ANTIGUOS**

VARIABLE	FACTORES		
	1	2	3
pH	-0,14	-0,48	-0,08
Conductividad	0,95	0,10	0,21
Oxígeno	-0,12	-0,42	0,33
CO <sub>2</sub>	0,01	0,75	-0,13
Cloruro	0,99	0,02	0,00
Sulfatos	0,37	0,06	0,87
Bicarbonatos	-0,20	0,78	0,28
Sodio	0,82	-0,01	0,50
Potasio	0,93	0,13	-0,02
Calcio	0,97	0,14	0,08
Magnesio	0,97	0,14	0,11
Sílice	0,16	0,60	-0,03



**CUADRO 5.6. AUTOVALORES Y PORCENTAJE DE LA VARIANZA EXPLICADA POR LOS FACTORES. AGUAS DE LAS FONOLITAS Y TRAQUITAS DEL CICLO I**

FACTOR	AUTOVALORES	VARIANZA EXPLICADA (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
1	6,57	63,2	63,2
2	2,06	19,8	83,0
3	1,04	10,0	93,0
4	0,34	3,3	96,3
5	0,14	1,4	97,7
6	0,12	1,2	98,9
7	0,05	0,5	99,4
8	0,03	0,3	99,8
9	0,02	0,2	100,0
10	-0,006	0,0	100,0
11	-0,05	0,0	100,0
12	-0,6	0,0	100,0

**CUADRO 5.7. PESOS O COEFICIENTES DE LAS VARIABLES EN LOS 3 PRIMEROS FACTORES ROTADOS. AGUAS DE LAS FONOLITAS Y TRAQUITAS DEL CICLO I**

VARIABLE	FACTORES		
	1	2	3
pH	-0,37	-0,12	-0,77
Conductividad	0,79	0,56	0,02
Oxígeno	-0,26	-0,10	-0,77
CO <sub>2</sub>	0,55	0,18	0,76
Cloruro	0,57	0,76	-0,20
Sulfatos	0,95	0,19	0,07
Bicarbonatos	0,72	0,34	0,53
Sodio	0,94	0,24	0,12
Potasio	0,67	0,18	0,16
Calcio	0,49	0,72	0,15
Magnesio	0,11	0,94	0,20
Silice	0,20	-0,10	0,59

**CUADRO 5.8. AUTOVALORES Y PORCENTAJE DE LA VARIANZA EXPLICADA POR LOS FACTORES. AGUAS DE LOS MATERIALES ROQUE-NUBLO**

FACTOR	AUTOVA- LORES	VARIANZA EXPLICADA (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
1	5,70	48,0	48,0
2	3,74	31,5	79,4
3	1,10	9,3	88,7
4	0,63	5,3	94,0
5	0,42	3,6	97,6
6	0,13	1,2	98,7
7	0,08	0,7	99,5
8	0,05	0,4	99,9
9	0,007	0,1	100,0
10	0,001	0,0	100,0
11	-0,0004	0,0	100,0
12	-0,004	0,0	100,0

**CUADRO 5.9. PESOS O COEFICIENTES DE LAS VARIABLES EN LOS 3 PRIMEROS FACTORES ROTADOS. AGUAS DE LOS MATERIALES ROQUE-NUBLO**

VARIABLE	FACTORES		
	1	2	3
pH	0,10	0,96	-0,04
Conductividad	0,95	-0,007	0,19
Oxígeno	-0,05	0,93	-0,08
CO <sub>2</sub>	0,06	-0,83	0,33
Cloruro	0,91	0,09	0,07
Sulfatos	0,75	0,10	-0,63
Bicarbonatos	0,46	-0,27	0,78
Sodio	0,88	0,26	0,04
Potasio	0,90	0,06	-0,34
Calcio	0,89	-0,21	0,08
Magnesio	0,85	-0,26	0,21
Silice	-0,05	-0,57	0,60

**6.- CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA DE LOS ACUIFEROS**  
**DE LA ISLA DEL HIERRO**

## **6.1.- RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS GENERALES.**

### **MARCOS GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO**

#### **6.1.1.- Características generales. Climatología e hidrología**

La isla de El Hierro es la más meridional y occidental del Archipiélago Canario; ocupa una superficie de 270 km<sup>2</sup> y es la menos poblada de las islas Canarias, contando con unos 7.300 habitantes en 1990. Su economía está centrada en la agricultura de secano y la ganadería principalmente.

La isla tiene forma triangular con los vértices orientados al NE, SSE y ONO. El lado NO incluye al accidente más singular de su morfología, el escarpe de El Golfo, en forma de arco, con 1.200 m de desnivel entre las cimas más acusadas y la semillanura a nivel del mar.

Esta morfología está relacionada con la formación de la isla a partir de una sucesiva acumulación de material emitido a través de tres zonas, conocidas como Ejes Estructurales, que coinciden con los vértices del triángulo.

Su origen volcánico, los altos desniveles y la disposición del relieve dan a la isla una apariencia de gran caldera derruida por la parte septentrional, con una altitud máxima de 1.501 m.

Su particular orografía determina la distribución de los distintos fenómenos climáticos. Las franjas costeras orientadas al Oeste presentan las situaciones más áridas de la isla, con precipitaciones inferiores a 200 mm/año. En la zona NNE se registran los totales pluviométricos más altos, con valores que oscilan entre 300 mm en la costa y 700 en la meseta de Nisdafe. La ladera SW de la isla es más seca, en ella las precipitaciones descienden bruscamente desde los 500 mm en la cumbre a cantidades inferiores a 200 mm en la costa.

Considerando la pluviometría media anual, en el estudio SPA-15 se dan valores de 390 mm (105 hm<sup>3</sup>/año), y en el Avance del Plan Hidrológico se obtiene una lluvia media de 353 mm/año (95 hm<sup>3</sup>/año).

Estas precipitaciones determinan unas zonas climáticas desde húmedas (por encima de la cota 800 m) a semiáridas (por debajo de 200 m).

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 13,1°C a 1.360 m y 23,6°C a 100 m de altitud.

A las lluvias ordinarias hay que añadir los aportes hídricos precedentes de la condensación de las nieblas que se denomina "precipitación horizontal", cuya cuantificación no es todavía lo suficientemente fiable.

Los valores de la evapotranspiración obtenidos en los dos proyectos mencionados anteriormente oscilan entre 257 mm/año (69,5 hm<sup>3</sup>/año) y 304 mm/año (82 hm<sup>3</sup>/año).

En definitiva, la escorrentía se puede estimar en unos 0,3 a 3 hm<sup>3</sup>/año y la infiltración supone el 20,5 a 26,6 % de la precipitación, es decir entre 21 y 25,4 hm<sup>3</sup>/año.

### **6.1.2.- Marco geológico**

La isla de El Hierro está constituida por materiales volcánicos que presentan variaciones composicionales mucho menores que en el resto del archipiélago; son fundamentalmente basaltos, con algunos traquibasaltos asociados, que dan productos (lavas, piroclastos y diques) muy similares. Las lavas jóvenes suelen ser vacuolares, con fuerte proporción de escorias muy porosas en la base y techo de cada colada. Estas

propiedades se van modificando con el tiempo, y a medida que se acumula mayor volumen de productos sobre ellos disminuye la porosidad original.

Casi todos los autores coinciden en diferenciar una serie de materiales antiguos y otra moderna, pero no se ha establecido hasta el momento una secuencia estratigráfica satisfactoria, debido a la ausencia de niveles guía sobre los que basar las correlaciones, a la monotonía de los tipos de roca y a la escasez e imprecisión de las dataciones absolutas.

Según la estratigrafía definida para el Avance del Plan Hidrológico, se han diferenciado los siguientes niveles:

- Serie Antigua 1 (SA1). Constituida por conos de escoria y lapilli de naturaleza basáltica, interestratificados con lavas también basálticas. La alteración de estos materiales se puede calificar de moderada a intensa, más acentuada en los piroclastos que han perdido la mayor parte del volumen de huecos inicial.

Esta serie, con un espesor de 500 m, aflora en los niveles más bajos de los acantilados de El Golfo y Las Playas.

- Serie Antigua 2 (SA2). De composición exclusivamente basáltica con predominio de las lavas sobre los piroclastos, tiene un espesor de unos 350 m y aflora en las paredes de los escarpes de El Golfo y Las Playas y al sur de Valverde.

La presencia mayoritaria de lavas y la disposición periclinal observada, indican una actividad volcánica más centralizada, con desarrollo de un estratovolcán basáltico principal en la zona de cumbres, con erupciones frecuentes y voluminosas; mientras que en el resto de la Isla, el volcanismo sería de tipo fisural (con producción de conos de escoria y lavas menos voluminosas) y estaría concentrado sobre los ejes estructurales.

- Serie Antigua 3 (SA3). Con un espesor de unos 425 m, está constituido fundamentalmente por lavas, y presenta mayor diversidad composicional que el tramo anterior, con aparición de traquibasaltos y traquitas, en una secuencia gradual que indicaría el final de la formación del estratovolcán centralizado.

Las emisiones fueron menores y más espaciadas, permitiendo la diferenciación química. En los puntos alejados del edificio central las manifestaciones siguen siendo de tipo fisural, basálticas y con producción de conos de escoria.

- Serie Moderna. Los materiales de esta serie, cuya potencia no supera los 100 m, ocupan prácticamente toda la superficie insular. Son lavas y piroclastos recientes sin cambios composicionales significativos ni discordancias.

Se produce durante este periodo la formación de la Depresión de El Golfo, modificando el sistema de emisión con un aumento de la actividad y rápida acumulación de lavas básicas. Se puede distinguir, por tanto, una serie de lavas y piroclastos emitidos después de la formación de la Depresión (materiales Post-Golfo) y los que ocupan el resto de la isla, que constituyen la serie Moderna Indiferenciada.

#### 6.1.3.- Marco hidrogeológico

El comportamiento hidrogeológico de las unidades descritas en el apartado anterior, en función de su naturaleza y su disposición, se resume a continuación:

- Los materiales de la Serie Antigua 1 han sufrido el efecto de la compactación, sobre todo en los piroclastos, que han perdido la mayor parte de los huecos, por lo que su permeabilidad es muy baja en relación con las lavas que conservan su baja permeabilidad inicial, mejorada por la fracturación secundaria.

- Los materiales de las Series Antiguas SA2 y SA3, que se consideran un conjunto desde el punto de vista hidrogeológico, han sufrido una alteración posterior baja y una compactación prácticamente nula, conservándose una buena proporción de huecos conectados, lo que les confiere una permeabilidad global alta, sólo atenuada por los niveles piroclásticos.
- Por último, los materiales de la Serie Moderna, no han experimentado alteración ni compactación, y constituyen una formación extraordinariamente permeable.

Las características hidrogeológicas de estas unidades están modificadas por la existencia de diques (que pueden actuar como barreras impermeables o como zonas fracturadas de preferente circulación), por la fracturación secundaria, que afecta a los diques condicionando su comportamiento, y por las particularidades hidrogeológicas derivadas de la formación de la Depresión de El Golfo.

En conjunto, la circulación subterránea en la isla se puede considerar preferentemente radial en las direcciones de los ejes estructurales.

Respecto a los parámetros hidrogeológicos, los valores de la transmisividad, calculados en estudios anteriores son muy dispares, desde 5-20 m<sup>2</sup>/día hasta 5.000 m<sup>2</sup>/día, para la Serie Antigua 1. Los valores de permeabilidad están fuertemente afectados por la consolidación, fracturación y la intrusión de diques, siendo para los basaltos antiguos menor de 1 m/día, mientras que en los modernos los valores oscilan entre 10 m/día y 500 m/día.

El Instituto Tecnológico Geominero de España tiene inventariados 64 puntos de agua en toda la isla, la mayoría sondeos (de 100-150 m de profundidad) y pozos con galería, la mayor parte situados en la zona de El Golfo.



## 6.2.- COMPORTAMIENTO DE LOS CONSTITUYENTES DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS DISTINTAS FORMACIONES VOLCANICAS

La información hidrogeoquímica disponible corresponde a puntos que captan aguas de los materiales volcánicos de las tres Series Antiguas que se han distinguido en la isla. Las diferencias composicionales que existen entre estos materiales son pequeñas, presentando mayor diversidad los que forman la Serie Antigua 3, en la que, además de basaltos, existen traquibasaltos y traquitas. Así, el factor cronológico es el principal diferenciador de las unidades hidrogeológicas.

El número de puntos considerados ha sido 24, que son de los que se dispone de información hidrogeoquímica. La situación de estos puntos aparece en el plano nº2.

En el Anexo 2 se incluye el listado de estos puntos, anotándose datos referentes a sus características constructivas, hidrogeológicas e hidroquímicas.

Con el fin de establecer algunas relaciones entre las unidades hidrogeológicas y el comportamiento de los constituyentes del agua subterránea, se ha realizado un análisis estadístico por grupos de las variables físico-químicas.

Por un lado, se han calculado los parámetros estadísticos más significativos en las tres formaciones cuyos resultados se recogen en el cuadro 6.1.

Comparando los valores medios de las variables físico-químicas, se observa que las aguas de la **Serie Antigua 1 (SA1)** tienen una salinidad menor que el resto, correspondiéndole una conductividad media de  $1.139 \mu\text{S/cm}$ . También el contenido en sulfatos, bicarbonatos, sodio, potasio, calcio y magnesio es más bajo que en series más modernas.

El pH medio de estas aguas está próximo a la neutralidad, aunque puntualmente se observan pH más básicos, cercanos a 8, y el contenido medio en CO<sub>2</sub> está en el rango normal en aguas subterráneas; sin embargo, de modo puntual se encuentran valores de 60 mg/l, que pueden indicar cierto aporte de gases volcánicos.

Las aguas de la **Serie Antigua 2** tienen una salinidad intermedia entre las anteriores y la Serie 3, caracterizándose por el contenido medio más elevado en calcio y magnesio. También puntualmente se han medido contenidos en CO<sub>2</sub> de 95 mg/l, por lo que no se descartan los aportes de CO<sub>2</sub> volcánico a través de fisuras, procedentes de los gases atrapados en las propias formaciones volcánicas, o generado en las cámaras magmáticas aún activas o en proceso de enfriamiento.

Estos contenidos en CO<sub>2</sub> más altos condicionan el que existan puntualmente pH más bajos y que el pH medio sea menor que para las otras formaciones.

Las aguas subterráneas de la **Serie Antigua 3** tienen la conductividad media más alta (1930  $\mu$ S/cm), aún excluyendo los valores extremos (más de 15.000  $\mu$ S/cm) que están relacionados con procesos de intrusión marina.

Sin considerar los valores extremos, para las otras variables, en estas aguas se han determinado los contenidos más altos en todos los iones mayoritarios, excepto calcio y magnesio.

Además, el contenido medio de CO<sub>2</sub> es bajo y no existen valores puntuales altos que indiquen aportes volcánicos.

No existen diferencias significativas en la temperatura media del agua en las tres series, sin embargo, en la Serie Antigua 2 se alcanzan valores puntuales más altos y más bajos, lo cual indica zonas de circulación más profunda o más lenta y otros puntos en los que el agua tiene un recorrido más corto en el acuífero, respectivamente.

**CUADRO 6.1.- RESUMEN DE PARAMETROS ESTADISTICOS EN LAS SERIES VOLCANICAS DE LA ISLA DE EL HIERRO**

VARIABLES	MAXIMO			MINIMO			MEDIA			DESVIACION TIPICA		
	S A 1	S A 2	S A 3	S A 1	S A 2	S A 3	S A 1	S A 2	S A 3	S A 1	S A 2	S A 3
Temperatura (°C)	21	25	21,5	18,3	9	17,1	19,9	19,2	19,4	1,06	5,1	2,2
Conduct. (µS/cm)	1.715	3.310	15.300	391	320	1.050	1.139	1.698	1.930	521	1.112	827
pH .....	7,9	7,9	7,7	6,5	5,4	6,5	7,17	6,8	7,24	0,58	0,79	0,47
O <sub>2</sub> (mg/l) .....	9	9	10	7	2	5	7,6	6,2	8	0,89	2,9	2,6
CO <sub>2</sub> (mg/l) ....	60	95	15	10	5	10	29	31	13	19,8	42	2,9
TAC (°F) .....	58	49	121	17	3	14	35,6	25,2	50	19,6	19	61
Cl <sup>-</sup> (mg/l) ....	429	820	4.989	33	55	408	185	153	471	158	98	53
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l) ...	109	328	898	14	16	67	58	79	104	37	50	67
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) ..	596	1.321	1.430	141	17	111	300	494	538	185	456	573
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) ...	39	20	9	1	0	0	12	3	1,6	13	3,5	1,1
Na <sup>+</sup> (mg/l) ....	310	450	3.050	68	32	250	174	215	319	78	144	103
K <sup>+</sup> (mg/l) .....	30	96	132	5	2	19	13,5	19	33,6	7,9	11	9,5
Ca <sup>2+</sup> (mg/l) ...	35	100	180	4	6	19	17,2	44	27,6	9,8	37	9,6
Mg <sup>2+</sup> (mg/l) ...	95	180	500	8	6	48	35	77	71	28	65	44
SiO <sub>2</sub> (mg/l) ...	--	--	--	-	-	--	--	--	--	--	--	--

Por lo general, en las tres formaciones existen puntos donde el agua tiene pH básicos, próximos a 8, en los que ya se ha consumido el CO<sub>2</sub> agresivo que pudo haber sido incorporado a partir de la actividad volcánica.

El contenido medio en oxígeno disuelto es alto, mayor de 6 ppm, como se ha observado en otras islas del Archipiélago, consecuencia de que en el agua de infiltración y en el terreno hay escasez de reductores (poca importancia de la actividad biológica en el suelo y ausencia de iones fácilmente oxidables respectivamente).

Los contenidos de oxígeno bajos, que aparecen puntualmente, están relacionados con contenidos altos en bicarbonatos y circulaciones más profundas.

También se han comparado gráficamente los resultados estadísticos en los tres grupos mediante las curvas de densidad y los diagramas de caja correspondientes (figs. 6.1 a 6.10); sólo se han representado aquellas variables en las que el número de datos es suficiente.

En la fig. 6.1 se observan las diferencias en la distribución de la **conductividad**, que es menor para los basaltos de la Serie Antigua 1 y aumenta en las Series 2 y 3.

El **pH** (fig. 6.2) varía en las aguas de la Serie Antigua 2 en un rango más amplio que en los otros materiales, registrándose valores más bajos que condicionan un pH medio inferior al resto.

En cuanto a los aniones mayoritarios, el contenido en **cloruros** del agua de la Serie Antigua 3 se distribuye de manera claramente diferente (fig. 6.3) con un estrecho rango de variación y valores más altos que las Series anteriores.

El contenido en **sulfatos** (fig. 6.4) también se distribuye en un rango más amplio de valores, en general más altos, en las aguas de la Serie Antigua 3, correspondiendo la variación entre valores más bajos a las aguas de la Serie Antigua 1.

En cuanto al contenido en **bicarbonatos** (fig. 6.5), se diferencian las aguas de la Serie 1 por su variación más estrecha y valores inferiores a las series posteriores.

Considerando los componentes alcalinos, el **sodio** y el **potasio** varían de modo similar en los tres grupos (figs. 6.7 y 6.8 respectivamente), aumentando los contenidos desde la Serie 1 hasta la 3.

Respecto a los iones alcalinotérreos, el **calcio** se distribuye de manera significativamente distinta en las aguas de la Serie Antigua 2, variando en un rango más amplio y con valores más altos (fig. 6.9). También los contenidos en las aguas de la Serie 3 son más elevados que en las de la Serie 1. Sin embargo, el contenido en **magnesio** (fig. 6.10) se distribuye entre valores más altos en las aguas de la Serie 2, aunque la diferencia con las aguas de la Serie 3 es pequeña.

Por último, el contenido en **nitratos** del agua subterránea (fig. 6.6) es muy diferente en las tres series volcánicas consideradas. Se han medido valores bajos y variando en un estrecho intervalo en las aguas de la Serie 3; valores algo más altos, pero, por lo general, menos de 10 mg/l, corresponden a la Serie 2, y los contenidos más altos se han determinado en las aguas de la Serie 1, aunque siempre inferiores a 50 mg/l. En cualquier caso, la presencia de esta especie se debe a la influencia de las actividades agrícolas y ganaderas (base de la economía de la isla).

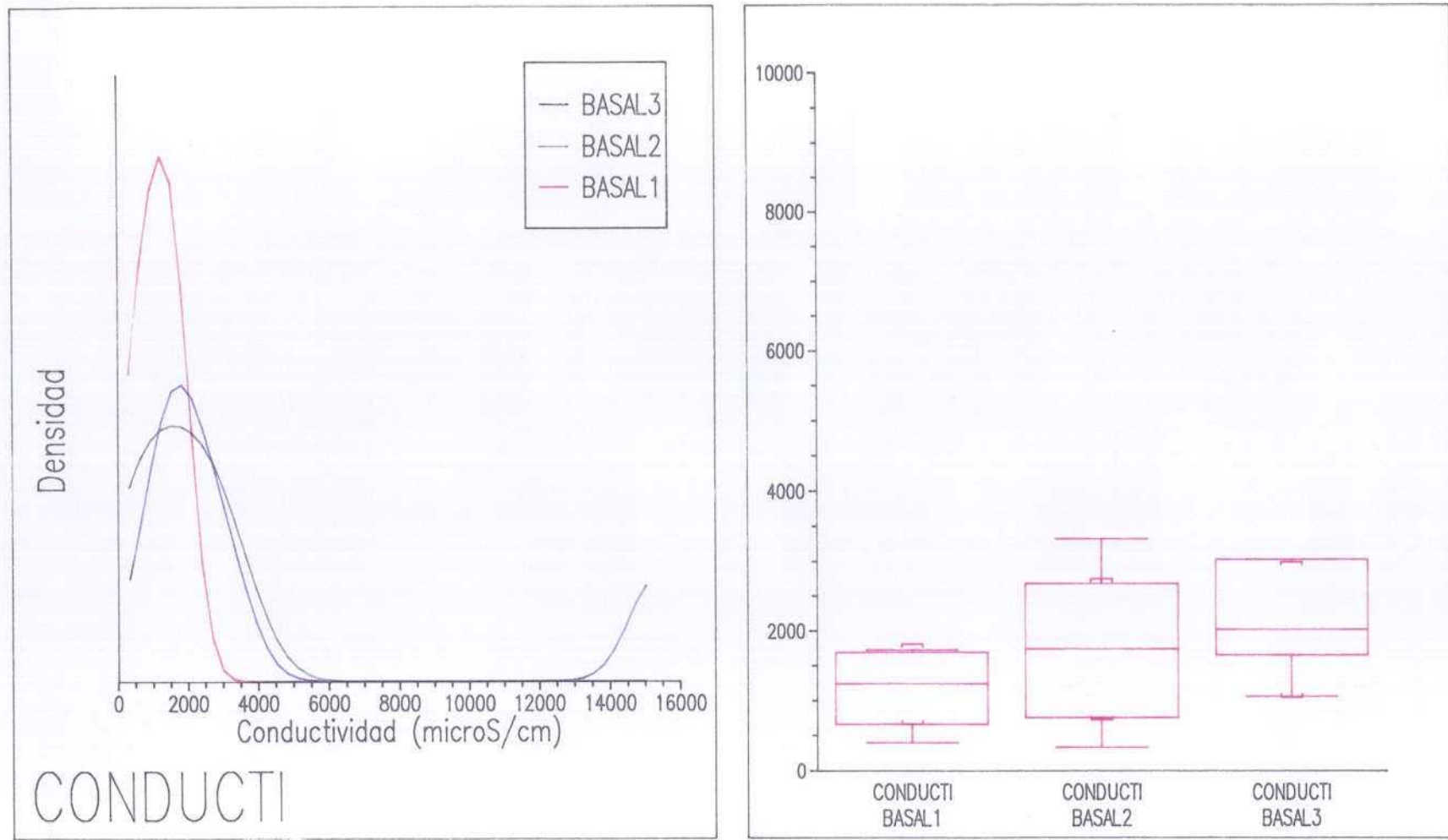


Figura 6.1

06

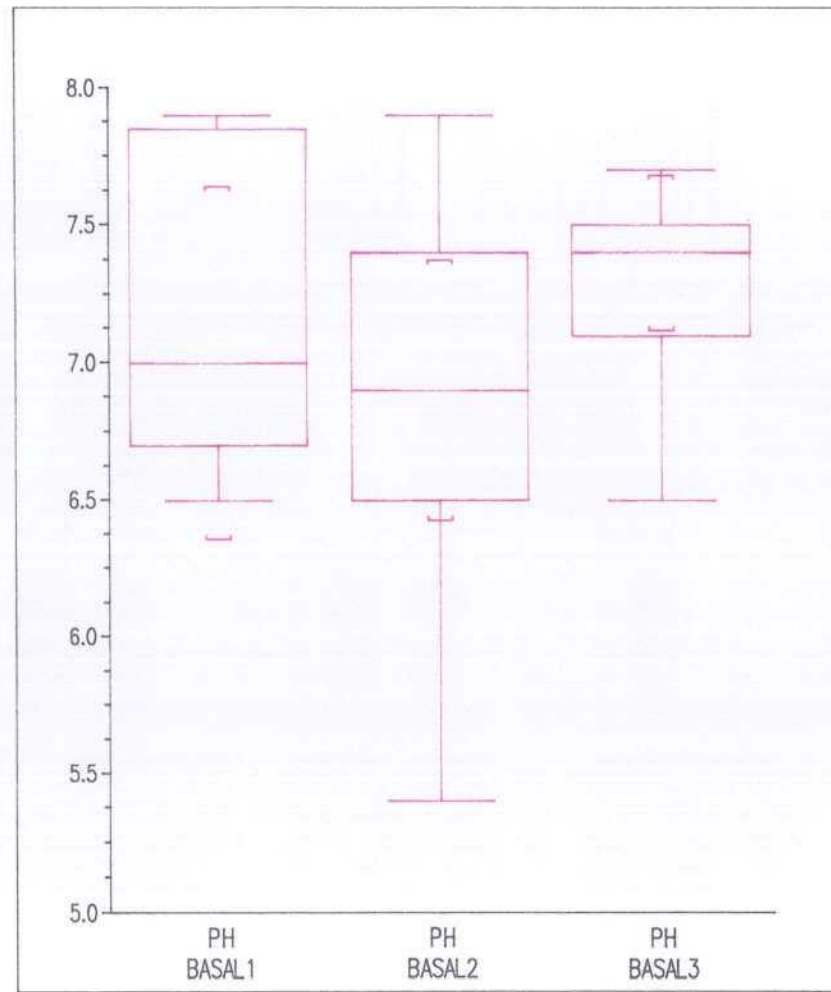
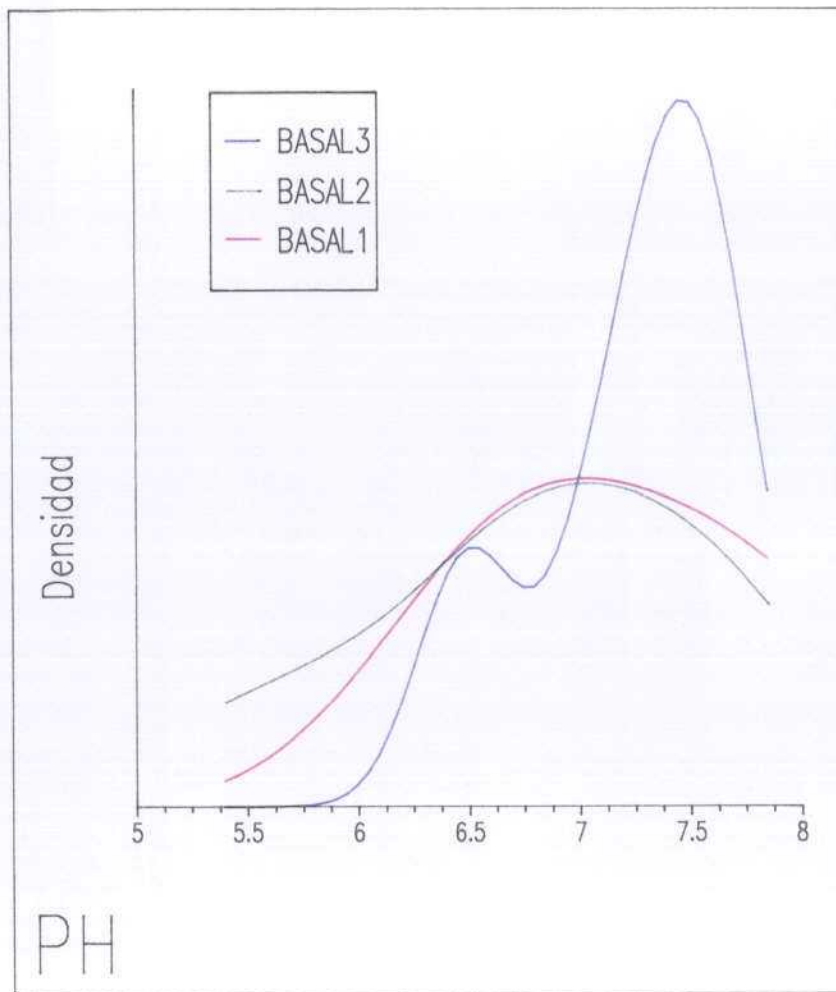


Figura 6.2

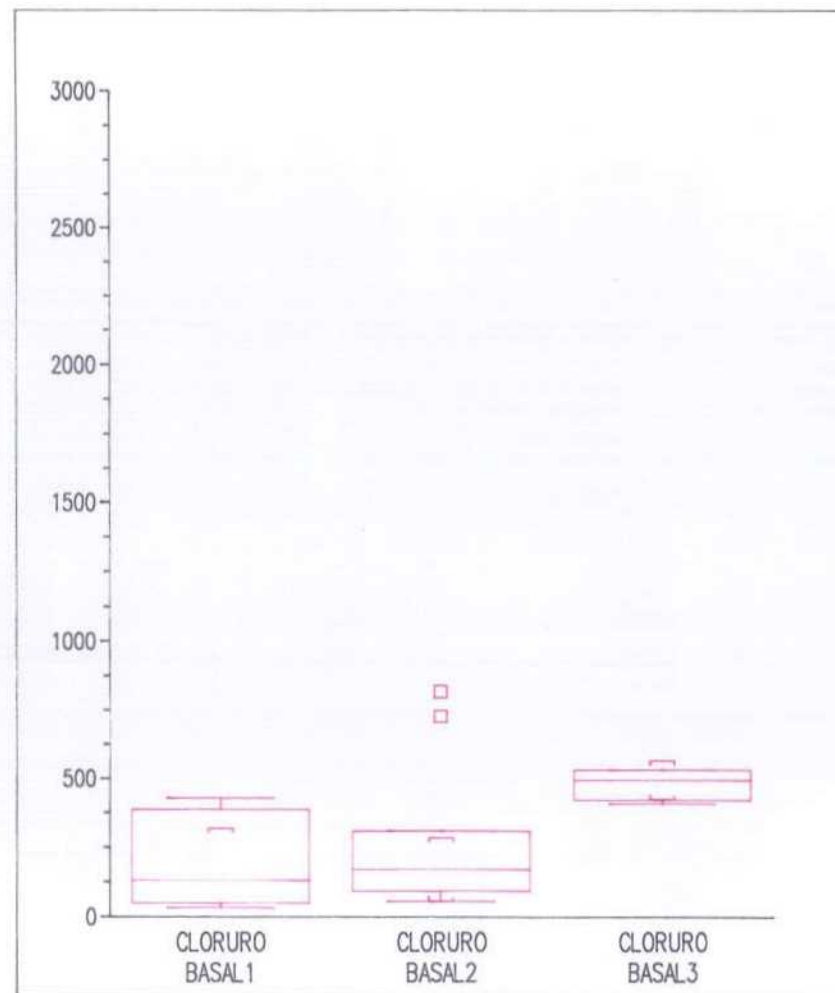
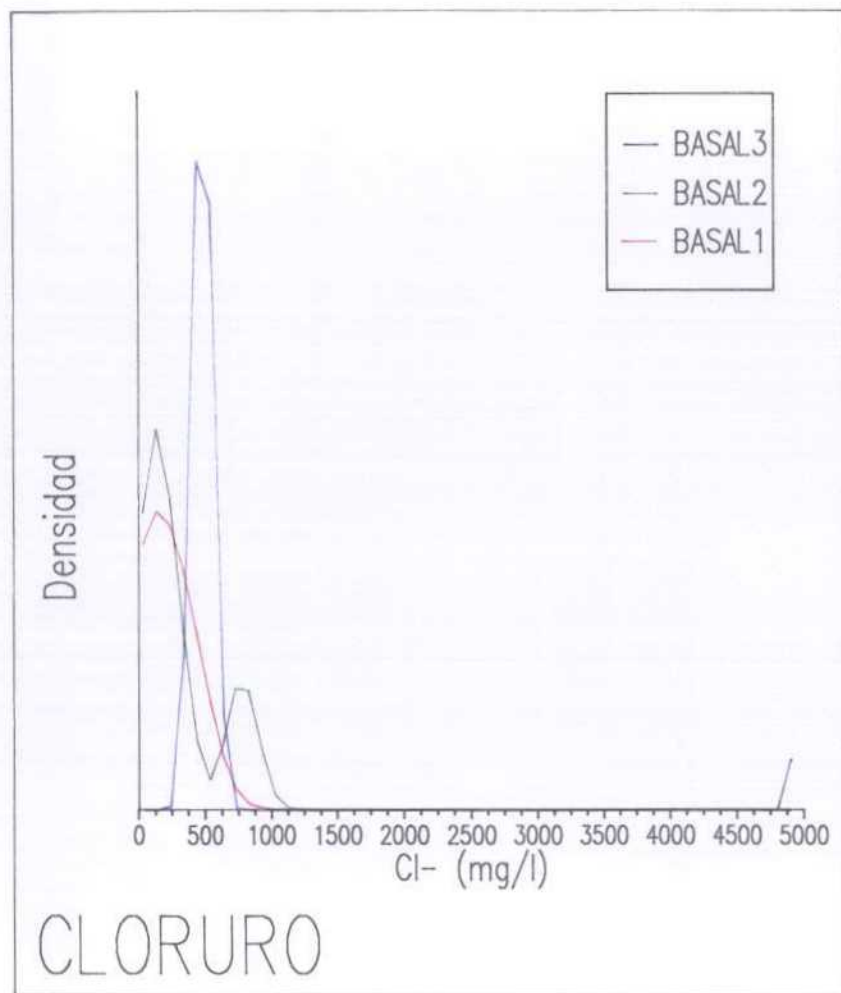


Figura 6.3



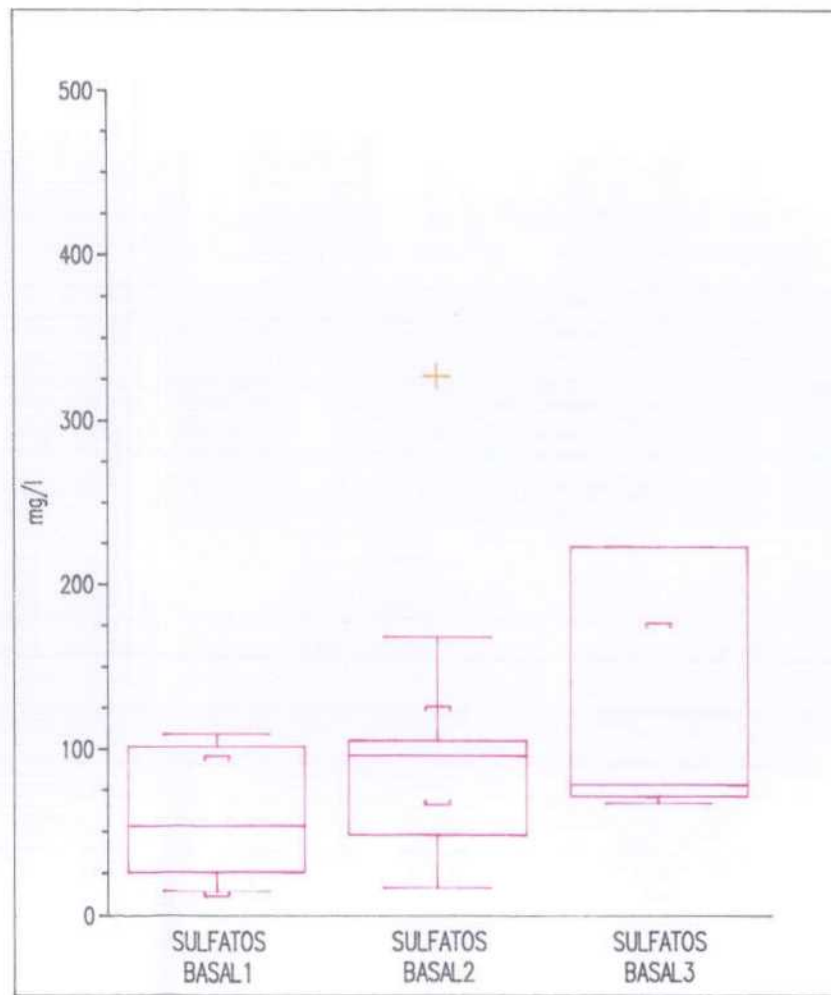
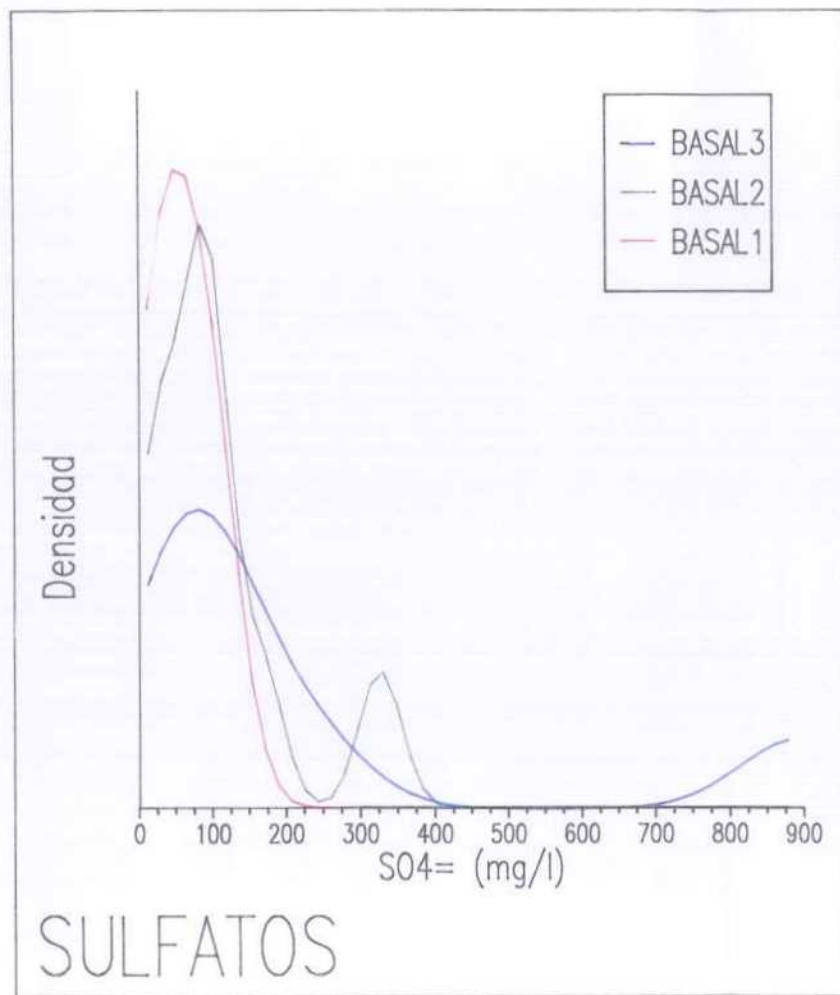


Figura 6.4

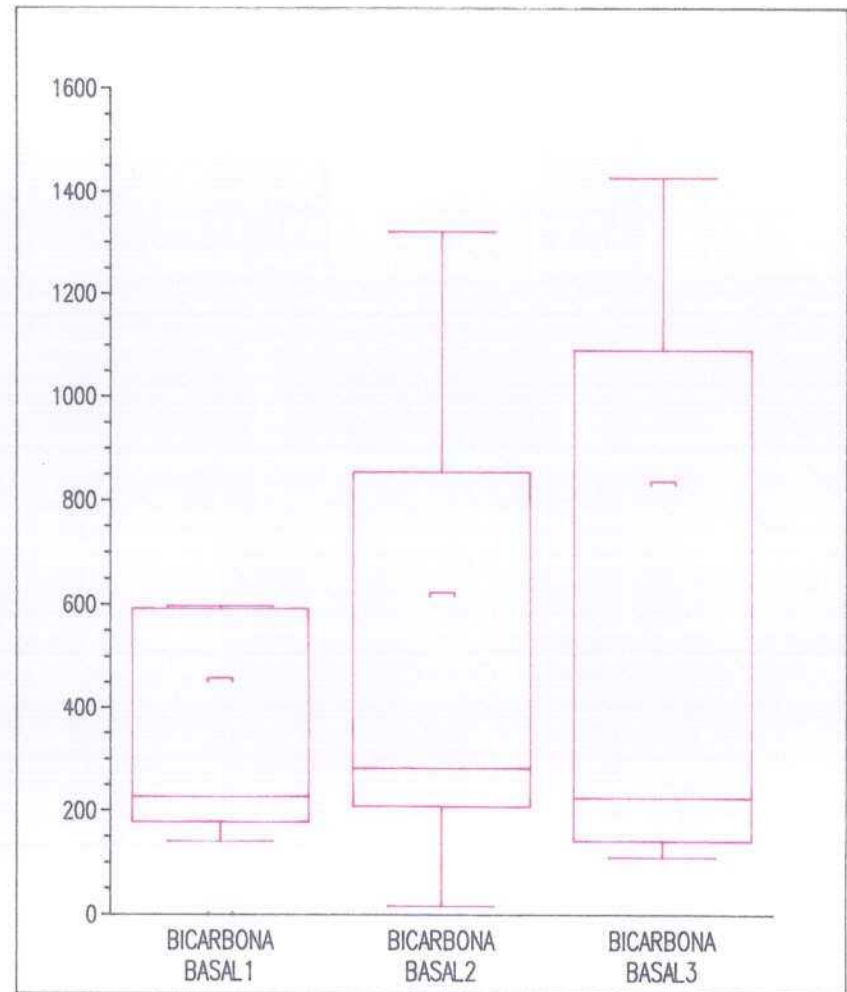
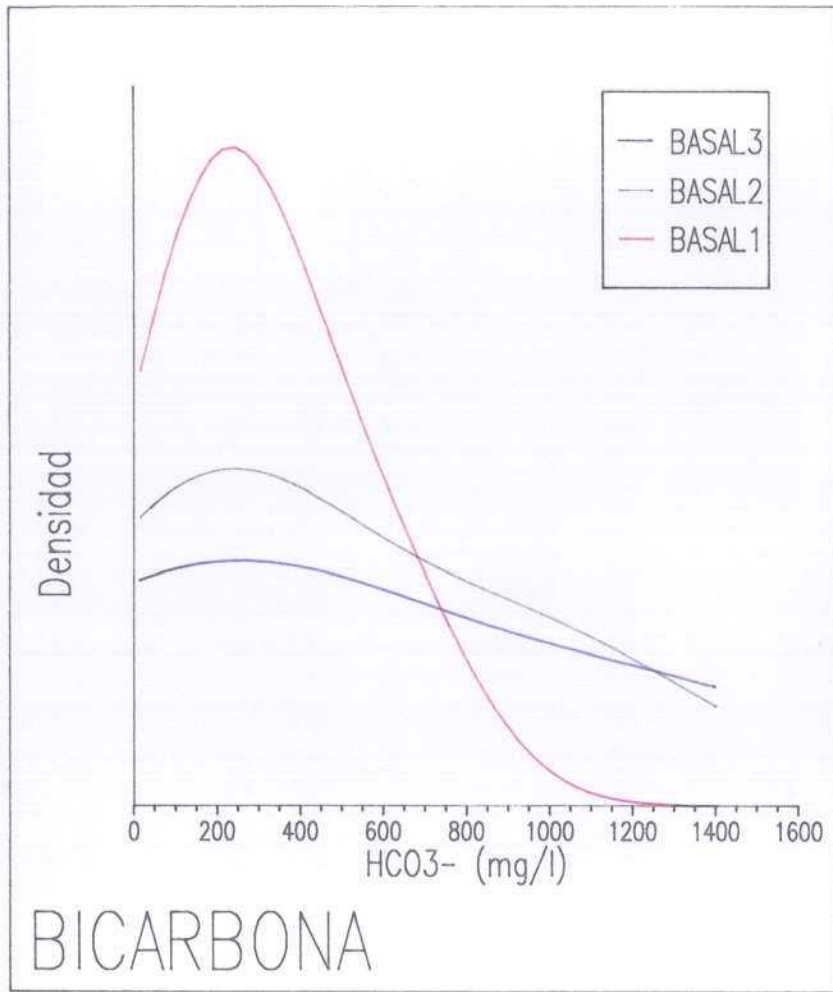


Figura 6.5

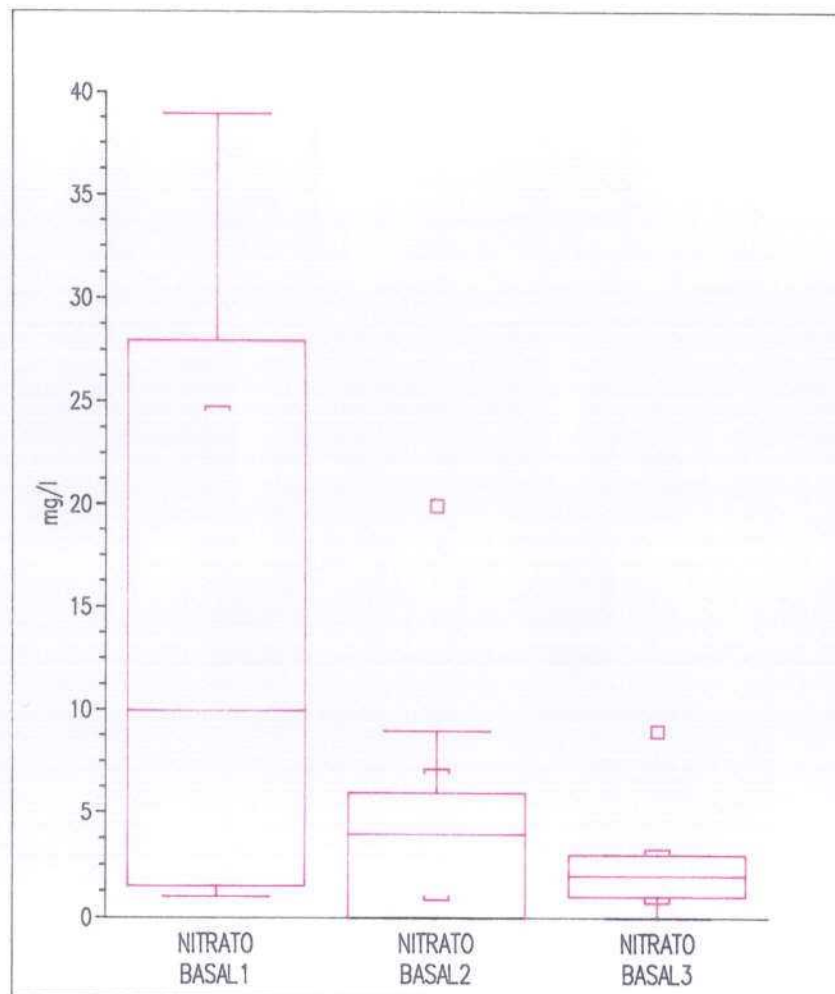
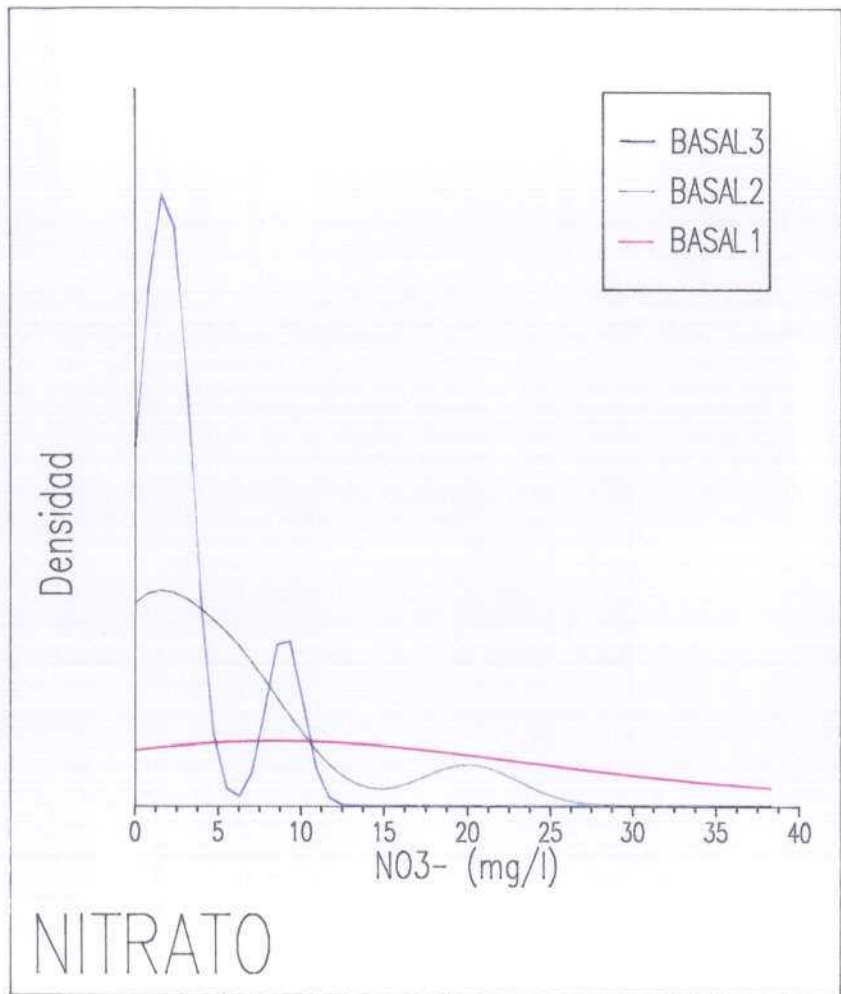


Figura 6.6

56

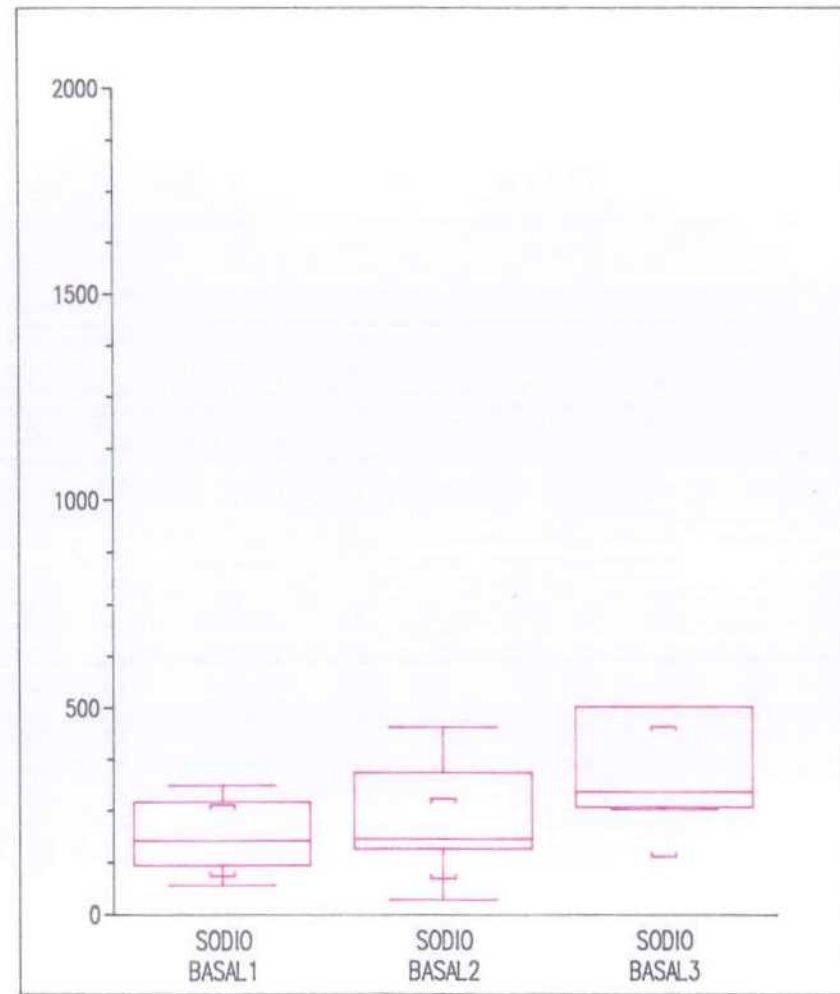
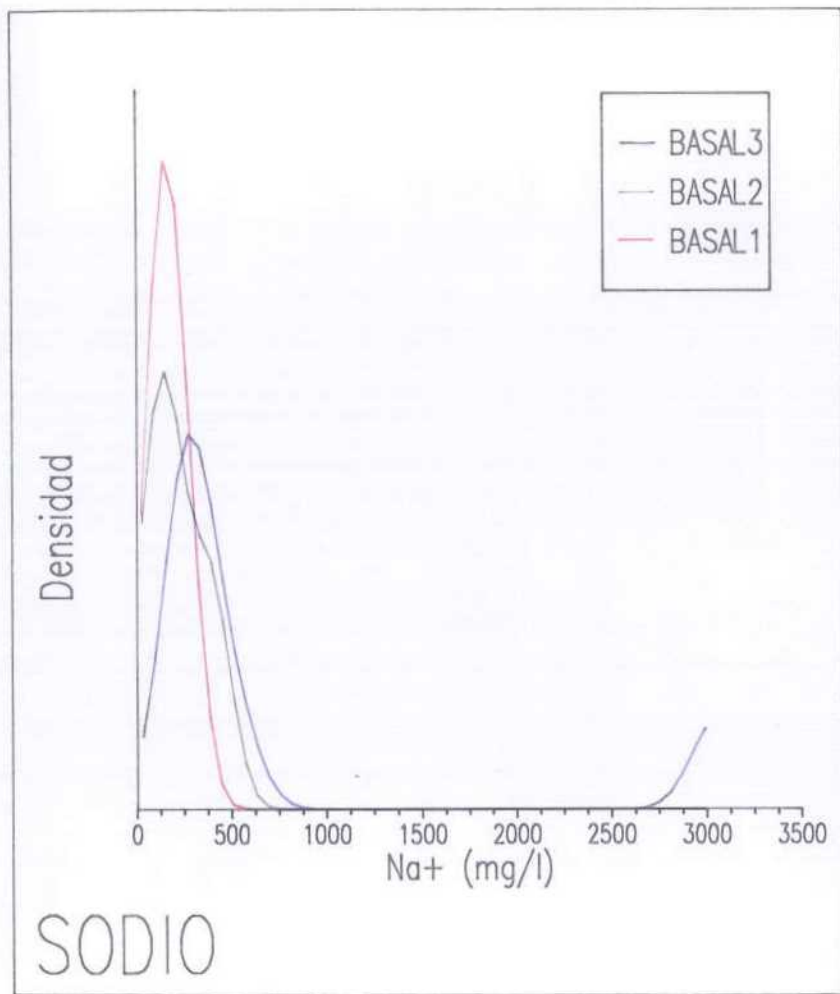


Figura 6.7

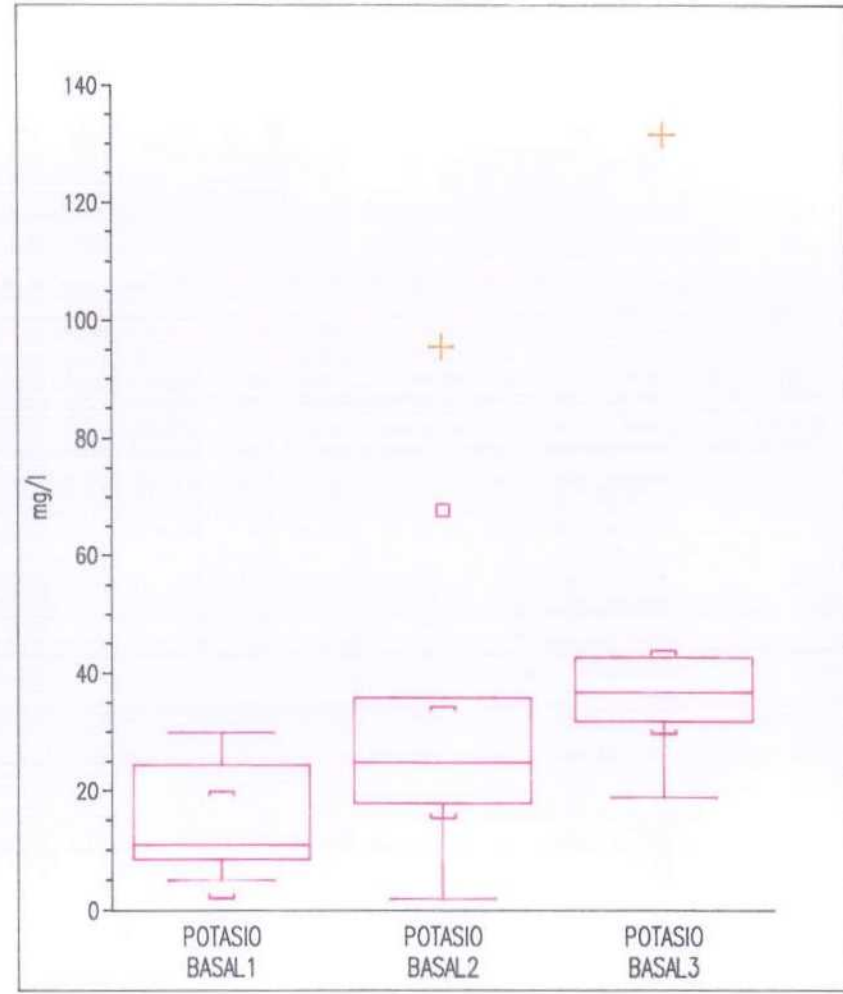
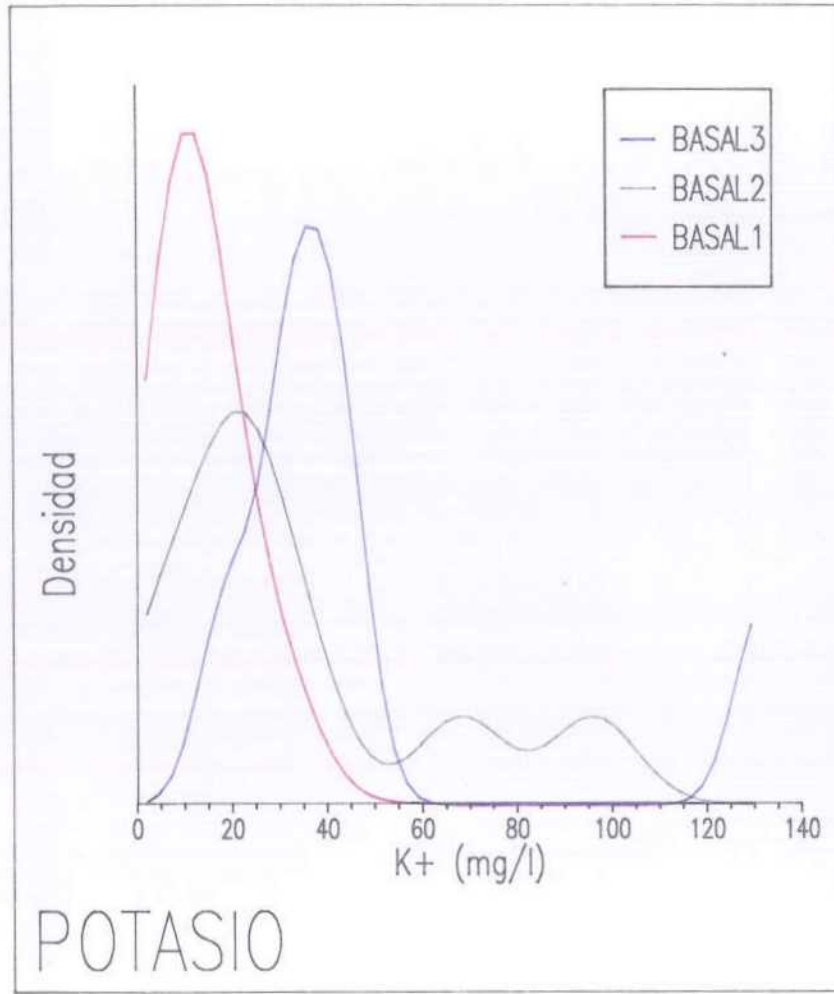


Figura 6.8

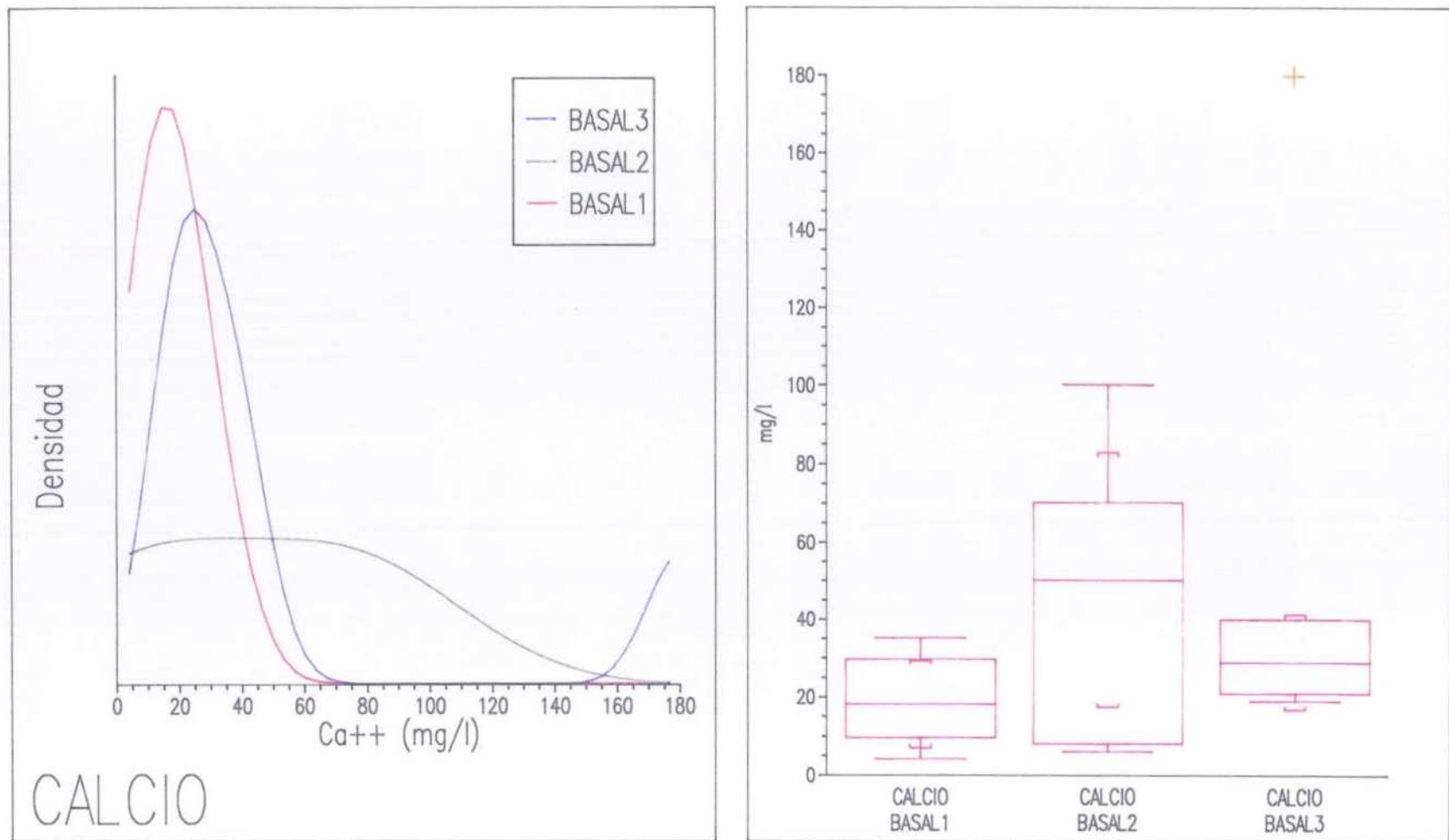


Figura 6.9

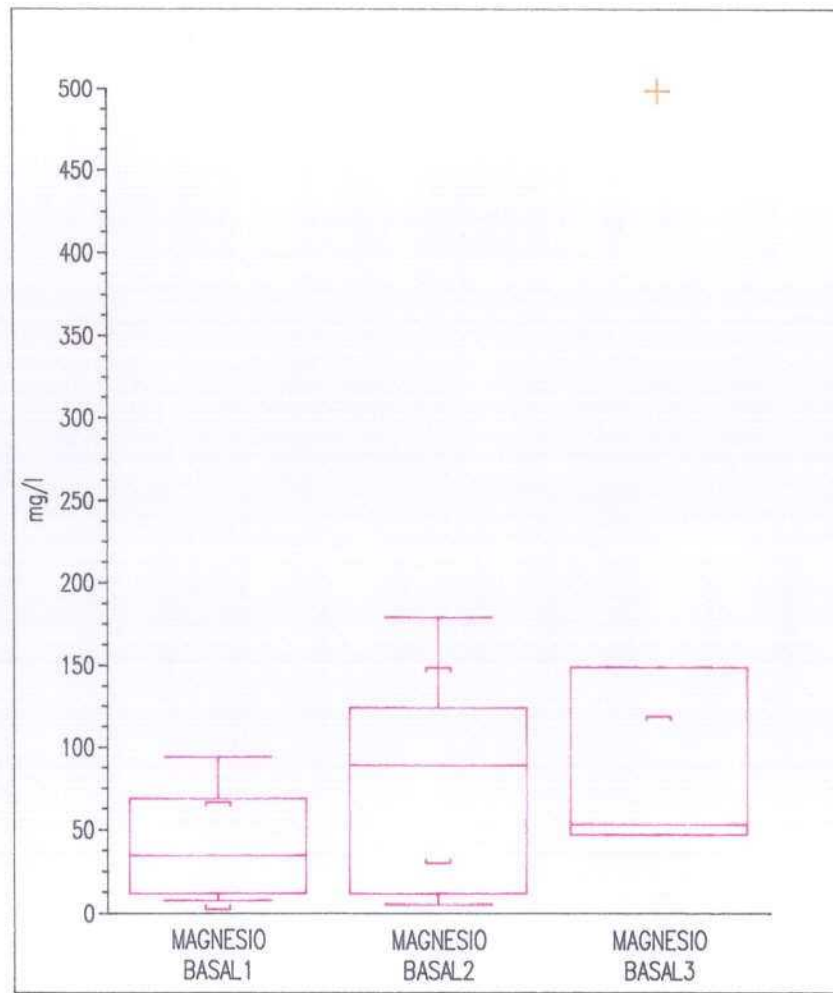
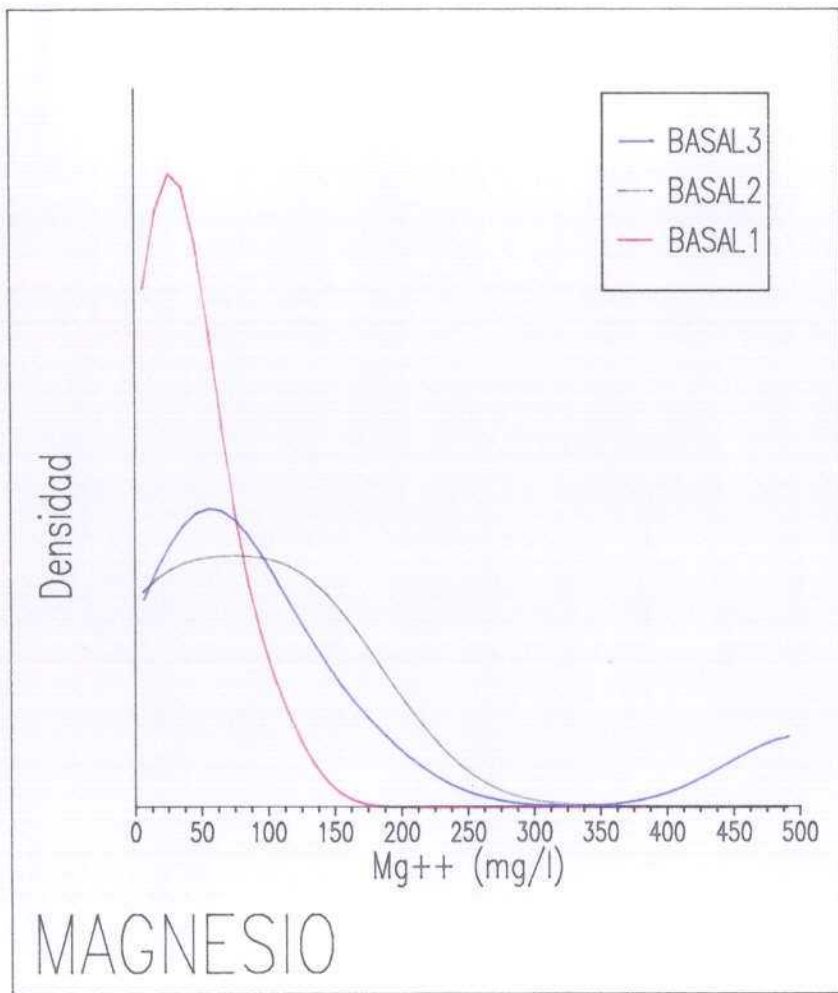


Figura 6.10

### **6.3.- FACIES HIDROGEOQUIMICAS CARACTERISTICAS DE CADA FORMACION VOLCANICA**

Teniendo en cuenta los constituyentes iónicos mayoritarios, se ha establecido la clasificación de las aguas subterráneas de las tres Series Volcánicas Antiguas, mediante los diagramas de Piper (fig. 6.11).

En la Serie Antigua 1 las facies hidrogeoquímicas dominantes son la clorurada sódica y la bicarbonatada sódica; el ión calcio no es nunca predominante y sólo en un caso el magnesio adquiere cierta importancia.

En general las aguas cloruradas sódicas tienen mayor salinidad y aparecen en puntos próximos a la costa, mientras que las bicarbonatadas sódicas tienen distintas salinidades y se encuentran distribuidas más homogéneamente en la isla.

En la serie Antigua 2 aparecen aguas cloruradas sódicas, bicarbonatadas sódicas y bicarbonatadas magnésicas.

Las facies cloruradas sódicas aparecen en dos ambientes distintos, uno es la zona de recarga donde las aguas son poco salinas y deben su composición al aporte de cloruro y sodio de las lluvias en un entorno marino. Por otra parte, las aguas con esta composición pero con una salinidad mayor aparecen en zonas costeras donde existe intrusión marina.

Las aguas en principio cloruradas sódicas, que posteriormente no sufren mezcla con el agua del mar, evolucionan a aguas bicarbonatadas sódicas durante los procesos de interacción roca-agua, fundamentalmente la hidrólisis de los silicatos que forman la roca.

Las aguas de la Serie 2 se diferencian de las anteriores en la existencia de facies magnésicas. Aunque abundan las aguas cloruradas sódicas, las facies bicarbonatadas están asociadas también a facies magnésicas, no exclusivamente a las sódicas.



# Facies hidroq. de las Series Antiguas

100

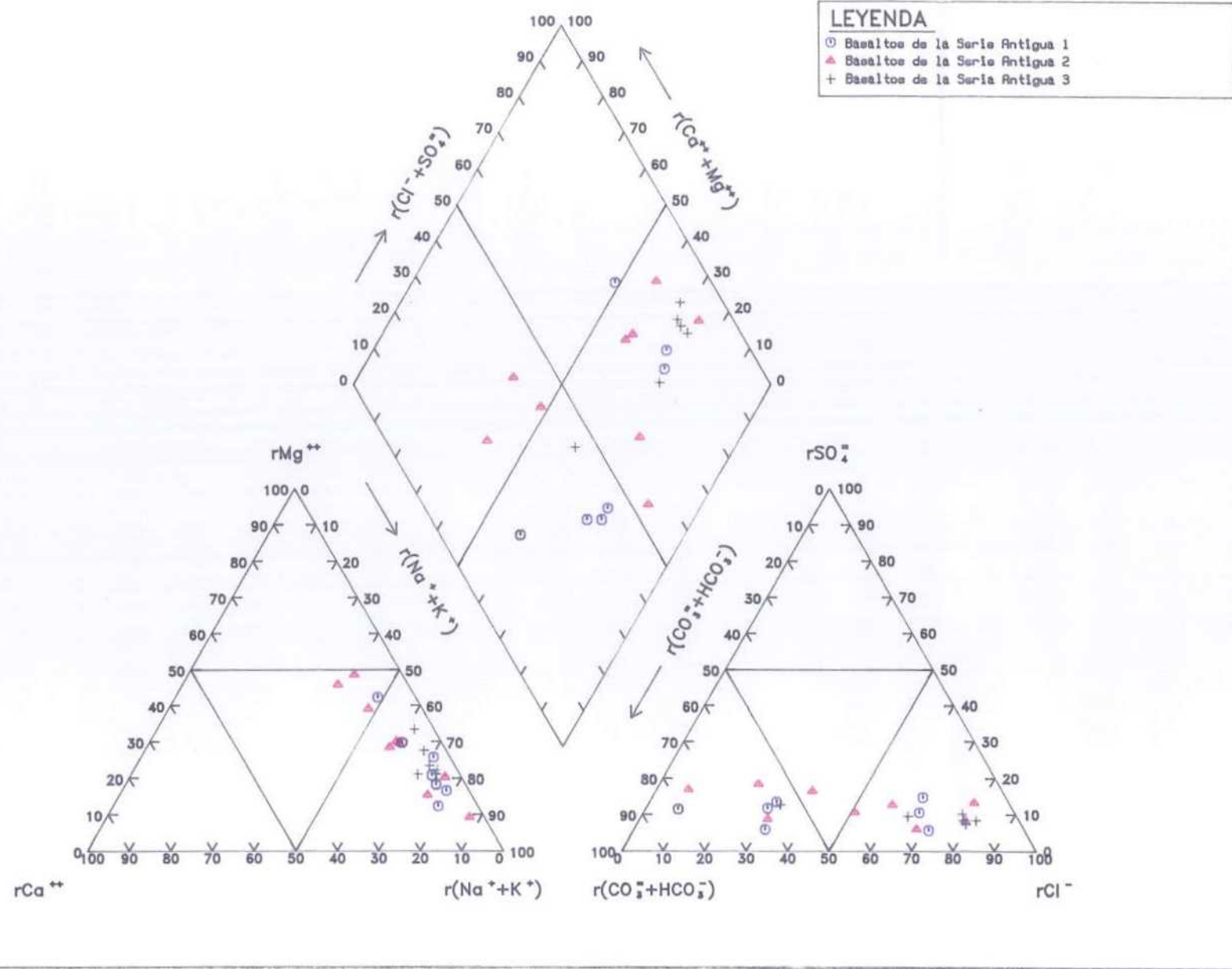


Figura 6.11

El aporte de magnesio a estas aguas puede relacionarse con la existencia de silicatos magnésicos en estos materiales volcánicos, aunque también los procesos de intercambio iónico con el calcio puede contribuir al aumento del contenido en magnesio.

Por otra parte, la facies más importante establecida en la Serie Antigua 3 es la clorurada sódica, y en un caso aparece la facies bicarbonatada sódica, con tendencia similar a la observada en los basaltos de la Serie 1. En general, las aguas cloruradas sódicas son más salinas en estos materiales que en la Serie 1; su situación, en puntos próximos a la costa y en la zona del Golfo donde se han detectado anomalías de conductividad y de cloruros, parece indicar que la mezcla con agua de mar es el principal factor que condiciona esta facies.

En el plano nº 2 se ha representado, en cada punto estudiado, la litología y la facies hidrogeoquímica correspondientes, la primera con un símbolo diferente para cada serie volcánica y las segundas con el color característico establecido para dichas facies.

Como complemento a esta clasificación se ha establecido la de Schöeller, para comparar la composición del aguas subterráneas de dos muestras representativas de cada serie volcánica (fig. 6.12). En esta figura se pone de manifiesto, además, la relación entre la salinidad del agua en cada caso, observándose que las aguas de la Serie 1 son menos salinas que las de series posteriores. También queda reflejada la importancia del magnesio frente al sodio, en las aguas de la Serie 2, cuando el bicarbonato es dominante frente al cloruro.

Por último, se han calculado algunas relaciones entre el contenido de iones disueltos (cuadro 6.2), que pueden ser indicadores de los procesos que dan al agua sus características composicionales, referidas anteriormente; procesos que guardan relación con el terreno por donde circula o con fenómenos modificadores.

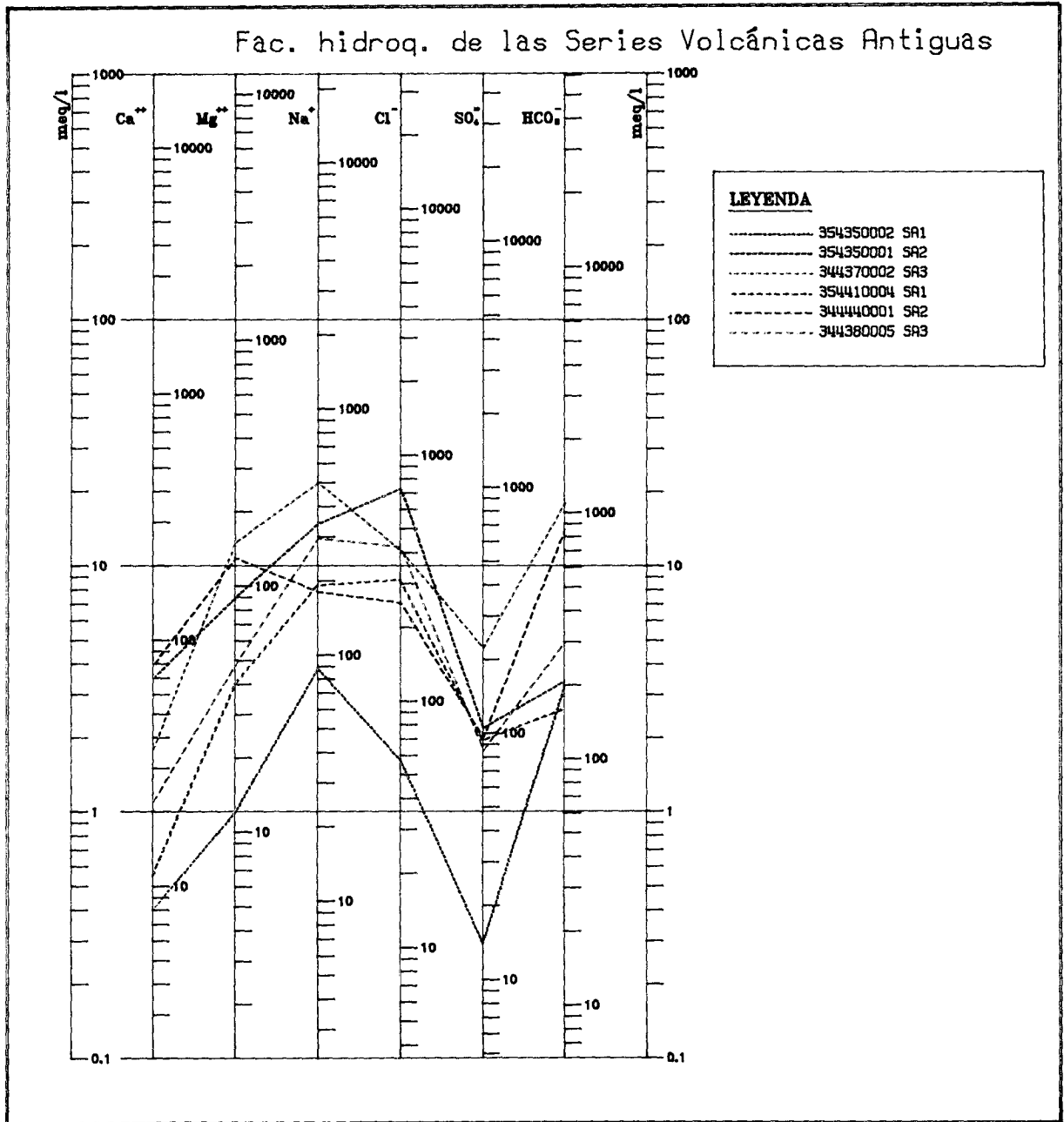


Figura 6.12

CUADRO. 6.2.- RANGO DE VARIACION Y VALORES MEDIOS DE ALGUNOS INDICES HIDROGEOQUIMICOS

FORMACION VOLCANICA	INDICES HIDROGEOQUIMICOS																				
	r Mg/r Ca			r Cl/r HCO <sub>3</sub>			r SO <sub>4</sub> /r Cl			r K/r Na			(rMg + rCa)/rNa + rK			r Na/r Cl			(rNa + rK+rCl)/(rCa + rMg)		
	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media
Serie Antigua 1	1,2	5,96	3,26	0,1	3,4	1,44	0,08	1,5	0,41	0,02	0,09	0,05	0,27	1,06	0,46	0,72	7,45	2,58	-0,32	2,4	1,23
Serie Antigua 2	1,41	4,92	2,91	0,1	9,47	2,62	0,09	2,29	0,51	0,02	0,35	0,11	0,15	1,69	0,80	0,72	5,03	1,62	-0,24	3,93	0,57
Serie Antigua 3	2,05	6,83	4,29	0,65	8,02	4,87	0,09	0,41	0,17	0,02	0,09	0,06	0,37	0,62	0,46	0,77	1,88	1,05	-0,49	0,79	-0,01

(r = meq/l)

Para los 3 grupos, la relación entre cationes alcalinos ( $rK/rNa$ ) es menor en el agua subterránea que en la roca (alrededor de 0,3 para basaltos), hecho normal en aguas con un residuo seco próximo a las 1.000 ppm, debido a la fijación referente de  $K^+$  por el terreno. Esta relación es más alta en las aguas de los basaltos de la serie 2, donde la fijación del  $K^+$  es menor, o estos materiales son más ricos en silicatos potásicos.

La relación entre alcalinotérreos ( $rMg/rCa$ ) es mayor que 1 en las tres series, en general como corresponde a aguas que circulan por basaltos y tienen un contenido normal en  $CO_2$ . En la Serie Antigua 3 el valor medio es mayor, y se aproxima al del agua del mar, lo que confirma la influencia más notable de la mezcla con agua marina.

Considerando los elementos alcalinotérreos y alcalinos la relación  $(rMg + rCa)/(rNa + rK)$  es menor que la correspondiente a rocas basálticas, en las que dominan los cationes alcalinotérreos. Esto apoya la importancia del aporte exterior de sodio, generalmente en el agua de recarga y, en algún caso, por contaminación marina. También es posible una pérdida de Ca y Mg por fijación en las arcillas de neoformación. En el agua de la Serie Antigua 2 esta relación es mayor que en las otras, lo que implica una pérdida menor de alcalinotérreos o un aporte mayor en la hidrólisis de los materiales más ricos en silicatos magnésico-cálcicos.

Respecto a los aniones, la relación  $rCl/rHCO_3$  aumenta desde la Serie 1 a la 3, a consecuencia de un aumento en Cl por distintos procesos que el  $HCO_3^-$ . Ya se dijo anteriormente que la influencia del agua del mar es más importante en la Serie 3, como se confirma con las relaciones  $rNa/rCl$  y  $rSO_4/rCl$  que están muy próximas a las del agua de mar (1 y 0,11 respectivamente).

También se ha tenido en cuenta la relación  $(rNa + rK - rCl)/(rCa + rMg)$  para estimar la importancia de la reacción del agua subterránea con la roca eliminando la influencia del agua de mar. Como el Na puede ser aportado en el agua de lluvia por efecto de aerosol marino, el valor de  $(rNa + rK)$  es similar o algo inferior a  $rCl$ , por lo que los valores próximos

a cero o algo negativos de esta relación indican escasa reacción del agua con los silicatos o mayor influencia del mar, como ocurre en las aguas de la Serie Antigua 3. Los valores más altos de esta relación, que coinciden con los más elevados del índice  $r_{Na}/r_{Cl}$ , señalan un grado más alto de interacción con la roca, o menor influencia del agua marina, disolviéndose preferentemente el Na frente al Ca y el Mg; esto sucede en las aguas de la Serie 2 y sobre todo de la Serie 1 (cuadro 6.2).

## **7.-REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **7.1.- GRAN CANARIA**

- ASOCIACION INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGOS (1991) XXIII. Congreso Internacional Sobreexplotación de Acuíferos. "Excursión a la Isla de Gran Canaria". Tomo II. pp. 69-95.
- CABILDO INSULAR DE GRAN CANARIA. PLAN HIDROLOGICO (1991). "Actualización del conocimiento Hidrogeológico de la Isla de Gran Canaria".
- CABRERA, M.C.; NUÑEZ, J.A. Y CUSTODIO, E. (1991). "Hydrogeology of Telde Area (Gran Canaria, Canary Islands. Spain). XXIII Congreso de la A.I.H. Sobreexplotación de acuíferos. pp. 507-510.
- CUSTODIO, E. (1978). "Geohidrología de terrenos en islas volcánicas". Instituto de Hidrología. Centro de Estudios Hidrográficos.
- CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. (1983). "Hidrología Subterránea". Ed. Omega-2ª Edición.
- CUSTODIO, E. y MANZANO, M. (1992). "Estudio preliminar hidrogeoquímico e isótopo ambiental de la isla de La Gomera". V. Simposio de Hidrogeología, Alicante. pp. 61-76.
- FUSTER, J.M.; HERNANDEZ PACHECO, A.; MUÑOZ, M.; RODRIGUEZ BADIOLA, E. Y GARCIA CACHO, L. (1968). "Geología y vulcanología de las Islas Canarias. Gran Canaria". Instituto Lucas Mallada., CSIC, pp. 243.



- GABALDON, V.; CABRERA, M.C. Y CUETO, L.A. (1989). "Formación Detrítica de Las Palmas. Sus facies y evolución sedimentológica". E.S.F. Meeting on Canarian Volcanism, Lanzarote. pp. 210-215.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1982). "Estudio Hidrogeológico para abastecimiento con aguas subterráneas al municipio de Las Palmas de Gran Canaria".
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1990). "Mapa Geológico de España, escala 1:25.000". Hojas 1.100-I-II a 1.114-III (Gran Canaria).
- SPA-15 (1975). "Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias". UNESCO/UNDP/Gobierno Español. Las Palmas de Gran Canaria- Madrid. 3 vol.

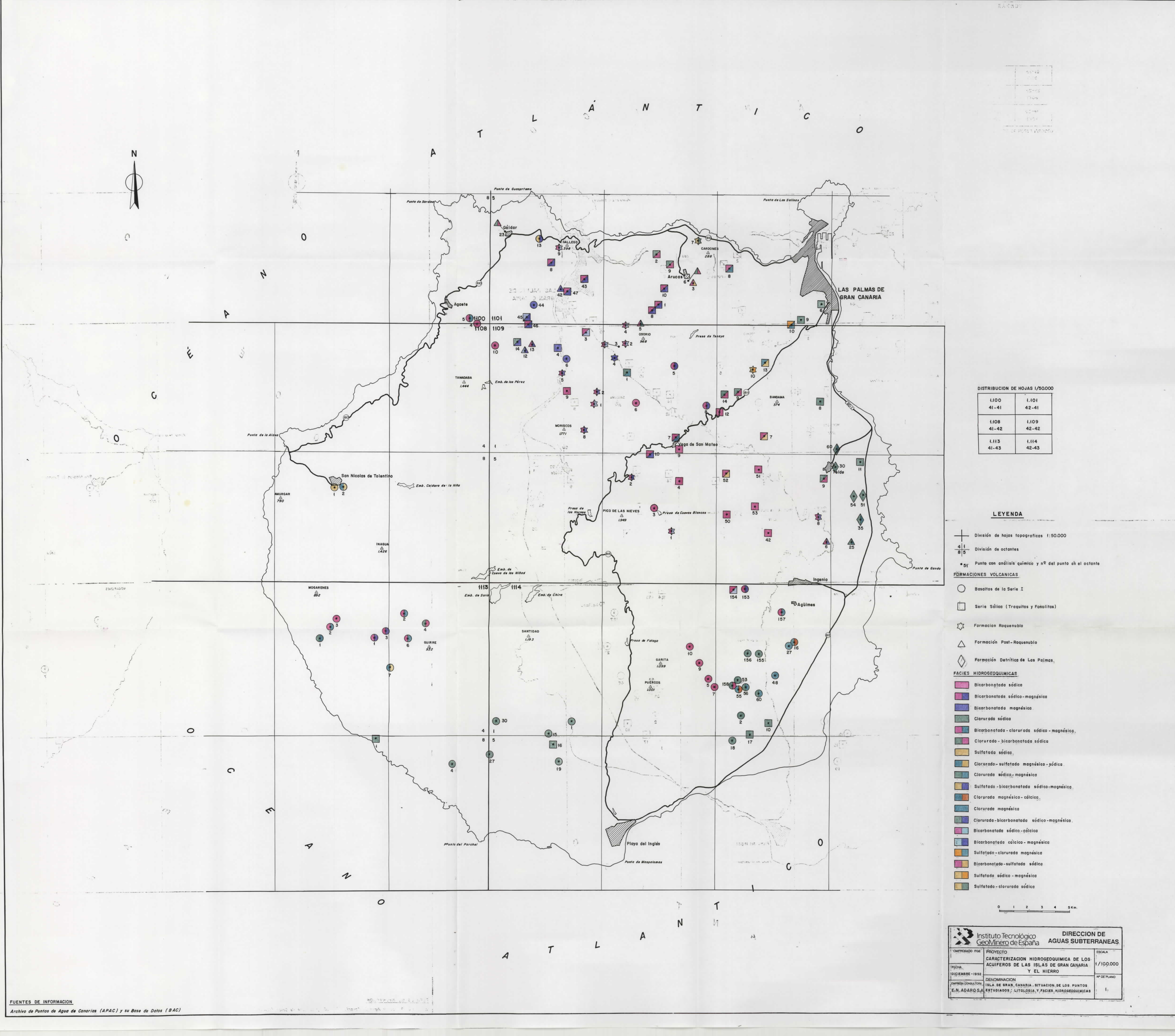
## **7.2.- EL HIERRO**

- CABILDO INSULAR DE EL HIERRO. Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas (1989)". Avance del Plan Hidrológico Insular de El Hierro.
- CUSTODIO, E. (1978). "Geohidrología de terrenos en islas volcánicas". Instituto de Hidrología. Centro de Estudio Hidrográficos.
- CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. (1983). "Hidrología Subterránea". Ed. Omega, 2ª Edición.
- CUSTODIO, E Y MANZANO, M. (1992). "Estudio preliminar hidrogeoquímico e isotópico ambiental de la isla de La Gomera". V Simposio de Hidrogeología, Alicante. pp. 61-76.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1990). "Proyecto para actualización de la infraestructura hidrogeológica de la Isla de El Hierro. Sistema Acuífero 87".

## PLANOS



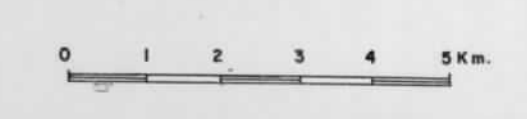


DISTRIBUCION DE HOJAS 1/50000

1.100	1.101
41-41	42-41
1.108	1.109
41-42	42-42
1.113	1.114
41-43	42-43

**LEYENDA**

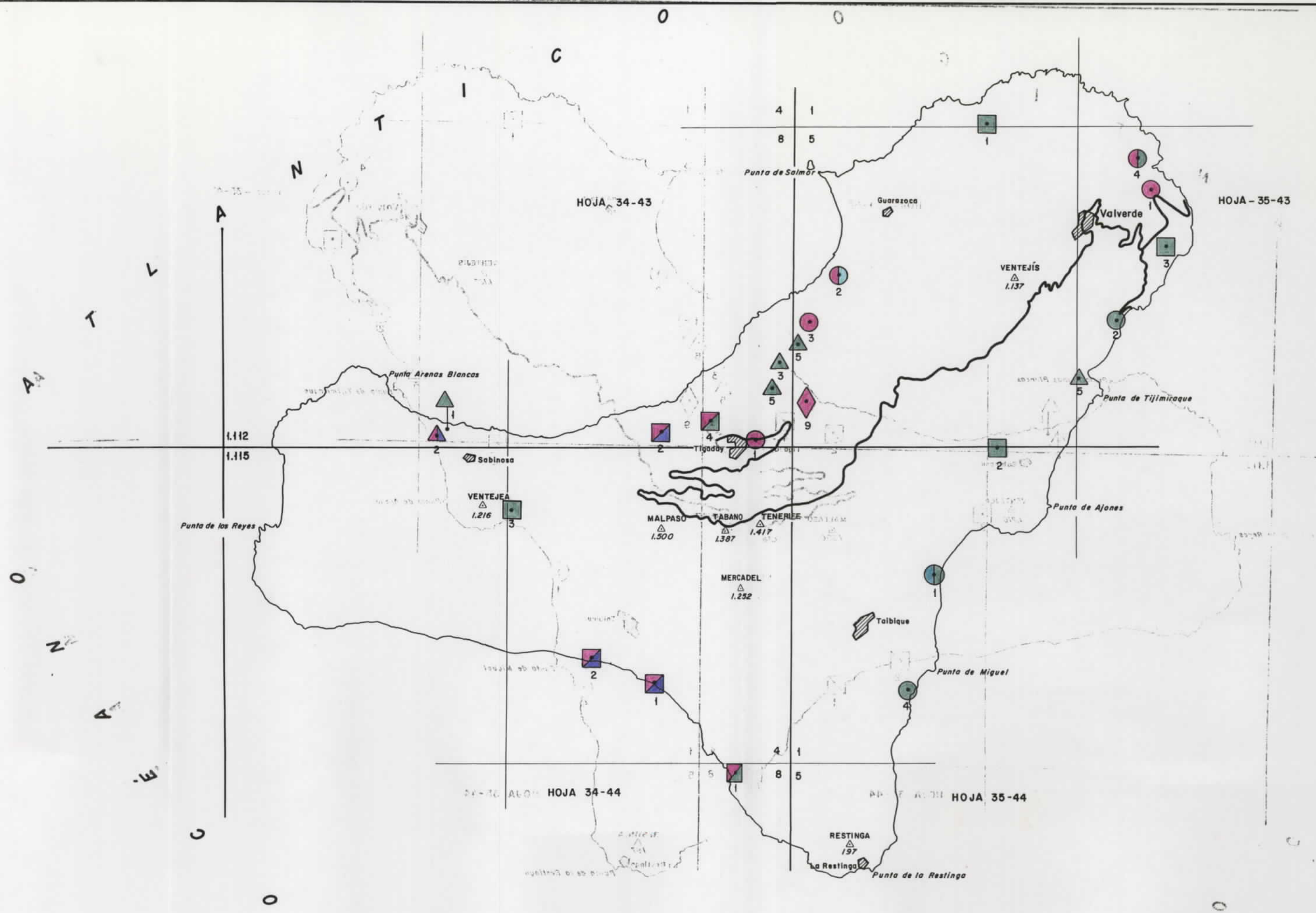
- División de hojas topográficas 1:50.000
- División de octantes
- \* 51 Punto con análisis químico y nº del punto en el octante
- FORMACIONES VOLCANICAS**
  - Basaltos de la Serie I
  - Serie Sódica (Traquitos y Fonolitas)
  - Formación Roqueubulo
  - Formación Post-Roqueubulo
  - Formación Detrítica de Las Palmas
- FACIES HIDROGEOQUIMICAS**
  - Bicarbonatada sódica
  - Bicarbonatada sódica-magnésica
  - Bicarbonatada magnésica
  - Clorurada sódica
  - Bicarbonatada-clorurada sódica-magnésica
  - Clorurada-bicarbonatada sódica
  - Sulfatada sódica
  - Clorurada-sulfatada magnésico-sódica
  - Clorurada sódica-magnésica
  - Sulfatada-bicarbonatada sódica-magnésica
  - Clorurada magnésico-cálcica
  - Clorurada magnésica
  - Clorurada-bicarbonatada sódico-magnésica
  - Bicarbonatada sódico-cálcica
  - Bicarbonatada cálcica-magnésica
  - Sulfatada-clorurada magnésica
  - Bicarbonatada-sulfatada sódica
  - Sulfatada sódica-magnésica
  - Sulfatada-clorurada sódica



FUENTES DE INFORMACION  
 Archivo de Puntos de Agua de Canarias (APAC) y su Base de Datos (BAC)

		<b>DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS</b>	
COMPAÑIA INE	PROYECTO	CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA DE LOS ACUIFEROS DE LAS ISLAS DE GRAN CANARIA Y EL HIERRO	
FECHA:	DICIEMBRE-1992	ESCALA	1/100.000
EMPRESA CONSULTORA:	E.N. ADARQ S.A.	DENOMINACION	Nº DE PLANO
ISLA DE GRAN CANARIA, SITUACION DE LOS PUNTOS ESTUDIADOS; LITOLOGIA Y FACIES HIDROGEOQUIMICAS		1	





**LEYENDA**

- FORMACIONES VOLCANICAS**
- Basaltos de la Serie Antigua 1
  - Basaltos de la Serie Antigua 2
  - △ Basaltos de la Serie Antigua 3
  - ◇ Formación desconocida

- FACIES HIDROGEOQUIMICAS**
- Bicarbonatada sódica
  - Clorurada sódica
  - Bicarbonatada sódico-magnésica
  - Bicarbonatada -clorurada sódica
  - Bicarbonatada sódica-cálcica
  - Clorurada magnésico-sódica

- + División de hojas topográficas
- $\frac{4}{8} \frac{1}{5}$  División de octantes
- 2 Punto con análisis químico y nº de punto en el octante



DISTRIBUCION DE HOJAS 1/50.000

1.112	34/35-43
1.115	34/35-44

FUENTES DE INFORMACIÓN  
 Archivo de Puntos de Agua de Canarias (APAC) y su Base de Datos (BAC)

		<b>DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS</b>
COMPROBADO ITGE	PROYECTO CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUIMICA DE LOS ACUIFEROS DE LAS ISLAS DE GRAN CANARIA Y EL HIERRO	ESCALA 1/100.000
FECHA DICIEMBRE-1992	DENOMINACION ISLA DE EL HIERRO. SITUACION DE LOS PUNTOS ESTUDIADOS: LITOLOGIA Y FACIES HIDROGEOQUIMICAS	Nº DE PLANO 2
EMPRESA CONSULTORA E.N. ADARO S.A		

**ANEXOS**

**ANEXO 1**

**CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS E HIDROQUIMICAS  
DE LOS PUNTOS DE AGUA CONSIDERADOS  
EN LA ISLA DE GRAN CANARIA**

## LEYENDA DE LOS CUADROS

### GEOLOGIA

BASAL-I	Basaltos Antiguos del Ciclo I.
TRAQUI-I	Traquitas (emisiones sálicas) del Ciclo I.
FONOLI-I	Fonolitas (emisiones sálicas) del Ciclo I.
BREVOL-RN	Brechas volcánica del Ciclo Roque Nublo.
BASAL-PRNS	Basaltos Post Roque-Nublo Superior (Ciclo III).
BASAL-PRNI	Basaltos Post Roque-Nublo Inferior (Ciclo III).
CONGLO-PRNI	Conglomerados Post Roque-Nublo Inferior.
TOBAVO-I	Tobas volcánicas del Ciclo I.
AGLOME-CRI	Aglomerados del Ciclo Reciente.
BASAL-RN	Basaltos del Ciclo II (Roque-Nublo).
BASAL-RNI	Basaltos Roque-Nublo Inferior.
CONGLO-RN	Conglomerados de la serie Roque-Nublo.
FONOLI-RNI	Fonolitas del ciclo Roque-Nublo Inferior.
FONOLI-RN	Fonolitas del ciclo Roque-Nublo.
BASAL-PRN	Basaltos Post Roque-Nublo.
CONGLO-II	Conglomerados del Ciclo II (Roque-Nublo).

### NATURALEZA

8	Pozo con galería
4	Pozo
H	Pozo con galerías y catas
O	Pozo con galería y sondeo
9	Pozo con cata de fondo vertical

### PROFUNDIDAD MUESTREO

63,7 metros de profundidad a los que se tomó la muestra de agua

TUBERIA	Muestra tomada en la tubería de extracción.
NIVEL AG	Muestra tomada en la superficie del agua.



IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS PUNTOS DE AGUA CON INFORMACION HIDROGEOQUIMICA

N° REGISTRO	TOPONIMIA	X	Y	COTA (msnm)	GEOLOGIA NATURA-	PROF-OBRA	PROF-MUES	
					LEZA	(m)	(m)	
414180004	BCO. MARIA	433630	3106650	170,00	BASAL-I	8	71,8	60,3
414180005	TIERRA BERMEJA (ALTO)	432880	3107360	127,00	BASAL-I	4	104,5	46,7
414270001	LOS LLANOS	423145	3095400	70,00	BASAL-I	4	39,8	TUBERIA
414270002	LA CARDONERA	423625	3095200	127,00	BASAL-I	4	74	24
414330001	LOMO DEL TABAIBAL	422210	3084065	85,00	BASAL-I	4	96,8	83
414330002	SANTA BRIGIDA	422860	3084950	145,00	BASAL-I	4	106,6	104,6
414330003	LA CUEVA DEL POLVO	423340	3085450	195,00	BASAL-I	4	126,6	117,3
414340001	BARRANQUILLO SAUL	426565	3084620	175,00	BASAL-I	4	73,4	59
414340002	LA RENTILLA	428250	3085905	214,00	BASAL-I	4	96,1	17,05
414340003	LAS GOTERAS	427220	3085075	185,00	BASAL-I	H	73,2	59,2
414340004	LA ABERJALILLA	429762	3085200	307,00	BASAL-I	H	78,9	55,3
414340006	VALERONES DE ABAJO	428530	3084015	208,00	BASAL-I	4	72,6	26,4
414340007	LA UMBRIDILLA	427210	3082035	130,00	BASAL-I	4	180,4	59,5
414350030	PINILLOS	434965	3078085	113,00	BASAL-I	H	95	95
414370001	LAS MALEZAS	425800	3078200	20,00	TRAQUI-I	H	52	48,4
414380004	EL MOTOR GRANDE	431605	3075040	57,00	BASAL-I	H	63,3	61
424150008	EL CAÑON	438960	3111160	360,00	FONOLI-I	8	232	182
424150009	DOÑA ANA DE ABAJO	439480	3112430	267,00	BREVOL-RN	8	169	167
424150013	MORALILLO (BCO. GARZAS)	438015	3113035	157,00	BASAL-I	H	81,1	73
424150023	CUEVA DE ANTON	435650	3113665	73,00	BASAL-PRN	H	74,5	73,85
424150042	SOLAPONES-MOLINO DE LA P.	439675	3109400	560,00	CONGLO-PR	H	368	369
424150043	CUEVA MORA Y MAJADILLAS	441140	3110150	430,00	FONOLI-I	H	153,5	130,3
424150044	LAS COLMENILLAS	437660	3108310	650,00	BASAL-I	H	327,4	TUBERIA
424150045	BARRANQUILLO DE LA ZARZA	437100	3107350	750,00	FONOLI-I	H	330,3	280
424150046	LOS MANANTIALES	437235	3106835	785,00	FONOLI-I	4	253	224,1
424150047	CUESTA DE LOS BURROS	440100	3109225	620,00	TOBAVO-I	8	482,3	482
424160001	VASCO LOPEZ N° 2	446615	3108265	392,00	FONOLI-I	4	188,35	TUBERIA

IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS PUNTOS DE AGUA CON INFORMACION HIDROGEOQUIMICA (cont.)

N° REGISTRO	TOPONIMIA	X	Y	COTA (msnm)	GEOLOGIA NATURA- LEZA	PROF-OBRA (m)	PROF-MUES (m)	
424160002	LENTISCO	446525	3111940	115,00	FONOLI-I	H	111,4	108
424160003	PUENTE DE ARUCAS	449045	3110020	235,00	AGLOME-CR	H	37,5	29,65
424160004	CAIDERO DEL LANCE	444285	3106630	620,00	BREVOL-RN	H	235	232,1
424160005	BARRETO	445365	3106765	630,00	BASAL-PRN	H	172,3	165,1
424160006	VISVIQUE (EL PINO)	448720	3110035	230,00	BASAL-CRI	H	36,2	30.2
424160007	EL CORTIJO	449590	3112700	145,00	BREVOL-RN	H	53,8	NODO 5
424160008	CAIDERO N° 5	446050	3107970	450,00	FONOLI-I	4	219	187,5
424160009	BUEN SUCESO	447550	3111200	155,00	FONOLI-I	H	172	135
424160010	CUESTA ARENA N° 1	447060	3109480	317,00	FONOLI-I	4	209,7	204,5
424170006	PATRONATO	458380	3108440	26,00	FONOLI-I	H	33,1	30,3
424170008	EL HOYO	451740	3110750	70,00	FONOLI-I	4	68,9	67,5
424170009	VUELTA DEL NEGRO	456900	3107280	90,00	FONOLI-I	H	63	58,6
424170010	LOMO DE ARBITURRIA	456270	3106975	110,00	FONOLI-I	H	41	17,8
424210001	CRESPO N° 2	441950	3101100	1095,00	BASAL-RN	8	145,5	143,6
424210002	EL CANALIZO	442375	3101680	980,00	BASAL-RN	4	157	125,4
424210003	EL RISCO	441270	3106030	640,00	FONOLI-I	H	201,2	200,2
424210004	SOLANA ALTA	439330	3105140	905,00	FONOLI-I	H	312,5	311,75
424210005	CAIDERILLOS	439660	3103330	1095,00	BASAL-RNI	H	437,4	437,4
424210006	LOS ROSILLOS	440245	3104095	957,00	BASAL-I	H	444,7	442,5
424210008	EL PAREDON	441400	3099210	1590,00	CONGLO-RN	H	237,1	219
424210009	TOMASETE, COM.HORCAJADAS	440030	3102120	1205,00	FONOLI-I	H	381,6	BOCA SON
424210010	CADENA DE JUANITO	434900	3105450	300,00	BASAL-I	8	67,4	45,7
424210011	LLANO DE LAS MESAS	437950	3103785	1175,00	BREVOL-RN	H	444,5	444
424210012	RENTA Y LLANOS DE VALERON	437020	3105030	985,00	BASAL-PRN	H	280,4	279,7
424210013	BARRANCO LUCENA	437440	3105530	970,00	BASAL-PRN	H	300	295,26
424210014	CADENAS DE LA SOLANA	436630	3105580	873,00	TRAQUI-I	H	214,6	207,6
424220001	ZAMORA	444300	3103350	905,00	FONOLI-I	H	229,1	226
424220002	EL LANCE N° 2	444320	3105350	716,00	BREVOL-RN	H	203,8	199,85
424220003	FINCA EL RAPADOR	443795	3105255	595,00	BREVOL-RN	H	82,9	77,2

IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS PUNTOS DE AGUA CON INFORMACION HIDROGEOQUIMICA (cont.)

N° REGISTRO	TOPONIMIA	X	Y	COTA (msnm)	GEOLOGIA NATURA- LEZA	PROF-OBRA (m)	PROF-MUES (m)
424220004	LA PEDRERA	443550	3104550	755,00	BREVOL-RN H	199,2	167
424220005	LOS MOCANES	447650	3103780	495,00	BASAL-I H	230,5	223,3
424220006	EL LADERON	445005	3101190	920,00	BASAL-I 8	179	170
424220007	LA CAÑADA	447790	3098790	792,00	FONOLI-I H	250	241,7
424220008	HOYA BRAVO	449740	3100940	550,00	BASAL-I H	271,7	271,65
424220009	CERCADO IZQUIERDO	448045	3097815	875,00	FONOLI-I H	220,3	218,3
424220010	LA SUERTE DEL CASTAÑERO	445920	3097560	1010,00	FONOLI-I H	210	210
424230007	CARDONERAS - GARCIA RUIZ	454320	3098805	352,00	FONOLI-I 8	192	TUBERIA
424230008	HORNO DEL REY (MARZAGAN)	458150	3101280	90,00	FONOLI-I H	58,3	48,4
424230009	LOS LAURELES (SATANTEJO)	452495	3102095	383,00	FONOLI-I H	171,3	169
424230010	EL CASCAJO N° 2	453485	3103540	328,00	FONOLI-RN H	88,6	75,3
424230012	EL CASTAÑO	450950	3100325	480,00	FONOLI-I 8	232,8	232,8
424230013	DRAGONAL ALTO (CAPELLANIA)	454290	3104035	280,00	FONOLI-I H	81,8	71,5
424230014	ANGOSTURA	451570	3101935	390,00	FONOLI-I H	117,8	99,5
424260001	ARENAL DE LOS BUCIOS	447285	3091995	1470,00	FONOLI-RN 8	177	TUBERIA
424260002	CAMARETAS	444690	3095740	1298,00	FONOLI-RN H	167,5	104,6
424260003	LA CRUZ DEL SAUCILLO	446195	3093680	1677,00	BASAL-I H	453,3	438,5
424260004	LOMO DE TENTENIAGUA	448045	3095430	935,00	FONOLI-I H	244,3	239,6
424270006	LOMO CABRAL - EL CARDONAL	458885	3091140	148,00	BASAL-PRN H	161	111,7
424270008	CUATRO PUERTAS. EL GORO 4	458425	3092855	262,00	BASAL-RNI H	198	197,5
424270009	LA ROCHA	458585	3095735	150,00	FONOLI-I H	211	181
424270042	UMBRIA DEL DRAGUILLO	454495	3091745	537,00	FONOLI-I H	358,4	357,4
424270050	LA PILONA	451625	3093025	900,00	FONOLI-I H	354	353,5
424270051	BCO. HONDO	453650	3096400	425,00	FONOLI-I 8	154	151
424270052	CHARCO DEL CHINCHE	451540	3096210	525,00	FONOLI-I 8	200	TUBERIA
424270053	LOS PEDACILLOS	453585	3093635	612,00	FONOLI-I 0	194,6	194.03
424280011	EL CALERO	461295	3096965	54,00	FONOLI-I H	91,2	85,3
424280025	LA VIUDA	460665	3090925	65,00	BASAL-PRN 4	70,3	65
424280030	MEDIA SUERTE	459455	3096430	130,00	CONGLO-II H	142,2	TUBERIA

IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS PUNTOS DE AGUA CON INFORMACION HIDROGEOQUIMICA (cont.)

N° REGISTRO	TOPONIMIA	X	Y	COTA (msnm)	GEOLOGIA NATURA- LEZA	PROF-OBRA (m)	PROF-MUES (m)
424280035	JARDINERA DEL GORO BAJO	461080	3092670	103,00	CONGLO-II 4	104,7	103
424280051	LAS HUESAS N° 1	461290	3095060	60,00	CONGLO-II 4	68,7	63,7
424280054	LAS HUESAS N° 2	460410	3095000	135,00	CONGLO-II H	167,4	164
424280060	NAREA	459660	3097135	125,00	CONGLO-II H	58,1	56,35
424320005	FUENTE LA MINA	450310	3081185	230,00	BASAL-I H	263,3	260,3
424320007	MESA DE CABEZA	450590	3080650	212,00	BASAL-I H	262,5	NIVEL AG
424320009	BCO. DEL SAO	449550	3082275	290,00	BASAL-I 4	280	276,5
424320010	EL PAJARERO	448660	3083300	360,00	BASAL-I H	187	167
424330016	LA GOLETA	456390	3083655	92,00	BASAL-I A	155,7	148
424330017	BUENAVISTA	453435	3077025	54,00	FONOLI-I H	96,6	90
424330027	PILETAS	455980	3083445	105,00	BASAL-I H	163,9	150,3
424330048	HOYA LA NEGRA	455000	3081330	118,00	BASAL-I H	138,3	127,2
424330053	LA FORTUNA 1	452350	3081015	206,00	BASAL-I H	240,2	238
424330055	TABAIDAS	452390	3080450	168,00	BASAL-I H	204,9	201,8
424330056	LAS CARBONERAS	453075	3080650	150,00	BASAL-I H	173,8	167
424330060	CUESTA DE LA MINA	454050	3080065	125,00	BASAL-I H	167,5	163,4
424330153	LOS ALMENDROS	452710	3087575	588,00	BASAL-I H	245,7	243
424330154	LAS MELOSAS	451990	3087640	680,00	TRAQUI-I 4	284,4	280,4
424330155	LOMO LUCAS 1	453750	3082965	165,00	BASAL-I H	227,85	202,7
424330156	LOMO LUCAS 2	452920	3083125	195,00	BASAL-I 8	115,05	79,85
424330157	BCO. DE ANCON	455520	3086055	222,50	BASAL-I H	237,5	237,5
424330158	LA FORTUNA 2	451950	3080570	212,00	BASAL-I 4	325,4	325,1
424350001	CAMPANARIO	440305	3077980	237,00	BASAL-I H	214	TUBERIA
424350015	LOS LAJONES	438670	3077255	219,00	BASAL-I 4	111,6	69,60
424350016	LOS MUCHOS BALOS	438860	3076715	223,00	TRAQUI-I 4	98,3	61,10
424350019	MEDIA FANEGA	439435	3075295	145,00	BASAL-I H	204	194
424350027	GAMBUESA	434325	3075775	80,00	BASAL-I H	92,5	92.10
424370002	LOS GUIRRES	452580	3078660	109,00	BASAL-I H	169	167,1
424370010	LA FLORIDA	454500	3078200	93,00	FONOLI-I 4	183,65	170,1
424370018	EL DRAGUILLO	451840	3076800	78,00	BASAL-I 9	187,9	179

DETERMINACIONES "IN SITU"

N° REGISTRO	T <sup>a</sup> (°C)	CONDUCTIV (uS/cm)	pH	O <sub>2</sub> (mg/l)	CO <sub>2</sub> (mg/l)	ALCA_TAC (mg/l $\bar{C}aCO_3$ )
414180004	22,0	1729	7,17	8,00	40	46
414180005	22,0	1689	7,36	9,00	20	39
414270001	20,5	6230	7,32	8,00	20	24
414270002	24,0	3270	6,54	9,00	35	24
414330001	24,3	1384	7,96	8,00	5	17
414330002	22,2	645	7,31	8,00	15	19
414330003	23,5	849	7,37	7,00	5	19
414340001	25,7	547	7,60	9,00	10	19
414340002	22,4	865	7,15	8,00	20	24
414340003	27,3	555	7,35	9,00	15	19
414340004	23,4	889	7,38	7,00	10	14
414340006	24,5	1482	7,41	9,00	10	19
414340007	25,0	1141	7,48		20	15
414350030	27,3	2530	6,34	7,00	5	12
414370001	25,0	1520	6,73	9,00	15	15
414380004	27,4	1884	7,87	8,00	10	10
424150008	25,6	1350	6,42	2,00	390	60
424150009	22,7	1817	6,30	2,00	305	99
424150013	20,6	1723	6,40	10,00	45	38
424150023	21,7	3400	7,00	2,00	185	92
424150042	26,2	1079	6,50	3,00	210	112
424150043	22,5	828	6,82	8,00	30	21
424150044	27,0	1093	6,17	2,00	525	39
424150045	23,0	581	6,50	7,00	70	29
424150046	21,5	287	7,50	4,00	20	10
424150047	21,2	680	7,10	7,00	65	91
424160001	22,3	786	5,68	3,00	310	22

DETERMINACIONES "IN SITU" (cont.)

N° REGISTRO	T <sup>a</sup> (°C)	CONDUCTIV (uS/cm)	pH	O <sub>2</sub> (mg/l)	CO <sub>2</sub> (mg/l)	ALCA_TAC (mg/l CaCO <sub>3</sub> )
424160002	25,6	1446	5,85	5,00	460	34
424160003	18,9	949	7,36	4,00	15	17
424160004	23,0	860	6,00	1,00	530	41
424160005	18,3	376	7,50	6,00	10	10
424160006	19,5	1308	7,09	5,00	25	26
424160007	21,5	2170	7,77	11,00	25	26
424160008	20,3	673	5,94	5,00	240	31
424160009	23,5	1483	7,40	10,00	155	24
424160010	23,2	1163	5,85	1,00	520	46
424170006	22,0	3930	7,20	9,00	35	36
424170008	26,4	3680	6,21	1,00	475	72
424170009	22,5	2345	8,09	9,00	5	24
424170010	21,8	1780	7,53	9,00	50	21
424210001	16,6	176	7,20	9,00	15	7
424210002	15,3	627	7,46	9,00	20	33
424210003	21,5	812	6,89	10,00	15	33
424210004	20,5	518	7,50	4,00	25	31
424210005	19,2	890	7,41	8,00	40	32
424210006	28,0	1424	8,00	4,00	60	82
424210008	16,4	296	7,15	9,00	5	5
424210009	18,5	633	6,78	3,00	60	29
424210010	22,5	1533	7,28	9,00	105	50
424210011	15,5	782	6,50	2,00	85	49
424210012	17,0	324	7,60	9,00	15	14
424210013	19,2	397	6,30	4,00	20	19
424210014	23,2	331	8,13	8,00	5	10
424220001	20,3	331	7,45	8,00	5	7
424220002	21,0	735	6,44	5,00	125	38
424220003	19,5	417	5,33	2,00	415	17

DETERMINACIONES "IN SITU" (cont.)

N° REGISTRO	Tª (°C)	CONDUCTIV (uS/cm)	pH	O2 (mg/l)	CO2 (mg/l)	ALCA TAC (mg/l CaCO3)
424220004	19,0	1391	6,00	1,00	550	79
424220005	23,0	945	7,00	9,00	45	27
424220006	18,5	229	7,00	3,00	10	8
424220007	23,7	631	6,96	8,00	15	15
424220008	22,0	857	6,70	10,00	35	43
424220009	22,5	468	7,42	9,00	20	14
424220010	18,2	621	7,35	9,00	10	10
424230007	28,8	5280	6,42	1,00	725	101
424230008	23,0	3470	7,42	9,00	10	27
424230009	24,0	1390	6,80	5,00	55	20
424230010	20,5	1977	7,11	6,00	15	12
424230012	26,8	3130	6,53	1,00	375	63
424230013	19,5	1569	7,28	9,00	15	12
424230014	20,5	735	7,01	8,00	15	14
424260001	15,0	161	7,50	10,00	10	9
424260002	16,0	262	7,40	5,00	10	14
424260003	20,0	225	8,36	8,00	5	7
424260004	22,7	298	7,48	8,00	15	12
424270006	24,4	1350	6,46	5,00	220	27
424270008	24,0	1756	7,51	8,00	210	77
424270009	27,5	864	7,02	7,00	50	22
424270042	26,0	355	7,50	5,00	15	14
424270050	22,0	524	7,35	9,00	10	7
424270051	23,7	1828	6,72	8,00	140	46
424270052	28,9	3390	6,38	4,00	510	84
424270053	22,7	343	7,56	9,00	5	10
424280011	24,5	1719	7,21	7,00	20	26
424280025	23,5	6740	6,66	8,00	45	14
424280030	25,6	1778	7,34	10,00	20	14
424280035	23,8	7660	6,57	8,00	130	24

DETERMINACIONES "IN SITU" (cont.)

N° REGISTRO	T <sup>a</sup> (°C)	CONDUCTIV (uS/cm)	pH	O <sub>2</sub> (mg/l)	CO <sub>2</sub> (mg/l)	ALCA TAC (mg/l CaCO <sub>3</sub> )
424280051	22,5	6620	8,08	8,00	5	33
424280054	21,5	1841	7,78	8,00	5	27
424280060	21,3	3993	7,51	10,00	15	36
424320005	34,0	793	7,94	7,00	10	22
424320007	32,5	730	7,57	8,00	10	22
424320009	30,5	704	7,95	8,00	5	21
424320010	26,0	580	7,49	9,00	10	17
424330016	29,5	7330	6,41	5,00	165	48
424330017	27,0	1369	7,29	8,00	25	19
424330027	28,8	1885	6,89	8,00	50	22
424330048	28,0	14920	7,16	7,00	30	9
424330053	34,0	978	8,00	7,00	20	22
424330055	27,7	4130	6,97	5,00	35	19
424330056	28,0	2180	6,79	8,00	5	20
424330060	27,3	5890	7,58	8,00	20	18
424330153	24,8	504	7,05	8,50	10	15
424330154	26,6	424	7,98	8,00	5	12
424330155	31,0	2390	6,53	3,00	10	21
424330156	25,5	1759	7,01	9,00	10	13
424330157	33,8	735	7,21	7,00	25	24
424330158	34,0	942	8,00	8,00	10	22
424350001	29,2	1662	7,53	9,50	5	17
424350015	28,3	2750	7,53	7,00	20	29
424350016	18,0	2350	7,82	7,00	15	27
424350019	32,5	2090	7,78	6,00	10	17
424350027	29,5	1863	7,75	7,00	10	16
424370002	28,5	1573	7,87	9,00	25	24
424370010	24,0	1679	7,58	8,00	130	24
424370018	32,0	2320	7,50	9,00	20	18



DETERMINACIONES HABITUALES EN EL LABORATORIO

N° REGISTRO	pH	CONDUCT. (uS/cm)	CLORURO (mg/l)	SULFATO (mg/l)	BICARBON (mg/l)	NITRATO (mg/l)	SODIO (mg/l)	POTASIO (mg/l)	CALCIO (mg/l)	MAGNESIO (mg/l)	SILICE (mg/l)
414180004	7,98	1748	178	189	585	1,6	231,8	15,5	68,7	62,6	49,2
414180005	8,05	1720	235	167	517	4,6	187,4	8,0	68,7	79,6	39,6
414270001	7,94	5970	783	1629	379	186,0	847,8	13,0	202,2	250,0	62,1
414270002	7,20	4380	822	851	375	226,3	420,0	10,0	207,8	250,0	68,5
414330001	7,87	1389	270	115	188	7,7	115,8	4,5	59,1	58,5	40,7
414330002	7,14	934	141	28	228	27,9	87,4	3,0	36,1	37,8	55,6
414330003	8,10	848	114	40	261	4,6	103,5	4,5	34,5	29,3	59,4
414340001	8,14	800	10	49	248	10,0	83,7	3,7	32,7	30,0	56,7
414340002	8,03	1206	171	105	308	15,5	91,3	2,2	54,5	65,0	36,4
414340003	8,02	771	99	29	274	7,7	80,0	3,3	31,9	33,8	43,9
414340004	7,90	911	153	64	190	7,7	99,4	3,7	38,9	27,8	52,4
414340006	7,81	1830	256	146	441	27,9	121,4	6,3	101,6	92,0	42,8
414340007	7,83	1380	214	228	277	9,3	144,0	6,3	53,1	73,1	62,7
414350030	7,64	2590	722	118	108	3,8	361,3	12,0	77,0	48,6	42,8
414370001	7,53	1215	268	81	154	13,1	127,4	5,1	5,3	49,1	35,3
414380004	7,76	2260	548	124	135	23,2	291,6	17,0	67,1	51,3	39,0
424150008	7,38	1537	50	19	826	9,5	123,0	37,0	36,0	90,0	108,5
424150009	6,67	2150	192	60	907	11,6	150,0	23,0	136,2	99,2	86,7
424150013	7,78	2090	188	293	397	292,6	240,0	12,5	48,1	110,4	56,2
424150023	6,55	3900	493	404	1025	190,4	600,0	20,0	81,8	145,9	41,0
424150042	7,23	1898	41	22	1269	7,7	76,1	18,0	101,0	163,4	71,7
424150043	7,87	806	116	29	256	3,1	89,0	7,4	24,8	36,5	65,3
424150044	6,95	1268	50	24	595	-1,0	55,0	14,7	64,9	73,9	85,6
424150045	6,62	614	41	12	310	5,4	36,8	6,2	41,3	35,7	72,8
424150046	7,64	299	39	18	91	6,2	22,5	4,2	18,0	10,9	67,4
424150047	7,61	1405	69	13	863	12,4	127,4	23,0	35,3	98,7	83,5
424160001	6,13	827	57	2	427	10,0	72,4	8,2	36,0	44,5	74,9

DETERMINACIONES HABITUALES EN EL LABORATORIO (cont.)

N° REGISTRO	pH	CONDUCT. (uS/cm)	CLORURO (mg/l)	SULFATO (mg/l)	BICARBON (mg/l)	NITRATO (mg/l)	SODIO (mg/l)	POTASIO (mg/l)	CALCIO (mg/l)	MAGNESIO (mg/l)	SILICE (mg/l)
424160002	7,95	1658	277	234	399	116,2	253,5	75,8	60,9	62,0	95,5
424160003	6,88	1080	75	166	181	99,2	124,0	12,2	38,5	34,9	26,7
424160004	6,05	854	43	11	450	5,4	62,6	9,8	40,0	46,0	66,3
424160005	7,80	399	53	30	109	7,7	35,0	4,6	17,2	18,2	61,0
424160006	7,71	1353	150	148	283	96,1	147,4	10,0	48,1	50,0	45,5
424160007	7,90	2130	185	352	293	263,5	320,0	29,9	56,1	46,2	42,2
424160008	6,14	768	56	5	390	16,2	71,1	7,6	38,5	35,5	52,4
424160009	7,64	1701	241	151	381	61,9	276,0	21,0	40,1	39,0	94,7
424160010	7,10	1245	78	36	669	4,6	119,8	13,2	59,3	65,5	63,1
424170006	7,97	3810	783	355	525	35,6	535,0	3,0	93,4	125,0	26,7
424170008	6,71	4380	748	365	1447	15,5	500,0	26,0	167,9	256,1	75,4
424170009	8,20	2780	541	234	447	11,6	400,0	26,0	65,3	85,8	34,2
424170010	8,07	2023	206	424	349	151,5	119,6	43,0	17,0	96,0	47,4
424210001	7,30	172	21	5	60	8,5	18,6	3,3	16,0	1,7	48,1
424210002	7,95	651	26	9	345	11,6	69,5	13,1	35,3	22,0	53,5
424210003	7,65	788	41	16	420	4,6	57,5	11,0	59,1	30,9	65,3
424210004	7,49	547	17	8	336	9,3	32,0	10,0	15,2	46,2	55,6
424210005	7,94	891	23	13	553	3,8	80,0	23,1	61,3	39,6	54,6
424210006	7,58	1191	27	6	644	6,2	77,5	9,0	40,1	73,0	80,2
424210008	7,09	179	21	1	72	6,1	17,4	3,1	11,7	7,8	46,0
424210009	8,02	618	16	12	386	-1,0	90,0	28,2	26,6	13,2	40,7
424210010	7,81	1606	92	93	735	16,1	200,0	31,0	32,0	73,0	79,8
424210011	6,85	851	19	9	539	6,9	39,3	14,0	52,9	60,3	47,1
424210012	7,53	355	31	11	144	12,4	22,5	6,5	23,6	14,3	67,4
424210013	8,12	446	39	11	194	7,7	32,9	5,7	23,2	24,3	63,1
424210014	7,54	323	51	18	79	13,9	28,5	5,5	17,6	11,9	57,8
424220001	7,60	717	78	47	50	148,3	49,0	26,7	36,0	26,0	37,4
424220002	6,64	742	36	18	354	13,9	46,0	4,0	50,5	38,4	75,9
424220003	5,58	437	29	20	177	16,2	27,8	7,0	36,5	14,6	88,8

DETERMINACIONES HABITUALES EN EL LABORATORIO (cont.)

N° REGISTRO	pH	CONDUCT. (uS/cm)	CLORURO (mg/l)	SULFATO (mg/l)	BICARBON (mg/l)	NITRATO (mg/l)	SODIO (mg/l)	POTASIO (mg/l)	CALCIO (mg/l)	MAGNESIO (mg/l)	SILICE (mg/l)
424220004	6,27	1389	33	2	747	14,7	75,0	12,9	46,5	94,4	53,5
424220005	7,09	806	105	29	329	6,2	80,0	14,1	48,1	36,0	84,5
424220006	7,45	195	24	6	54	15,5	20,5	4,7	10,4	5,8	58,8
424220007	7,00	909	141	26	240	23,2	64,9	13,0	42,3	43,0	64,2
424220008	8,06	1122	109	59	454	5,4	113,8	11,5	43,3	54,5	51,4
424220009	7,90	488	32	13	235	10,8	51,5	11,8	26,0	15,4	58,8
424220010	7,74	583	35	59	170	31,0	39,3	7,8	35,9	24,2	57,8
424230007	7,14	6990	694	1496	2032	-1,0	1585,0	83,7	135,5	71,0	38,0
424230008	7,69	3202	639	351	318	181,0	413,0	93,8	112,2	90,0	37,9
424230009	7,73	1310	187	95	397	12,4	217,6	11,5	24,8	33,1	63,1
424230010	7,73	2192	170	916	168	23,4	214,0	59,0	131,0	119,0	25,3
424230012	7,24	3280	270	400	1335	1,5	674,0	46,1	54,3	44,4	72,0
424230013	7,69	1905	214	354	230	86,8	163,0	39,7	89,4	68,9	39,6
424230014	8,00	757	92	69	150	49,5	131,0	17,0	13,0	8,5	82,4
424260001	7,67	139	16	4	65	2,3	12,0	4,5	11,2	4,1	34,2
424260002	7,94	323	24	19	131	12,4	19,5	4,3	18,8	17,7	34,2
424260003	7,99	222	21	13	75	14,1	41,0	14,0	1,6	0,6	42,5
424260004	7,77	370	35	22	131	22,9	78,9	5,0	2,4	4,4	30,3
424270006	7,16	1445	214	47	496	6,2	139,4	14,4	46,9	79,6	46,0
424270008	7,52	1800	114	40	959	5,4	157,5	17,0	77,7	115,0	65,3
424270009	6,96	1155	192	70	268	22,4	140,0	12,5	38,5	35,5	71,7
424270042	7,65	327	36	12	118	4,6	37,5	6,3	13,2	12,4	70,6
424270050	8,16	265	28	12	95	18,8	32,0	8,0	11,0	8,0	64,1
424270051	6,67	1642	149	176	493	19,3	284,0	23,8	30,1	21,6	48,1
424270052	6,54	3980	344	799	1156	8,5	900,0	61,7	50,7	25,3	68,5
424270053	7,58	340	45	5	120	4,6	49,0	4,2	10,8	7,9	45,0
424280011	7,65	2060	427	122	326	7,7	259,9	19,0	50,1	77,2	54,6
424280025	7,17	7620	2315	544	265	62,0	762,4	45,7	265,7	384,1	51,4
424280030	7,84	1853	334	106	259	131,1	260,0	29,0	45,0	52,0	53,9
424280035	7,01	8670	2849	554	470	1,5	910,0	47,7	363,3	533,4	55,6

DETERMINACIONES HABITUALES EN EL LABORATORIO (cont.)

N° REGISTRO	pH	CONDUCT. (uS/cm)	CLORURO (mg/l)	SULFATO (mg/l)	BICARBON (mg/l)	NITRATO (mg/l)	SODIO (mg/l)	POTASIO (mg/l)	CALCIO (mg/l)	MAGNESIO (mg/l)	SILICE (mg/l)
424280051	8,12	6470	1781	478	480	7,7	1159,9	40,0	69,9	169,9	25,7
424280054	8,19	1822	348	81	354	38,3	372,6	18,0	8,7	16,5	39,3
424280060	7,68	3620	819	261	342	81,8	400,0	25,8	73,7	173,2	44,9
424320005	7,60	851	122	9	300	3,8	130,0	8,0	19,2	18,7	78,1
424320007	7,51	821	117	14	282	6,2	97,5	8,5	34,7	21,9	80,2
424320009	8,00	597	75	11	249	6,2	77,5	8,5	31,3	19,0	41,7
424320010	7,16	510	59	14	168	13,1	66,0	6,5	17,0	13,9	55,6
424330016	7,17	6580	2183	259	490	-1,0	360,6	43,4	448,3	447,5	90,0
424330017	7,52	1211	268	24	221	2,5	150,0	9,0	32,9	37,4	45,0
424330027	7,04	3130	799	72	339	9,3	260,0	15,0	51,3	187,7	71,7
424330048	7,88	15675	6532	612	127	8,9	1117,3	131,7	978,0	1225,7	70,6
424330053	7,52	897	188	30	206	3,1	112,5	7,0	39,3	30,9	52,4
424330055	7,36	4540	1383	99	185	6,9	247,5	15,0	280,5	250,5	67,4
424330056	8,02	1753	451	52	200	10,0	187,5	10,1	52,9	78,6	46,0
424330060	7,73	5470	1667	183	190	6,9	410,0	30,0	264,5	296,7	51,9
424330153	7,96	481	37	29	212	-1,0	50,4	6,5	21,5	19,2	48,1
424330154	7,90	402	41	6	180	12,4	36,8	19,5	24,6	13,0	70,6
424330155	7,42	1949	523	54	239	7,7	247,5	9,0	64,1	66,6	51,4
424330156	7,73	1365	293	65	249	6,9	155,0	9,0	59,3	48,1	58,9
424330157	7,90	1024	106	37	439	-1,0	82,3	9,0	54,7	52,2	95,2
424330158	8,20	913	146	29	261	6,9	105,0	8,6	26,4	37,4	63,1
424350001	8,10	2110	516	86	216	5,4	334,9	14,0	40,1	41,0	51,4
424350015	7,57	2130	523	63	366	4,6	362,5	14,9	52,9	46,7	52,4
424350016	7,94	2030	489	65	290	10,0	328,9	17,0	49,7	40,1	45,0
424350019	8,07	1706	467	59	143	9,3	250,0	15,6	51,3	39,9	35,3
424350027	7,31	1710	445	50	151	10,8	210,0	14,1	62,5	45,2	57,8
424370002	7,83	1536	339	217	72	7,7	175,0	10,0	33,0	57,4	52,4
424370010	7,97	1670	328	104	303	5,4	250,0	11,0	35,7	39,5	41,7
424370018	7,44	2090	532	67	166	6,2	260,0	11,0	59,3	64,2	53,5

INDICES HIDROGEOQUIMICOS MAS REPRESENTATIVOS

N° REGISTRO	Na/Ca	Mg/Ca	Cl/SO4	Cl/HCO3	K/Na	MgCa/Nak	SO4/Cl	Na/Cl	NaKCl/CaMg
414180004	1,16	1,49	1,26	0,42	0,04	0,83	0,08	2	0,63
414180005	0,81	1,9	1,88	0,42	0,02	1,21	0,1	1,22	0,17
414270001	1,19	2,03	0,64	5,64	0,01	0,83	0,1	1,66	0,49
414270002	0,58	1,97	1,29	2,98	0,01	1,69	0,14	0,78	-0,2
414330001	0,64	1,62	3,13	0,8	0,02	1,52	0,15	0,66	-0,3
414330002	0,77	1,72	6,71	0,16	0,02	1,28	0,11	0,95	-0,0
414330003	1,08	1,39	3,8	0,2	0,03	0,9	0,1	1,39	0,33
414340001	0,88	1,5	0,27	0,26	0,03	1,11	0,01	12,9	0,83
414340002	0,49	1,96	2,17	0,45	0,01	2,02	0,11	0,82	-0,1
414340003	0,79	1,74	4,55	0,14	0,02	1,24	0,1	1,24	0,17
414340004	1,01	1,17	3,19	0,44	0,02	0,97	0,13	1	0,02
414340006	0,41	1,49	2,34	0,43	0,03	2,35	0,1	0,73	-0,1
414340007	0,72	2,26	1,25	1,08	0,03	1,36	0,12	1,03	0,04
414350030	1,98	1,04	8,16	1,43	0,02	0,49	0,21	0,77	-0,6
414370001	1,28	15,2	4,41	0,69	0,02	0,77	0,17	0,73	-0,4
414380004	1,66	1,25	5,89	1,21	0,03	0,58	0,18	0,82	-0,3
424150008	0,58	4,1	3,51	0,03	0,17	1,48	0,02	3,78	0,52
424150009	0,43	1,19	4,27	0,09	0,09	2,13	0,07	1,2	0,11
424150013	0,9	3,76	0,86	0,97	0,03	1,08	0,07	1,96	0,47
424150023	1,61	2,93	1,63	0,52	0,02	0,61	0,09	1,87	0,78
424150042	0,18	2,65	2,48	0,02	0,14	4,96	0,02	2,85	0,14
424150043	0,9	2,41	5,33	0,15	0,05	1,06	0,11	1,18	0,18
424150044	0,25	1,87	2,78	0,05	0,16	3,41	0,03	1,69	0,14
424150045	0,32	1,42	4,56	0,05	0,1	2,87	0,05	1,38	0,12
424150046	0,54	0,99	2,89	0,26	0,11	1,67	0,1	0,89	-0,0
424150047	0,56	4,59	7,08	0,02	0,1	1,63	0,04	2,84	0,42
424160001	0,57	2,03	38	0,01	0,07	1,64	0,05	1,95	0,32

INDICES HIDROGEOQUIMICOS MAS REPRESENTATIVOS (cont.)

N° REGISTRO	Na/Ca	Mg/Ca	Cl/SO4	Cl/HCO3	K/Na	MgCa/Nak	SO4/Cl	Na/Cl	NaKCl/CaMg
424160002	1,34	1,67	1,58	0,77	0,17	0,64	0,13	1,41	0,62
424160003	1,11	1,49	0,6	1,2	0,06	0,85	0,05	2,54	0,74
424160004	0,47	1,89	5,21	0,03	0,09	1,97	0,04	2,24	0,3
424160005	0,64	1,74	2,36	0,36	0,08	1,45	0,1	1,01	0,06
424160006	0,97	1,7	1,35	0,69	0,04	0,99	0,08	1,51	0,37
424160007	2,09	1,35	0,7	1,58	0,05	0,45	0,07	2,66	1,41
424160008	0,63	1,51	14,9	0,02	0,06	1,49	0,05	1,95	0,35
424160009	2,28	1,6	2,13	0,52	0,04	0,42	0,11	1,76	1,08
424160010	0,62	1,81	2,89	0,07	0,06	1,52	0,05	2,36	0,4
424170006	1,54	2,19	2,94	0,89	0,00	0,65	0,15	1,05	0,08
424170008	0,73	2,5	2,73	0,33	0,03	1,33	0,13	1,03	0,04
424170009	1,67	2,15	3,08	0,69	0,04	0,58	0,15	1,14	0,26
424170010	0,59	9,26	0,65	1,59	0,21	1,4	0,08	0,89	0,05
424210001	0,85	0,17	5,6	0,11	0,1	1,06	0,09	1,36	0,31
424210002	0,84	1,02	3,85	0,03	0,11	1,08	0,03	4,11	0,73
424210003	0,45	0,86	3,42	0,05	0,11	2	0,04	2,15	0,29
424210004	0,3	4,98	2,83	0,03	0,18	2,8	0,02	2,89	0,25
424210005	0,54	1,06	2,36	0,03	0,17	1,57	0,02	5,34	0,53
424210006	0,42	2,99	6	0,01	0,07	2,25	0,02	4,41	0,35
424210008	0,61	1,09	28	0,02	0,1	1,48	0,09	1,27	0,19
424210009	1,6	0,81	1,78	0,04	0,18	0,53	0,02	8,64	1,71
424210010	1,13	3,74	1,32	0,17	0,09	0,81	0,04	3,34	0,9
424210011	0,22	1,87	2,81	0,02	0,21	3,72	0,02	3,18	0,2
424210012	0,41	0,99	3,76	0,1	0,17	2,08	0,07	1,11	0,11
424210013	0,45	1,72	4,73	0,07	0,1	2,02	0,07	1,3	0,15
424210014	0,66	1,11	3,78	0,3	0,11	1,36	0,12	0,86	-0,0
424220001	0,54	1,18	2,21	1,23	0,32	1,42	0,08	0,96	0,15
424220002	0,35	1,25	2,67	0,07	0,05	2,73	0,04	1,96	0,19
424220003	0,4	0,66	1,93	0,15	0,15	2,21	0,05	1,47	0,18

INDICES HIDROGEOQUIMICOS MAS REPRESENTATIVOS (cont.)

N° REGISTRO	Na/Ca	Mg/Ca	Cl/SO4	Cl/HCO3	K/Na	MgCa/Nak	SO4/Cl	Na/Cl	NaKCl/CaMg
424220004	0,32	3,33	22	0,00	0,1	2,84	0,02	3,49	0,26
424220005	0,64	1,23	4,83	0,12	0,1	1,41	0,1	1,17	0,16
424220006	0,89	0,91	5,33	0,15	0,13	1	0,09	1,31	0,33
424220007	0,49	1,67	7,23	0,14	0,12	1,81	0,12	0,71	-0,1
424220008	0,74	2,06	2,46	0,17	0,06	1,28	0,07	1,6	0,32
424220009	0,86	0,97	3,28	0,07	0,13	1,02	0,05	2,47	0,63
424220010	0,45	1,11	0,79	0,46	0,12	2,01	0,05	1,72	0,24
424230007	5,41	0,86	0,62	0,97	0,03	0,18	0,07	3,51	4,03
424230008	1,37	1,32	2,43	1,45	0,13	0,65	0,15	0,99	0,17
424230009	2,37	2,19	2,62	0,31	0,03	0,41	0,11	1,79	1,11
424230010	0,56	1,49	0,25	7,16	0,16	1,53	0,06	1,93	0,36
424230012	4,56	1,34	0,9	0,39	0,04	0,21	0,06	3,83	3,55
424230013	0,69	1,26	0,81	2,02	0,14	1,26	0,08	1,17	0,2
424230014	4,18	1,07	1,78	0,6	0,08	0,22	0,09	2,19	2,59
424260001	0,58	0,6	5,33	0,08	0,22	1,43	0,09	1,15	0,2
424260002	0,35	1,54	1,68	0,19	0,13	2,53	0,06	1,25	0,11
424260003	13,6	0,62	2,15	0,23	0,2	0,06	0,07	3	11,8
424260004	7,06	3,01	2,12	0,22	0,04	0,14	0,07	3,46	5,28
424270006	0,68	2,78	6,07	0,12	0,06	1,4	0,11	1	0,04
424270008	0,51	2,43	3,8	0,05	0,06	1,85	0,05	2,12	0,3
424270009	1,24	1,51	3,66	0,34	0,05	0,76	0,12	1,12	0,2
424270042	0,96	1,54	4	0,13	0,1	0,95	0,08	1,6	0,45
424270050	1,14	1,19	3,11	0,17	0,15	0,77	0,08	1,76	0,66
424270051	3,73	1,18	1,13	0,47	0,05	0,26	0,07	2,93	2,64
424270052	8,4	0,82	0,57	0,91	0,04	0,11	0,06	4,02	6,64
424270053	1,77	1,2	12	0,05	0,05	0,54	0,1	1,67	0,8
424280011	1,26	2,53	4,67	0,49	0,04	0,76	0,16	0,93	-0,0
424280025	0,73	2,37	5,67	2,69	0,03	1,32	0,23	0,51	-0,7
424280030	1,72	1,9	4,2	0,54	0,06	0,55	0,14	1,2	0,39
424280035	0,63	2,41	6,86	1,55	0,03	1,54	0,25	0,49	-0,6

INDICES HIDROGEOQUIMICOS MAS REPRESENTATIVOS (cont.)

N° REGISTRO	Na/Ca	Mg/Ca	Cl/SO4	Cl/HCO3	K/Na	MgCa/Nak	SO4/Cl	Na/Cl	NaKCl/CaMg
424280051	2,86	3,99	4,97	1,31	0,02	0,34	0,21	1	0,06
424280054	8,96	3,11	5,73	0,3	0,03	0,11	0,14	1,64	3,76
424280060	0,96	3,85	4,18	1	0,04	1	0,17	0,75	-0,3
424320005	2,24	1,6	18,1	0,04	0,04	0,43	0,11	1,64	0,95
424320007	1,19	1,04	11,1	0,07	0,05	0,8	0,11	1,28	0,32
424320009	1,07	1	9,09	0,06	0,06	0,88	0,09	1,59	0,46
424320010	1,43	1,34	5,62	0,11	0,06	0,66	0,09	1,72	0,68
424330016	0,26	1,64	11,2	0,69	0,07	3,56	0,25	0,25	-0,8
424330017	1,37	1,86	14,9	0,14	0,03	0,71	0,17	0,86	-0,2
424330027	0,62	6	14,8	0,28	0,03	1,55	0,19	0,5	-0,6
424330048	0,32	2,06	14,2	6,32	0,07	2,91	0,31	0,26	-0,9
424330053	1,08	1,29	8,36	0,19	0,04	0,9	0,16	0,92	-0,1
424330055	0,31	1,46	18,6	0,7	0,04	3,14	0,23	0,27	-0,8
424330056	0,89	2,44	11,6	0,34	0,03	1,09	0,19	0,64	-0,5
424330060	0,47	1,84	12,1	1,26	0,04	2,04	0,23	0,38	-0,8
424330153	0,82	1,46	1,7	0,18	0,07	1,14	0,06	2,09	0,49
424330154	0,69	0,87	9,11	0,04	0,31	1,11	0,08	1,38	0,4
424330155	1,23	1,7	12,9	0,3	0,02	0,8	0,2	0,73	-0,4
424330156	0,96	1,33	6,01	0,34	0,03	1	0,16	0,81	-0,2
424330157	0,5	1,57	3,82	0,11	0,06	1,86	0,08	1,19	0,11
424330158	1,03	2,32	6,71	0,15	0,05	0,93	0,12	1,1	0,15
424350001	2,68	1,68	8	0,52	0,02	0,36	0,18	1	0,06
424350015	2,41	1,45	11,1	0,23	0,02	0,41	0,18	1,06	0,2
424350016	2,45	1,32	10	0,29	0,03	0,4	0,18	1,03	0,15
424350019	1,84	1,28	10,6	0,54	0,04	0,52	0,21	0,82	-0,3
424350027	1,32	1,19	11,9	0,43	0,04	0,73	0,2	0,72	-0,5
424370002	1,18	2,85	2,08	3,96	0,03	0,82	0,17	0,79	-0,3
424370010	2,14	1,81	4,21	0,45	0,03	0,46	0,15	1,17	0,37
424370018	1,36	1,78	10,6	0,53	0,02	0,72	0,19	0,75	-0,4



**ANEXO 2**

**CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS E HIDROGEOQUIMICAS  
DE LOS PUNTOS DE AGUA CONSIDERADOS  
EN LA ISLA DE EL HIERRO**

## LEYENDA DE LOS CUADROS

### GEOLOGIA

SA 1 Serie Antigua 1  
SA 2 Serie Antigua 2  
SA 3 Serie Antigua 3

### NATURALEZA

4 Pozo  
8 Pozo con galerías  
D Galería, con pozo  
3 Manantial

IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS PUNTOS DE AGUA  
CON INFORMACION HIDROGEOQUIMICA

N° REGISTRO	TOPONIMIA	X	Y	COTA (msnm)	GEOLOGIA	NATURALEZA	PROF-OBRA (m)	PROF-MUE (m)
344370001	LA SALUD	194200	3073950	10,00	SA3	4	10,6	9,7
344370002	SAN SIMON	194100	3073750	25,00	SA3	8	25	
344380001	TIGADAY	203200	3073200	273,73	SA1	8	553	275
344380002	LOS LLANILLOS	200450	3073600	177,87	SA2	8	855	
344380003	LA CORUJA (POZO GUINEAS)	204000	3075450	75,98	SA3	4	75	74
344380004	TEJEGUATE	201900	3073950	177,50	SA2	8	465	174
344380005	FATIMA	203800	3074550	136,97	SA3	4	138	136
344440001	LOS JABLES	200100	3066300	10,00	SA2	D	1005	
344440002	LAS ALCUSAS	198350	3067050	8,00	SA2	D	738	
344440003	MANANTIAL MANCAFITE	195900	3071500	980,00	SA2	3		
344480001	TACORON	202450	3063650	40,00	SA2	D	1510	
354350001	TANCAJOTE (LAS COLCOSAS)	210100	3082200	190,00	SA2	8	198	167
354350002	LAS CASITAS (PUNTAS)	205750	3077900	60,00	SA1	8	230	
354350003	LOS PADRONES	204800	3076600	52,69	SA1	8	321,5	
354350005	AGUA NUEVA	204500	3076000	57,27	SA3	4	56,23	55
354350009	FRONTERA	204750	3074350	232,92		4	235	231
354360001	TAMADUSTE	214850	3080150	105,00	SA1	8	355	
354360002	VARADERO (LA ESTACA)	213700	3076400	35,00	SA1	8	320	
354360003	LA CALETA	215330	3078500	60,00	SA2	8	524	
354360004	EL MANANTIAL (TAMADUSTE)	214450	3081150	45,00	SA1	8	81,9	43
354360005	TIJIMIRAQUE NUEVO	212500	3074700	85,00	SA3	4	76	76
354410001	EL PARADOR	208350	3069250	10,00	SA1	D	170	
354410002	MANANTIAL ISORA	210200	3172800	730,00	SA2	3		
354410004	ICOTA	207600	3065900	7,60	SA1	D	375	

DETERMINACIONES "IN SITU"

N° REGISTRO	T* (°C)	CONDUCT. (uS/cm)	pH	O2 (mg/l)	CO2 (mg/l)	ALCA TA (mg/l CaCO3)	ALCA TAC (mg/l CaCO3)
344370001	21,5	15300	7,10	5,00	165		121
344370002		3020	7,50				
344380001	20,5	1107	6,50	7,00	60		58
344380002	23,9	2880	6,50				
344380003	17,1	2010	7,40	9,00	10		15
344380004	17,8	748	6,90	7,00	15		29
344380005							
344440001	23,8	2050	7,10				
344440002	25,0	1728	7,60				
344440003	9,0	355	5,40	7,00	5		3
344480001	20,6	1225	7,40				
354350001	18,5	2670	6,00	9,00	10		20
354350002	19,5	535	6,70	9,00	15		19
354350003	18,3	391	6,70	7,00	10		17
354350005		1641	7,70				
354350009							
354360001	18,8	775	7,80				
354360002	21,0	1715	7,90				
354360003	19,5	3310	6,70	2,00	95		49
354360004	20,0	1590	6,80	7,00	35		55
354360005	19,6	1050	6,50	10,00	15		14
354410001	21,0	1650	7,20	8,00	25		29
354410002	14,8	320	7,90	91,00		5	
354410004		1353	7,80				

DETERMINACIONES HABITUALES EN EL LABORATORIO

N° REGISTRO	pH	COND. (uS/cm)	CLORURO (mg/l)	SULFATO (mg/l)	BICARBON (mg/l)	CARBONAT (mg/l)	NITRATO (mg/l)	SODIO (mg/l)	POTASIO (mg/l)	CALCIO (mg/l)	MAGNESIO (mg/l)	SILICE (mg/l)	NITRITO (mg/l)
344370001	7,5	15530	4989	898	1430	0	0	3050	132	180	500		0,01
344370002	8,4	3700	408	223	1092	113	2	500	43	36	150	53,6	0,00
344380001	7,7	1045	33	66	596	0	1	160	19	24	44		0,02
344380002	7,1	2910	311	328	1321	0	0	380	68	100	180		0,01
344380003	8,1	1990	532	67	154	0	9	290	32	40	50		0,01
344380004	8,2	1029	137	81	283	4	20	160	96	8	12		0,02
344380005	8,0	1795	423	85	298	0	1	297	33	22	48	39,0	
344440001	7,5	2000	251	96	855	0	0	180	36	80	130		0,01
344440002	7,9	1703	55	168	959	0	0	180	25	50	125		0,01
344440003	7,0	348	92	21	17	0	0	54	2	7	6		0,41
344480001	8,3	959	170	48	213	8	5	156	26	8	24		0,00
354350001	8,0	2600	728	105	208	0	9	340	18	70	90		0,02
354350002	8,1	523	57	14	196	0	17	88	10	8	12		0,01
354350003	8,2	392	39	15	141	0	16	68	9	4	8		0,02
354350005	8,0	1674	483	71	143	0	2	250	41	21	48	30,0	
354350009	8,3	332	23	18	144	2	1	43	12	5	11	34,0	
354360001	7,8	738	76	41	267	0	39	144	5	16	12		0,01
354360002	8,1	1419	347	36	196	0	11	230	8	20	35		0,01
354360003	7,5	3270	820	96	542	0	4	450	20	70	120		0,01
354360004	7,8	1543	185	109	588	0	9	310	12	20	35		0,01
354360005	7,9	1795	509	72	111	0	3	256	19	19	58	54,0	
354410001	8,1	1784	429	90	258	0	2	200	15	35	95		0,00
354410002	7,8	305	55	16	46	0	6	32	9	6	10		0,00
354410004	8,3	1303	312	94	161	5	1	192	30	11	40	39,0	

INDICES HIDROGEOQUIMICOS MAS REPRESENTATIVOS

N° REGISTRO	Na/Cl	Na/CaMg	Mg/Ca	Cl/SO4	Cl/HCO3	K/Na	MgCa/Nak	SO4/Cl	NaKCl/CaMg
344370001	0,94	2,62	4,56	7,41	6,11	0,03	0,37	0,13	-0,10
344370002	1,88	1,52	6,83	2,44	0,65	0,05	0,62	0,41	0,79
344380001	7,45	1,43	3,01	0,67	0,10	0,07	0,65	1,50	1,34
344380002	1,88	0,83	2,95	1,26	0,41	0,10	1,10	0,79	0,47
344380003	0,84	2,04	2,05	10,59	6,05	0,06	0,46	0,09	-0,27
344380004	1,79	4,97	2,46	2,26	0,85	0,35	0,15	0,44	3,93
344380005	1,08	2,54	3,58	6,64	2,48	0,06	0,37	0,15	0,35
344440001	1,10	0,53	2,67	3,49	0,51	0,12	1,70	0,29	0,11
344440002	5,03	0,61	4,10	0,44	0,10	0,08	1,52	2,29	0,54
344440003	0,90	2,76	1,41	5,84	9,47	0,02	0,35	0,17	-0,24
344480001	1,41	2,83	4,92	4,72	1,40	0,10	0,32	0,21	1,10
354350001	0,72	1,34	2,11	9,24	6,13	0,03	0,72	0,11	-0,49
354350002	2,37	2,73	2,46	5,43	0,51	0,07	0,34	0,18	1,76
354350003	2,68	3,42	3,28	3,47	0,48	0,08	0,27	0,29	2,40
354350005	0,79	2,16	3,75	9,07	5,91	0,10	0,42	0,11	-0,35
354350009	2,87	1,61	3,61	1,70	0,28	0,16	0,54	0,59	1,31
354360001	2,91	3,47	1,23	2,47	0,50	0,02	0,28	0,40	2,35
354360002	1,02	2,56	2,87	12,85	3,10	0,02	0,38	0,08	0,10
354360003	0,84	1,45	2,81	11,39	2,65	0,03	0,67	0,09	-0,23
354360004	2,57	3,44	2,87	2,26	0,55	0,02	0,28	0,44	2,18
354360005	0,77	1,93	5,01	9,43	8,02	0,04	0,50	0,11	-0,49
354410001	0,72	0,90	4,45	6,36	2,91	0,04	1,06	0,16	-0,32
354410002	0,89	1,23	2,73	4,58	2,09	0,16	0,70	0,22	0,05
354410004	0,95	2,16	5,96	4,43	3,39	0,09	0,43	0,23	0,07