UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROCESOS

TESIS DOCTORAL

ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DESDE EL PUNTO DE VISTA FÍSICO-QUÍMICO Y ORGÁNICO DEL ACUÍFERO DE AMURGA (SUR DE GRAN CANARIA)

Mª DOLORES CARRASCOSA CHISVERT

Las Palmas de Gran Canaria, 2006

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Departamento: INGENIERÍA DE PROCESOS

Programa de Doctorado: INGENIERÍA AMBIENTAL Y DESALINIZACIÓN

Título de la Tesis

ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DESDE EL PUNTO DE VISTA FÍSICO-QUÍMICO Y ORGÁNICO DEL ACUÍFERO DE AMURGA (SUR DE GRAN CANARIA)

Tesis Doctoral presentada por D/Dª Mª Dolores Carrascosa Chisvert

Dirigida por el Dr/a. D/Dª. Juan Emilio González González

Codirigida por el Dr/a. D/Dª. Juan José Santana Rodríguez

El/la Director/a,	**El/la Codirector/a**	**El/la Doctorando/a,**
(firma)	**(firma)**	**(firma)**

Las Palmas de Gran Canaria, a 29 de Noviembre de 2006

A mi familia,

A Sergio.

Agradecimientos

En primer lugar deseo expresar mi profundo agradecimiento al Dr. D. Juan Emilio González González, Catedrático de Universidad, y al Dr. D. Juan José Santana Rodríguez, mis directores de esta Tesis Doctoral, la dedicación que me han prestado durante todos los años de realización de este estudio y la ayuda que me han proporcionado para la redacción de esta memoria. Por los consejos, sugerencias y por el ánimo que me han dado en los momentos difíciles.

También quiero mostrar mi gratitud al grupo CAFMA del Departamento de Ingeniería de Procesos por su apoyo incondicional hacia mi persona. Gracias de todo corazón.

A ELMASA por haber hecho posible la obtención de las muestras y a Reyes por ayudarme en los muestreos.

A mis compañeros de trabajo, por haberme hecho pasar los días más llevaderos y por apoyarme tanto en los días buenos como en los malos. En especial a Javier Gracia y a David, por ayudarme y entenderme.

Finalmente, deseo agradecer especialmente a mi familia y, por supuesto, a Sergio, por el apoyo que me han dado en todo momento para que esta Tesis haya llegado a su fin. Sin su apoyo no lo habría logrado.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.- 1
1.1. Introducción.- 3
1.2. Situación.- 3
1.2.1. Localización de la zona de estudio.- 3
1.2.2. Datos climáticos y de vegetación.- 5
1.2.3. Datos socioeconómicos.- 9
1.3. Uso del agua y del agua subterránea en Gran Canaria.- 10
1.4. Fisiografía de la zona de estudio.- 14
1.5. Antecedentes.- 16
1.6. Objetivos.- 18
1.7. Metodología general de la investigación.- 19
1.7.1. Gabinete.- 19
1.7.2. Campo.- 19
1.7.3. Laboratorio.- 20

2. GEOLOGÍA.- 21
2.1. Introducción.- 23
2.2. Investigaciones previas.- 23
2.3. Marco geológico de las Islas Canarias.- 24
2.4. Marco geológico de la Isla de Gran Canaria.- 26
2.4.1. Ciclo I (de 15,7 a 8,3 Maños).- 27
2.4.2. Etapa erosiva (de 8,3 a 5,5 Maños).- 29
2.4.3. Ciclo II o Roque Nublo (de 5,5 a 3,4 Maños).- 30
2.4.4. Ciclo III o Post-Roque Nublo y Episodios recientes.- 30
2.5. Marco geológico de la zona de estudio.- 31

3. MARCO HIDROGEOLÓGICO.- 41
3.1. Introducción.- 43
3.2. Características hidrogeológicas de las formaciones volcánicas.- 43
3.3. Características hidrogeológicas de los materiales de la zona de estudio.- . 46
3.4. Piezometría y Parámetros Hidráulicos.- 48
3.4.1. Introducción.- 48
3.4.2. Datos piezométricos.- 49
3.4.3. Balance en el Macizo de Amurga.- 50

3.4.4. Parámetros hidráulicos.- 54

4. HIDROQUÍMICA.- 57

4.1. Introducción.- 59

4.2. Metodología.- 59

4.2.1. Muestreo de agua subterránea.- 59

4.2.2. Determinación de los parámetros físico-químicos.- 60

4.3. Análisis estadístico multivariante.- 66

4.4. Características generales de la química del agua en terrenos volcánicos.- 67

4.5. Caracterización química del agua subterránea.- 69

4.5.1. Determinación de algunas características hidroquímicas de la zona de estudio.- 69

4.5.2. Registros de Conductividad Eléctrica y Temperatura en sondeos de la zona de estudio.- 77

4.5.2.1. Registros.- 81

4.5.3. Caracterización de la composición iónica de la zona de estudio.- 88

4.5.4. Características generales de las aguas deducidas de los Diagramas Piper.- 100

4.5.5. Análisis de series temporales de las aguas de los pozos: Diagramas Schöeller-Berkaloff.- 102

4.5.6. Estudio de algunos parámetros químicos de interés.- 107

4.5.6.1. pH.- 108

4.5.6.2. Conductividad eléctrica.- 111

4.5.6.3. Nitratos.- 113

4.5.6.4. Cloruros.- 114

4.5.6.5. Sulfatos.- 116

4.5.6.6. Bicarbonatos.- 117

4.5.6.7. Sílice.- 119

4.5.6.8. Magnesio.- 119

4.5.7. Relaciones iónicas.- 121

4.5.7.1. rNa/rCl.- 122

4.5.7.2. rNa/rK.- 122

4.5.7.3. rSO_4/rCl.- 124

4.5.7.4. rMg/rCl.- 127

4.5.7.5. rSO_4/rCa.- 128

4.5.7.6. rMg/rCa.- 130

4.5.7.7. rCl/r(HCO_3 + CO_3).- 132
4.5.7.8. Cl/F (molar).- 132
4.5.7.9. rCl/rBr.- 134
4.5.8. Interacción agua subterránea-roca.- 136
4.5.8.1. Estados de saturación.- 136
4.5.8.2. Diagramas de equilibrio de las fases silicatadas.- 143
4.5.8.3. Presión parcial de CO_2.- 148
4.5.9. Análisis multivariante.- 148

5. ANÁLISIS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS.- 165
5.1. Introducción.- 167
5.2. Evaluación de la exposición a compuestos orgánicos persistentes.- 172
5.2.1. Toxicología humana.- 174
5.3. Metodología analítica para la determinación de compuestos orgánicos persistentes en aguas subterráneas.- 177
5.3.1. Toma de muestras.- 179
5.3.2. Preparación de la muestra.- 180
5.3.3. Determinación instrumental.- 181
5.4. Selección de los compuestos orgánicos a analizar.- 188
5.4.1. Plaguicidas organoclorados (OCs).- 191
5.4.1.1. DDT y análogos.- 195
5.4.1.2. Hexaclorociclodienos (HCH).- 196
5.4.1.3. Ciclodienos.- 196
5.4.1.4. Metoxicloro.- 197
5.4.1.5. Bifenilos Policlorados.- 200
5.4.2. Plaguicidas Organofosforados (OPs).- 202
5.4.3. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs).- 204
5.5. Determinación de contaminantes orgánicos en las aguas subterráneas de la zona de estudio.- 215
5.5.1. Introducción.- 215
5.5.2. Reactivos, material y equipo instrumental.- 217
5.5.2.1. Reactivos.- 217
5.5.2.2. Material.- 218
5.5.2.3. Equipo instrumental.- 218
5.5.3. Resultados.- 221

6. DISCUSIÓN GENERAL.- 233
6.1. Introducción.- 235
6.2. Geología.- 235
6.3. Hidroquímica.- 236
6.3.1. Barranco de Tirajana.- 239
6.3.2. Barranco de Arguineguín.- 243
6.3.3. Macizo de Amurga.- 245
6.4. Análisis de compuestos orgánicos.- 250

7. CONCLUSIONES.- 253

8. BIBLIOGRAFÍA.- 259

ANEXOS.- 279
Anexos del capítulo 4 (Hidroquímica).- 280
A4.1. Parámetros químicos.- 281
A4.2. Diagramas Schöeller-Berkaloff. - 337
A4.3. Diagramas Piper.- 367
A4.4. Diagramas Stiff.- 397
A.4.5. Familias hidroquímicas.- 409
A4.6. Mapas de isolíneas.- 413
A4.7. Datos hidroquímicos. WateQ4f.- 453

Anexos del capítulo 5 (Análisis de compuestos orgánicos).- 477
A5.1. Preparación de patrones.- 478
A5.2. Condiciones del Ms/Ms.- 485
A5.3. Límites de detección y de cuantificación.- 491
A5.4. Cromatogramas.- 497
A5.4.1. Pesticidas Organoclorados.- 499
A5.4.2. Pesticidas Organofosforados.- 515
A5.4.3. Policloruros Bifenilos.- 531
A5.4.4. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.- 547

ÍNDICE DE TABLAS.- 563

ÍNDICE DE FIGURAS.- 569

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Este trabajo de investigación surge a partir de los numerosos interrogantes relacionados con la elevada salinidad y la baja calidad de las aguas subterráneas en la zona elegida para el estudio, situada en el sur de Gran Canaria (Barranco de Tirajana, Macizo de Amurga, Barranco de Fataga y Barranco de Arguineguín).

Dicha labor investigadora se ha desarrollado entre los años 2001 y finales de 2004, aunque se han obtenido datos de un estudio anterior realizado por el grupo CAFMA, que comenzó en el año 1994. Al ser la zona de estudio una de las que mayores problemas presenta con respecto a la calidad química del agua subterránea, hemos desarrollado diversos estudios que permiten resolver las distintas incógnitas respecto del origen de la salinidad, y lo hemos planteado desde la perspectiva de la realización de un estudio hidrogeoquímico detallado del ciclo hidrológico del agua.

El estudio se inicia con la caracterización hidrogeoquímica del agua subterránea en su recorrido en el subsuelo. Para la realización del estudio hidrogeoquímico se utilizaron distintas técnicas hidroquímicas y de modelación hidrogeoquímica y continua con los análisis de contaminantes orgánicos de los pozos situados en la zona de estudio. En esta caracterización se incluye el estudio de las variaciones espaciales de la salinidad y evolución de la salinidad del agua subterránea con el tiempo, además del estudio de compuestos orgánicos en las aguas subterráneas como son los Pesticidas Organoclorados, Organofosforados, Policloruros Bifenilos (PCBs) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs).

1.2. Situación

1.2.1. Localización de la zona de estudio

El Archipiélago Canario se extiende a 115 Km. de la costa occidental africana, entre los 27º y 30º de latitud norte, y 13º y 19º de longitud oeste. Formado por siete islas mayores que son: Tenerife, Fuerteventura, Gran Canaria, Lanzarote, La Palma, La Gomera y El Hierro. La isla de Gran Canaria (Figura 1.1), ocupa una posición central en el Archipiélago Canario, tiene una superficie aproximada de 1532 Km^2 y una altura máxima de 1950 m (Pico de las Nieves) en la zona central de la isla.

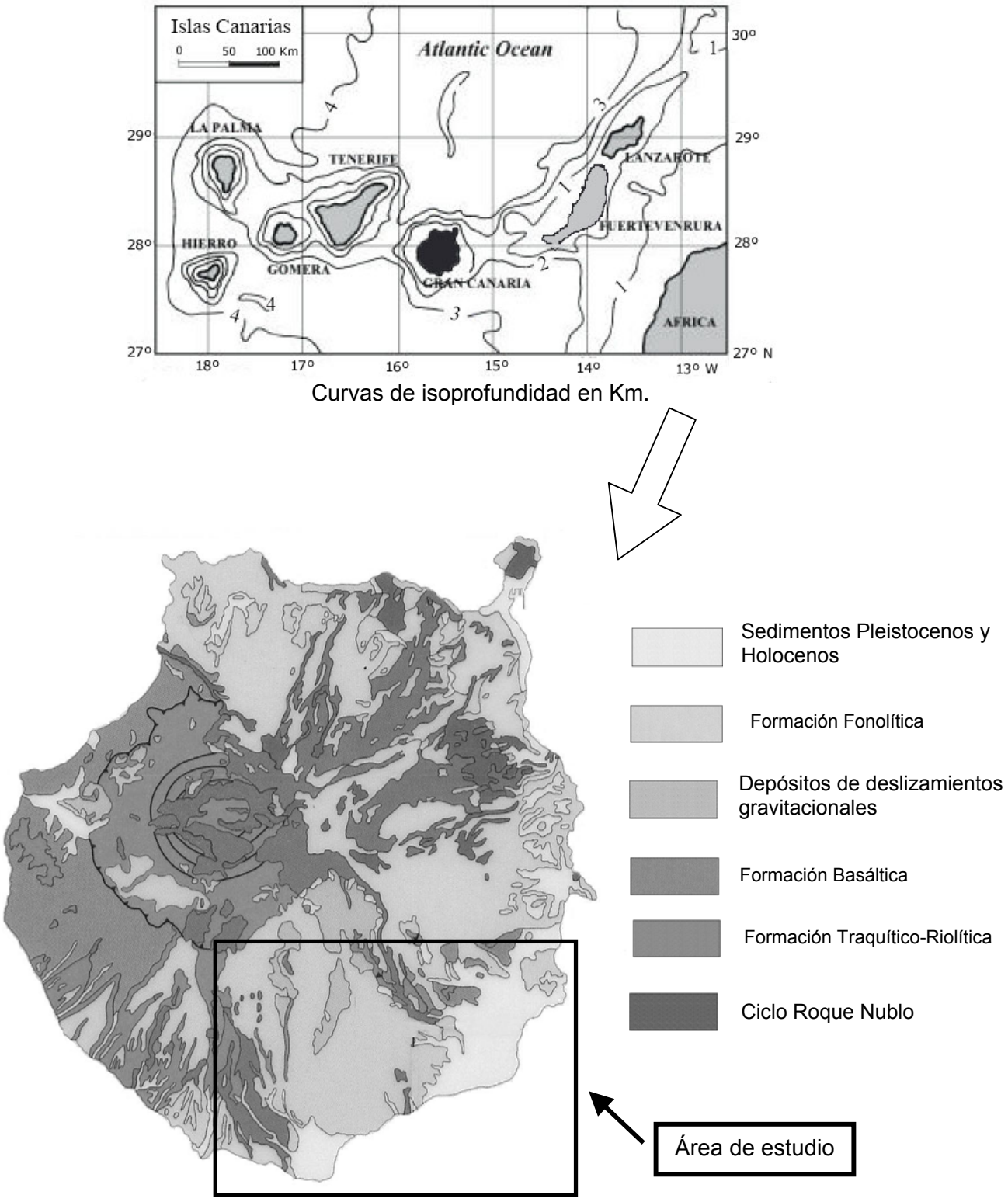


Figura 1.1.- Situación geográfica de la zona de estudio con reseña geológica general.

Si se le hace un corte transversal a la isla se presenta como una amplia meseta central que desciende por rampas inclinadas hacia la costa **[1]**, aunque debido a la erosión se han originado una red de barrancos radiales que han mordido la meseta central (Figura 1.2).

Este trabajo de investigación se ha centrado en el Macizo de Amurga, ubicado al sureste de la isla en el municipio de San Bartolomé de Tirajana, caracterizado por una morfología más o menos triangular que tiene su inicio en la cota más alta de la isla (Pico de Las Nieves, 1950 m) y va descendiendo en altitud y divergiendo sus límites en dirección al mar. Dentro del área de estudio (Figura 1.3) están incluidos el Barranco de Arguineguín, y el Barranco de Fataga, al oeste del municipio, el Barranco de Tirajana, al este y el Macizo de Amurga, propiamente dicho, en la parte central, incluyendo un total de 333 Km^2 (un 21% de la isla).

1.2.2. Datos climáticos y de vegetación

El clima canario está ligado a las corrientes oceánicas y a los vientos (Figura 1.4). Su origen, características y efectos dependen de la latitud, del marco geográfico y del relieve de las islas. Los factores geográficos más importantes son la corriente oceánica de Canarias, la proximidad al continente africano y la orografía, dando lugar a contrastes climáticos y paisajísticos.

Aunque situado en la zona subtropical (28º), el archipiélago presenta una temperatura media anual moderada (20º), por la presencia casi permanente de los vientos alisios, generados por el anticiclón de las Azores. Además, las diferencias térmicas entre el océano y las tierras producen vientos locales.

La circulación de los vientos alisios, de componente nor-noreste, choca contra la isla por la fachada norte y se convierte en una componente sureste. En la vertiente norte, la capa de aire húmeda origina un mar de nubes que aporta una elevada humedad relativa al aire. La mitad sur queda expuesta a una mayor sequedad de los vientos.

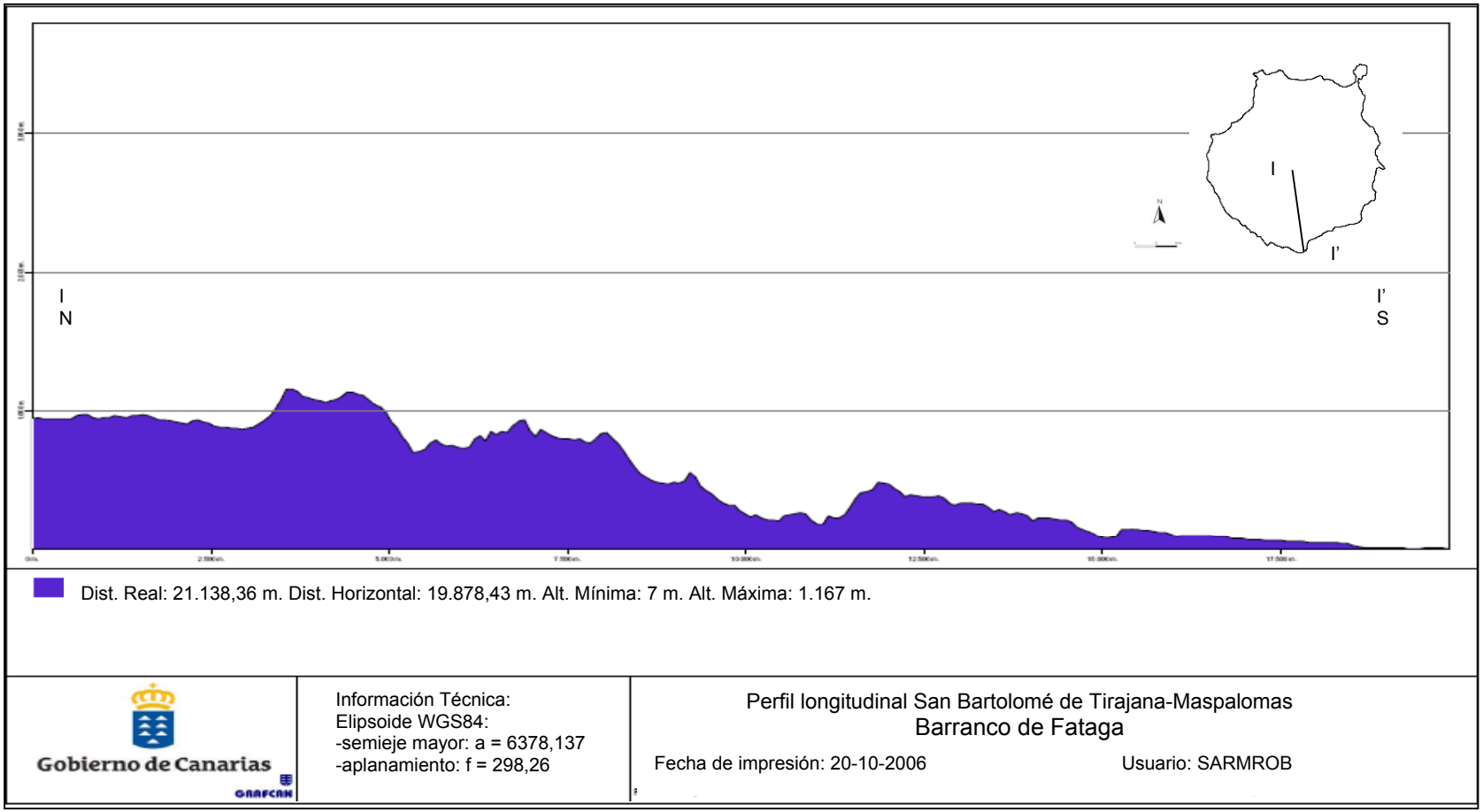


Figura 1.2.- Corte transversal de la zona de estudio situada en el Barranco de Fataga (I-I').

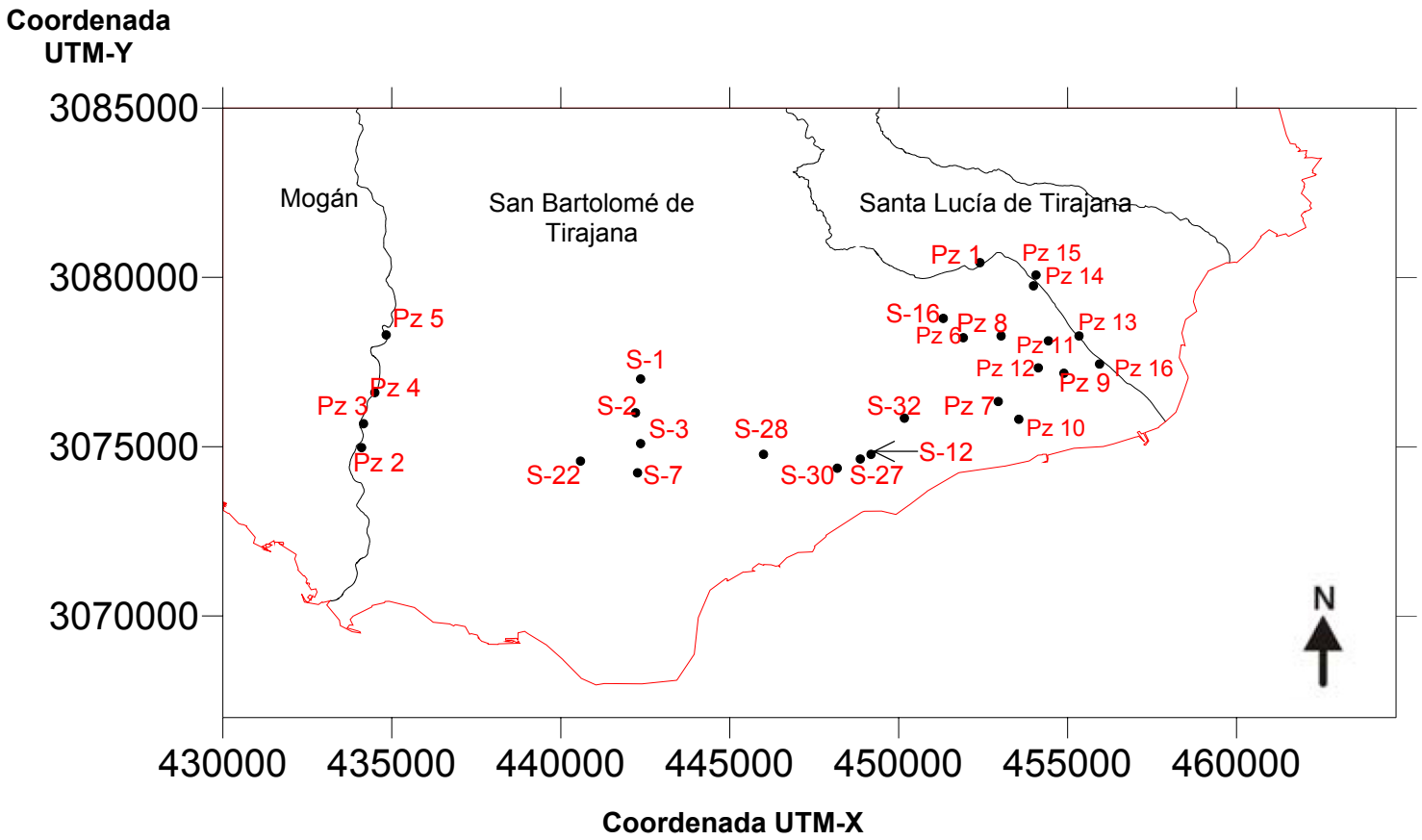


Figura 1.3.- Situación geográfica de los pozos y sondeos objeto de estudio.

La pluviometría está controlada por el relieve y la exposición de las vertientes **[2]**. En general su distribución es irregular: escasa en la franja litoral, con valores medios prácticamente siempre inferiores a 350 mm/año, que se incrementa con la altitud, hasta 500-1000 mm/año, según la vertiente **[3]**. Esta escasez de precipitaciones determina que los barrancos estén secos durante la mayor parte del año, llevando agua sólo en épocas de grandes lluvias. En cuanto las temperaturas se caracterizan por ser suaves y agradables durante la mayor parte del año, con medias raramente inferiores a 18ºC. Los meses de verano son los más calurosos, con temperaturas que oscilan entre 20ºC y 28ºC **[4]**.

En cuanto a las características climáticas de San Bartolomé de Tirajana vienen determinadas a grandes rasgos por su localización a sotavento de la Isla, y por la contrastada orografía en las zonas medias y altas, que introduce variaciones locales a las circunstancias climáticas generales. Todo ello origina una amplia variedad de gamas climáticas que van desde la existencia de extensas superficies sometidas a un régimen pluviométrico escaso con temperaturas medias suaves, a la presencia de áreas más reducidas que alcanzan precipitaciones medias que superan los 500 mm anuales con registros termométricos que en invierno pueden descender ocasionalmente por debajo de los 0ºC.

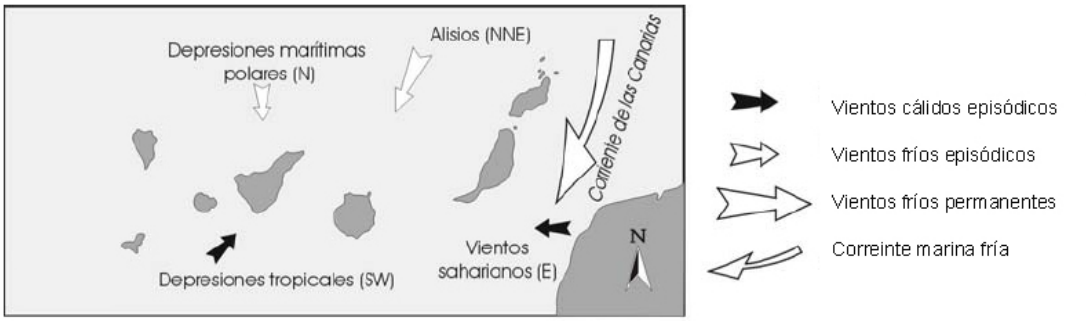


Figura 1.4.- Corrientes marinas y vientos que afectan al archipiélago canario.

Las características climáticas y orográficas, así como las edáficas, condicionan el tipo de vegetación, estableciendo una estratificación en su distribución. Las zonas de cotas inferiores están dominadas por comunidades de plantas xerofíticas, a menudo endémicas, entre las que destacan las *Euphorbias* (tabaibales y cardonales) y las palmeras (con *Phoenix canariensis* como tipo principal y más representativo) **[5]**. Además en la zona de estudio son frecuentes algunos tipos introducidos, como las pitas (*Agave americana*) y las tuneras (*Opuntia*). En áreas intermedias, los extensos bosques de Laurisilva de la costa norte han quedado relegados a unas pocas zonas. Casi las únicas formaciones boscosas están representadas por los pinares, con predominio de *Pinus canariensis* **[6]**.

1.2.3. Datos socioeconómicos

Gran Canaria es la tercera isla de las orientales del Archipiélago canario, situado a 150 kilómetros de la costa africana y a 1.350 Km. de la Península Ibérica y Europa.

La Población de Gran Canaria es una de las más elevadas del archipiélago, en la actualidad sobrepasa los 800.000 habitantes, con una densidad media de población de 490 hab. /Km^2, según el censo de población del año 2005 **[7]**, con un extremo en Las Palmas con **3593** hab. /Km^2 **[1]**.

La isla está altamente poblada y se distribuye de manera muy dispersa a lo largo de su geografía. Los principales núcleos urbanos se localizan en el N, NE y E. El núcleo principal es la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, su capital; otras poblaciones importantes son Gáldar, y Arucas en el norte, Teror y Santa Brígida, en la zona noroeste y Telde, Agüimes e Ingenio en el este. La zona occidental y suroccidental está, por el contrario, menos habitada. En la parte meridional que abarca San Agustín, Maspalomas y Puerto Rico es donde se concentran las principales zonas turísticas, también altamente pobladas y urbanizadas.

En la actualidad el gran motor económico de la isla es el turismo, que al tiempo ha sido el artífice del desarrollo del sector de la construcción. Paralelamente, la agricultura, que históricamente tuvo un papel importante en el devenir insular, ha ido perdiendo peso y cada día hay más dificultades para los exportadores

hortofrutícolas, principalmente de tomates y plátanos (Tabla 1.1). Mantiene su importancia, eso sí, el puerto de La Luz y de Las Palmas, que por su superficie, su tránsito y actividad comercial está considerado como uno de los más importantes del Atlántico.

Tabla 1.1.- Evolución de la superficie cultivada de los principales cultivos en el municipio de San Bartolomé de Tirajana en los años 1998 al 2000 (Fuente: ISTAC **[8]**).

Año	Cultivo Naranjas (Ha)	Cultivo Plátano (Ha)	Cultivo Tomate (Ha)	Cultivo Papas (Ha)
1998	40	90	510	38
1999	40	90	610	38
2000	40	160	25	32

1.3. Uso del agua y agua subterránea en Gran Canaria

El agua en Gran Canaria se utiliza por tres grupos principales:

- Abastecimiento a la población (incluye el abastecimiento a la actividad turística)
- Usos agrícolas y ganaderos
- Industria

Una parte importante de los recursos hídricos de la isla están destinados para el abastecimiento de la población, la cual es de 802.247 habitantes **[7]**. Sin embargo la gran actividad turística a raíz del “boom turístico” de los años sesenta de la isla ha hecho que la demanda de agua para el abastecimiento de la población sea creciente. Demanda de agua que ya no puede ser cubierta únicamente con los recursos hídricos superficiales y subterráneos, por lo que ha de recurrirse a la desalación de agua de mar, y depuración y reutilización de aguas negras; sistemas de producción de agua que inexorablemente suponen un

consumo energético muy importante y una dependencia casi absoluta del petróleo. De ahí que en los últimos años, se esté recurriendo a la desalación de agua de mar y depuración de aguas negras a través de energía eléctrica procedente de fuentes renovables.

Pero no sólo se están produciendo cambios en cuanto al origen de los recursos hídricos, sino también en lo que se refiere a los consumos de agua. Consumos minoritarios años atrás como el urbano y turístico, hoy día son muy importantes. Por el contrario, la demanda agrícola de agua ha descendido de un modo considerable y el consumo industrial presenta mucha menor envergadura que los anteriores, dado el escaso desarrollo de este sector en la isla.

En la planificación hidrológica es fundamental conocer, por un lado, los recursos hídricos disponibles y, por otro, los consumos y demandas actuales y previsibles. Los recursos pueden dividirse en convencionales (superficiales y subterráneos) y no convencionales (desalación de agua de mar y depuración de aguas negras), siendo los primeros consecuencia del ciclo hidrológico natural (Tabla 1.2).

Tabla 1.2.- Recursos de agua en Gran Canaria. Hm^3 **[1, 9]**

	1973	**1990**	**1999**	**2002**	**2006**	**2012**
Subterráneos	125	98	80	39	30,5	23,5
Superficiales	30,0	11,0	11	11	11,5	11
Desalación	4,5	21,0	45	89	90	102
Depuración	2,6	-	8	21	39,5	43,5
Total	**162**	**130**	**144**	**160**	**171**	**180**

En Gran Canaria se ha producido un cambio de primera magnitud en lo que al uso del agua se refiere (Tabla 1.3). Si bien en 1973 el 80,2% del agua se dedicaba a la agricultura, en la actualidad sólo consume el 58,3% de las aguas de la isla; un 21,9% menos. Esto se ha producido por el progresivo abandono de la agricultura y la disminución de la demanda de agua por el empleo de técnicas de riego de bajo consumo (aspersión y goteo). Por el contrario, la demanda urbana y turística de

agua no ha cesado de aumentar; mientras en 1973 representaba el 19,75% del consumo hídrico de Gran Canaria, en la actualidad acapara el 40,27%, y en las proyecciones a los años 2002, 2006 y 2012, representará el 43,3%, 46,2% y 48,3%, respectivamente. Una parte de las demandas urbano-turísticas se han cubierto con aguas desaladas; el resto lo han hecho con aguas que tradicionalmente se destinaban a la agricultura.

Tabla 1.3.- Consumos de agua de Gran Canaria (Hm^3) **[1, 9]**

	1973	**1990**	**1999**	**2002**	**2006**	**2012**
Urbano	26	38	43	55	62,5	68
Turístico	6	15	11,5	14	16,5	19
Agrícola	130	75	83,5	83,5	83,5	83,5
Industrial	-	2	6	7,5	8,5	9,5
Total	**162**	**130**	**144**	**160,5**	**171**	**180**

En las Islas Canarias, el recurso natural más preciado, ha sido el agua. Las ***aguas superficiales*** sólo se han aprovechado en las tres islas occidentales, las más áridas, aunque más tarde se contemplaron otras obras en los Planes Hidrológicos de los diferentes cabildos insulares (embalses, desaladoras, etc.) **[1]**.

En Gran Canaria se aprovechan las aguas producidas por tormentas esporádicas con embalses, muy abundantes en esta isla. Se construyen principalmente en el fondo de los barrancos que alcanzan las formaciones ácidas (ignimbritas, traquitas…), que son las más impermeables. Debido al encajamiento de los barrancos, para embalsar un volumen apreciable ha sido y es necesaria la construcción de presas muy altas (que entran en la categoría de grandes presas).

Para la captación de ***aguas subterráneas***, tradicionalmente se emplean las galerías drenantes o los pozos. En Gran Canaria, el sistema tradicional es la construcción de pozos de tres metros de diámetro excavados con explosivos hasta incluso profundidades de más de 400 metros, y parcialmente consolidados.

Frecuentan los sondeos suplementarios en el fondo de los pozos, cuando las aguas empiezan a mineralizarse. El agua captada será, por tanto, la mezcla de todas las aguas interceptadas; será importante tenerlo en cuenta en la interpretación de las características químicas de las aguas.

Las obras realizadas en la zona de estudio son pozos perforados con percusión de 60 a 160 metros de profundidad, generalmente, con un diámetro de 300 mm, entubados con tubo de 240 mm y parcialmente rasurados los últimos 30 a 50 metros. El agua es aspirada en el fondo del sondeo y representa una mezcla vertical.

La explotación intensa que comenzó en la década de los sesenta ha provocado un descenso continuo del nivel freático general: 350 m en el centro de la isla y más de 60 metros en la costa sur. Como promedio se puede estimar este descenso en 10m/año **[10]**. Esto ha provocado el empobrecimiento de las fuentes y la desaparición de la escorrentía superficial permanente; por consiguiente, aparece la necesidad de perforar siempre a más profundidad y el abandono progresivo de las obras insuficientemente productivas.

En Gran Canaria el agua de mar se desaliniza por varios sistemas:

- Electrodiálisis (ED), que, junto a la ósmosis inversa, es un sistema de desalación con membrana. Solo sirve para aguas salobres (de <2000 a 5000 mg/L de sales). Produce un agua menos salina pero no pura. En general son unidades pequeñas y la energía eléctrica hace que se separen los iones mediante una membrana.

- Ósmosis inversa (RO). La presión hace pasar el agua por la membrana dejando atrás las sales. Para aguas de hasta 10 000 mg/L de sales e incluso agua de mar. Actualmente es el sistema que está en auge y es el sistema empleado para desaladoras de nueva construcción.

En el caso de las aguas explotadas en el Macizo de Amurga, cuya salinidad es bastante elevada no permite su distribución en estado natural como agua de abastecimiento para la zona turística de San Agustín, El Inglés y Maspalomas se emplea el sistema de electrodiálisis (ED).

1.4. Fisiografía del área de estudio

El área de estudio puede ser dividida en cuatro unidades fisiográficas principales correspondientes a las cuencas: Arguineguín, Ayagaures-Fataga, Amurga y Tirajana.

Arguineguín: La Cuenca de Arguineguín ejerce de límite geográfico oeste claro, donde la prolongación del valle en "V", que por momentos se encaja, discurre hacia el mar tras haber solucionado el contacto en la zona media-alta con el barranco de Ayacata, el valle colgado de Chira y, más abajo, el pequeño barranco de Excusabarajas. En esta disposición orográfica, los interfluvios se resuelven en relieves culminantes residuales y cresterías, destacando el lomo basáltico de La Palma, que separa la presa de Soria de la de Chira, y cuya presencia no deja de ser extraña en este ámbito fonolítico. Este es uno de los barrancos más largos de la isla.

Ayagaures-Fataga: Situados más al Este, y separada de la anterior por las Rampas de Santidad y los Lomos de Pedro Afonso, tienen su desarrollo la Cuenca de La Data y la Cuenca de Fataga que conforman el tramo central del municipio. Se trata de un amplio espacio deprimido, con valles en "V" y barrancos más o menos encajados que se intercalan con rampas y cresterías fonolíticas, a excepción de la superficie de aplanamiento que caracteriza el área de Las Mesas. El elemento de conexión los establece el arco topográfico de Las Cruces y la Cuesta de Fataga, a partir de los cuales se abren las respectivas cabeceras hídricas en dirección norte-sur, alcanzando el ámbito costero en las inmediaciones de Maspalomas y llegando a englobar una vasta superficie de unos 152 Km.

De las dos cuencas, la de Fataga incorpora una mayor riqueza geomorfológica si cabe, especialmente por su carácter de valle artesado (valle llano de gran pendiente), en el que las laderas escarpadas se disponen en terrazas más o menos aparentes, y por el importante desarrollo de los depósitos de deslizamientos gravitacionales en el tramo medio alto del cauce, llegando alcanzar decenas de metros de espesor y cuya pared final podemos observarla desde el mirador al sur de Artedara.

El tramo costero central culmina en un amplio depósito de arenas y conglomerados poligénicos y heterogéneos en su tamaño. En este conjunto, incluimos como ámbito menos litoral el conjunto de terrazas aluviales a unos 15-20 metros de altitud, cuyo origen podemos datarlo durante el período interglaciar (100.000 años aprox.). Sobre este conjunto se asienta el complejo turístico de Maspalomas-Playa del Inglés, por lo que su relevancia geomorfológica y geológica ha quedado poco menos que reducida a fragmentos marginales. Caso contrario ocurre con el campo dunar de Maspalomas, cuyo origen tiene que ver con un nuevo proceso de regresión marina que dejó al descubierto la plataforma de abrasión sobre la que se depositaron las áreas organógenas y materiales aluviales, los cuales, a su vez, quedaron distribuidos por la acción eólica y marina conformando la actual formación del relieve, de unos 5 km^2.

Tirajana: La franja septentrional del municipio de San Bartolomé de Tirajana se completa con la otra gran cuenca, la de Tirajana. Prolongada hacia el mar, a la altura de Juan Grande, y con un drenaje de unos 76 Km^2, adquiere una destacable riqueza geomorfológica en todos sus tramos, aunque en su cabecera recoge las formas más monumentales. En efecto, entre éstas, la caldera erosiva que cae desde el área cumbrera mediante los Riscos de Tirajana, constituye uno de los pocos ejemplos de este tipo de relieves en el Archipiélago Canario. La antigüedad de los procesos erosivos que labraron y derruyeron el primigenio escudo orográfico y la existencia de una línea de debilidad estructural en el roquedo fonolítico y en esta orientación, generaron esta depresión en forma de herradura, cuyo perímetro llega alcanzar los 15 Km.

En esta zona volvemos a observar un amplio desarrollo de los depósitos en masa, llegando a alcanzar todas las laderas bajas y cauces del entorno de Tunte, circundado por amplios coluviones de laderas que se apoyan sobre los riscos escarpados que sirven de borde. En estos, conviene no olvidar la peculiaridad del pitón fonolítico de Risco Blanco, aunque su interés es más geológico, por la rareza del proceso geológico que lo produjo.

En el tramo suroriental, los Llanos de Juan Grande constituyen una amplia plataforma sedimentaria que se prolonga hacia el norte, generada por los continuos depósitos de sedimentos aluviales desalojado de la Cuenca de Tirajana, conformando su amplio delta.

Amurga: Entre la cuenca de Fataga y la de Tirajana, podemos destacar otra importante unidad geomorfológica, representada en las Rampas de Amurga. Se trata del fragmento más importante en el sur grancanario del antiguo escudo fonolítico que constituía la Isla, observándose en la actualidad como una amplia rampa triangular fracturada desde el litoral hacia el norte por barrancos más o menos importantes (Las Palmas, Barranco Hondo, etc.). En su interior, habría que destacar el edificio volcánico de Las Tabaibas, de edad pleistocena y relativamente bien conservado.

El relieve de la zona costera se resuelve en un conjunto de unidades básicamente sedimentarias, a excepción de los lomos basálticos que sirve de continuación hacia el sur de las rampas de Pedro Afonso. En este sentido, en el tramo suroccidental del municipio se extiende el conjunto de lomos sedimentarios de Santa Águeda, los cuales configuran el ejemplo en el sur de la Isla de la Formación Detrítica de Las Palmas, de gran relevancia geomorfológica y geológica, al constituir un compendio de diferentes procesos eruptivos y sedimentarios de la historia geológica grancanaria.

1.5. Antecedentes

El primer estudio de carácter general fue el SPA-15 **[9]** (Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias), en el año 1975. Trabajo realizado por el Ministerio de Obras Públicas y la Dirección General de Obras Hidráulicas, dentro del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la UNESCO. Se hicieron estudios de hidrología subterránea y de superficie a nivel regional de todas las islas del Archipiélago Canario. En este estudio se seleccionaron 35 pozos con el objeto de investigar los parámetros hidráulicos de las formaciones de Gran Canaria. Se realizaron 100 ensayos de bombeo y recuperación. Con los resultados obtenidos se elaboró un mapa de transmisividades de las diferentes formaciones estudiadas.

Ya en 1980 se realizó un proyecto que complementó los datos del SPA-15, el "Proyecto de Planificación y Explotación de los Recursos de Agua de las Islas Canarias" **[11]**. En este proyecto se llevó a cabo la determinación de las demandas de agua del archipiélago, por la Administración local, y los Ministerios de Agricultura, Industria, Obras Públicas y Urbanismo. Este estudio conllevó a un

conocimiento exhaustivo de la realidad de la época, la proyección de la demanda de agua para el año horizonte fijado (2000) y la definición de las inversiones necesarias para satisfacer la demanda.

Un antecedente importante del área de estudio, es una tesis doctoral realizada por Gasparini, A. **[12]** en la que se estudia la pluviometría de la isla de Gran Canaria (desde el punto de vista cuantitativo, químico e isotópico) y las aguas subterráneas del sur de la isla, que estudia la isotopía de las aguas subterráneas. Esta tesis dispone de pocos datos químicos de la zona de estudio, aunque es una referencia importante, sobretodo con respecto al estudio de la pluviometría.

Otro antecedente importante es una tesina que estudia las aguas subterráneas del Macizo de Amurga, sureste de la isla de Gran Canaria **[13]**, realizando un estudio cuantitativo, químico e isotópico de la zona. Este trabajo ha servido de base a la hora de empezar la presente tesis doctoral. En este trabajo se sacaron varias conclusiones que describían al acuífero como un "acuífero fonolítico de baja permeabilidad situado en una zona árida de poca recarga, donde la zona probable de recarga (determinada por el estudio de isotopía natural, de agua de lluvia y aguas subterráneas) está situada a elevada altitud (cercana al centro de la isla). Además las aguas subterráneas presentan un carácter evaporítico y la influencia del aerosol marino en el agua de recarga no es despreciable". Además según una datación con C-14, se vio que las aguas tenían una edad de más de 10 000 años.

Con respecto al estudio de compuestos orgánicos en las aguas subterráneas, durante los años 1994-1996 se llevó a cabo un proyecto de la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias y financiado parcialmente por la Unión Europea. Este trabajo se realizó en el Valle de Guerra de Tenerife y en el Barranco de La Aldea en Gran Canaria **[14]**.

En este proyecto se identificaron varios procesos de contaminación de las aguas subterráneas. Se vio que había contaminación por plaguicidas, pero no se pudo correlacionar la aplicación de los plaguicidas usados en la fase experimental con la propia contaminación de las aguas. Aunque en la zona de estudio de la presente Tesis no se han encontrado datos sobre análisis de contaminantes orgánicos en las aguas subterráneas.

Pero el primer inventario **exhaustivo** de puntos de agua en la zona fue llevado a cabo por la Oficina del Plan Hidrológico de Gran Canaria **[1]**. Según este estudio el agua subterránea de la zona estudiada en la presente Tesis doctoral está muy mineralizada debido a diferentes factores:

- Aguas procedentes de los materiales basálticos con un tiempo de residencia alto.

- Debido a efectos de la intrusión marina.

- Prácticas agrícolas que provocan una elevada concentración de nitratos y de salinidad.

1.6. Objetivos

De acuerdo con el planteamiento del problema y ante la escasa disponibilidad de los recursos hídricos actuales, el objetivo fundamental de la presente tesis es el estudio hidrogeoquímico y orgánico de las aguas subterráneas del acuífero de Amurga (incluidos los barrancos de Tirajana y de Arguineguín), situado en el municipio de San Bartolomé de Tirajana, al sur de la isla de Gran Canaria. Además, la exposición a contaminantes peligrosos es un problema de la población en general, especialmente de los residentes en zonas cercanas a áreas industriales o contaminadas. La población agrícola se encuentra así mismo expuesta a los plaguicidas, utilizados en la agricultura convencional para el control de diversas plagas.

Para alcanzar el objetivo principal se detallan a continuación los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una caracterización físico-química de las aguas subterráneas de la zona de estudio, para obtener su calidad con respecto a la normativa vigente.

- Definir los orígenes de la salinidad de las aguas subterráneas.

- Reproducir mediante modelización hidrogeoquímica la caracterización físico-química realizada en la investigación.

- Determinación de plaguicidas Organoclorados, plaguicidas Organofosforados e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos de las aguas subterráneas, para hacer una estimación preliminar de la contaminación orgánica de la zona.

A partir de todos estos objetivos se espera establecer un modelo conceptual que explique las causas de la salinidad del agua, caracterizar hidroquímica y orgánicamente las aguas subterráneas y la contaminación del acuífero.

1.7. Metodología general de la investigación

La metodología general de esta investigación comprende labores llevadas a cabo en tres ámbitos distintos: gabinete, campo y laboratorio.

1.7.1. Gabinete

Este trabajo de investigación comenzó a partir de enero de 2001 con la recopilación bibliográfica con la información geológica e hidrogeológica de la zona de estudio y de la isla de Gran Canaria. Incluyéndose todos los datos anteriores existentes de la zona de estudio (datos químicos, cartografía geológica de la zona, etc.).

La parte final de este estudio comprende el trabajo e interpretación de los datos obtenidos en el campo y los resultados químicos de laboratorio.

1.7.2. Campo

Desde principios del estudio se empezó el trabajo de campo con la ubicación de las distintas captaciones de agua que se habían usado anteriormente. En cada punto de agua se procedió a la medición de las distintas características constructivas de las captaciones de agua, medición de parámetros físicos y químicos del agua en campo y toma de muestras de las aguas subterráneas para

los análisis químicos. En total se realizaron siete campañas de campo en intervalos de aproximadamente cinco meses.

1.7.3. Laboratorio

Se realizaron las determinaciones analíticas en laboratorio de las muestras tomadas en campo y corresponden a análisis físico-químicos y orgánicos de las muestras de agua. Todos los análisis se realizaron en el laboratorio de CAFMA

2. GEOLOGÍA

2.1. Introducción

En este capítulo se discuten los principales antecedentes geológicos del área de estudio obtenidos a partir de la integración de la recopilación bibliográfica detallada de los distintos trabajos geológicos desarrollados en la isla y de la interpretación de descripciones geológicas de sondeos obtenidos de inventarios anteriores.

La cartografía geológica presentada resume una revisión de las cartas geológicas a escala 1:25.000 realizadas por el IGME (en prensa) **[15]**, la cual fue comprobada en campo y modificada según los objetivos de esta investigación. Para la interpretación de cortes geológicos se complementó la cartografía geológica de superficie a escala 1:25.000 con las descripciones litológicas de sondeos, incluidas en el Plan MAGNA **[15]**.

2.2. Investigaciones previas

El primer estudio geológico global de la isla de Gran Canaria fue realizado por Fuster *y col.* **[16]**. En el mismo se incluye la cartografía y de definen las principales unidades volcánicas y plutónicas de la isla. En este trabajo también se incluyen numerosos datos de campo y abundantes análisis químicos y petrográficos de muestras de roca de las diferentes formaciones geológicas.

Estudios de los edificios volcánicos subaéreos miocenos de la isla han sido realizados por Araña y Carracedo **[17]** y Carracedo y col. **[18]**, entre otros.

La cronoestratigrafía se ha realizado a partir de dataciones radiométricas absolutas de K/Ar en la mayoría de las unidades volcánicas de Gran Canaria, las cuales han sido realizadas por Coello y col. **[19]** y Guillou y col. **[20]**.

La cartografía geológica a escala 1:25.000 ha sido realizada para toda la isla por el ITGE **[15]**.

2.3. Marco geológico de las Islas Canarias

Las Islas Canarias constituyen un conjunto de siete islas volcánicas principales, situadas en ámbito oceánico, en el sector NO del margen continental africano. Cada isla es un edificio volcánico independiente (excepto Fuerteventura y Lanzarote), asentados sobre fondos marinos de unos 3000 metros de profundidad media. La base sobre la que están sobreimpuestos es una corteza de tipo oceánico **[19, 21]** (Figura 2.1).

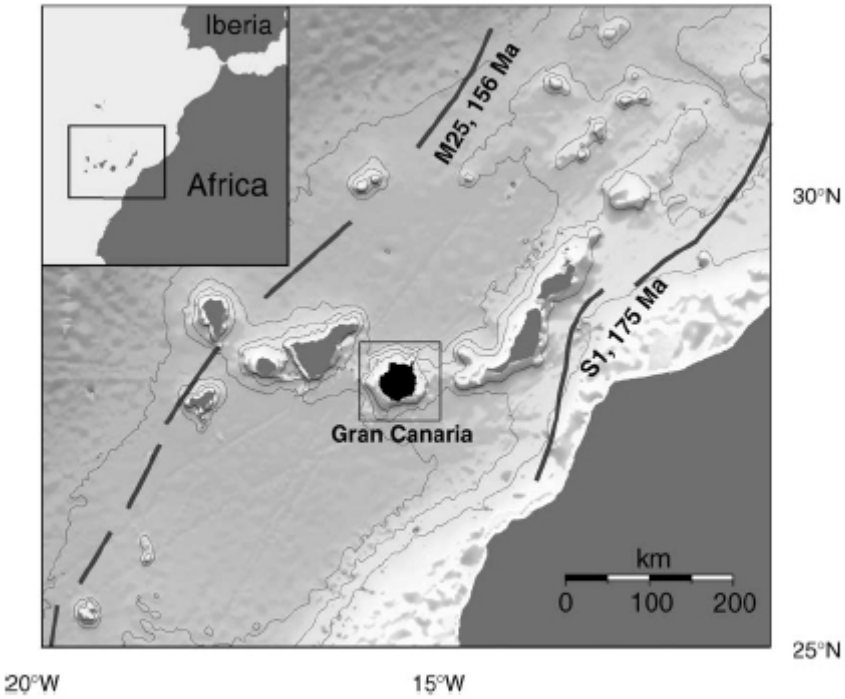


Figura 2.1.- Situación de las Islas Canarias. Las líneas en negrita indican las anomalías magnéticas que encierran las islas (entre 175 Ma y 156 Ma). Las líneas más claras indican la batimetría a intervalos de 1000 m **[22]**.

La historia magmática del archipiélago canario es bastante dilatada en el tiempo, comenzando las primeras manifestaciones volcánicas submarinas hace unos 35 Maños. Desde entonces han tenido lugar diversos procesos geológicos, con fenómenos de vulcanismo submarino, intrusiones filonianas generalizadas, intrusiones plutónicas y emisiones subaéreas, que se han manifestado hasta el presente, y fenómenos de sedimentación, en distintos ambientes. Al mismo tiempo se han sucedido procesos de emersión y subsidencia en regímenes compresivos y distensivos **[2, 15, 17-18, 23-24].**

A lo largo de esta evolución geológica se pueden distinguir dos fases o periodos principales de construcción de cada uno de los edificios insulares: una etapa submarina, que conforma más del 80% del cuerpo de cada isla y una etapa subaérea, que constituye la estructura visible de cada edificio y, por tanto, las islas como tales **[25, 26]**.

Las unidades estructurales más antiguas son los denominados complejos basales, que representan un conjunto de materiales formados en ambiente oceánico y sólo aflorantes, actualmente, en tres islas: La Palma, La Gomera y Fuerteventura. En las restantes, diversas evidencias permiten deducir que constituyen su base no emergida.

Aunque en cada una de las islas los complejos basales tienen características comunes, también presentan diferencias en cuanto a los materiales que los integran, edades, etc. En general, están constituidos por una compleja unidad en la que están presentes materiales sedimentarios, lavas y tobas submarinas, intrusiones plutónicas y una densa red de diques que corta a todo lo anterior. A pesar de su heterogeneidad litológica y estructural, los complejos basales se comportan como una unidad bastante homogénea en conjunto **[2]**.

La emersión de los edificios se produce por un proceso de levantamiento diferencial, si bien la edad de esta emersión es aún poco conocida. Posteriormente comienza un proceso erosivo, tras el cual se inician los episodios subaéreos.

Una fuerte discordancia erosiva separa los complejos basales de los episodios volcánicos subaéreos, que a o largo de 20 Maños han ido construyendo las islas propiamente dichas.

La naturaleza geoquímica y petrológica de los materiales volcánicos del archipiélago canario se caracteriza por presentar asociaciones magmáticas alcalinas, que se corresponden plenamente con las propias de las islas oceánicas. En las islas Canarias los materiales volcánicos presentan el mayor espectro composicional de rocas, encontrándose términos extremadamente básicos y subsaturados (basanitas, nefelinitas, melilitas, basaltos), términos intermedios (traquibasaltos, tefritas) y tipos ya altamente diferenciados (traquitas y fonolitas).

2.4. Marco geológico de la isla de Gran Canaria

La isla de Gran Canaria situada en la zona medio-oriental dentro del archipiélago canario, tiene una superficie aproximada es de unos 1500 Km^2. Tiene un contorno redondo en planta y una morfología cónica con una altura máxima central de 1949 m.

La isla está excavada por barrancos radiales desde el centro originando una orografía abrupta con desniveles muy acusados. El litoral es bastante irregular, encontrándose desde acantilados de gran verticalidad en la costa occidental, hasta plataformas y playas en la costa este y sur de la isla.

En Gran Canaria existe un vulcanismo mioceno caracterizado por abundantes emisiones basálticas, traquíticas y fonolíticas, con mecanismos eruptivos y materiales resultantes muy diferentes, al mismo tiempo que concurren una serie de acontecimientos vulcano-tectónicos de gran importancia en la historia vulcanológica de la isla. En el Plioceno existe una completa evolución magmática desde tipos nefeliníticos, basaníticos y nefríticos, hasta términos sálicos diferenciados, de carácter fonolítico. Finalmente, en el Cuaternario, las erupciones son más puntuales, que responden a mecanismos fisurales y se caracterizan por un magmatismo eminentemente básico y subsaturado **[2, 18]**.

Los datos de que se dispone de la etapa de crecimiento submarino proceden de campañas oceanográficas llevadas a cabo en los alrededores de la isla. Los perfiles sísmicos y batimétricos indican que esta etapa supone más del 90% del volumen total de la isla **[26]**. En los sondeos del programa ODP (Ocean Drilling Project) desarrollados en 1994 **[25]** sólo se alcanzaron 300 metros de materiales

que se pueden asignar a esta etapa, constituidos básicamente por tobas de hialoclastitas y depósitos de debris flow, derivados de erupciones submarinas someras de menos de 500 metros de profundidad. No se tienen datos geocronológicos precisos de los materiales submarinos, pero según indican Schmincke y Segschneider **[27]**, la isla debió comenzar a construirse hace menos de 16 Maños.

La construcción de la parte subaérea se desarrolló desde el mioceno superior hasta prácticamente la actualidad. En esos 14 Maños que comprende el período se han sucedido varios episodios magmáticos (volcánicos en su mayoría) con alternancia de periodos erosivos que dieron origen a depósitos sedimentarios intercalados en la secuencia. Estos episodios se han englobado en tres grandes ciclos: Ciclo I ó Ciclo mioceno; Ciclo II ó Ciclo Roque Nublo; Ciclo III ó Ciclo Post Roque Nublo y episodios recientes **[15-16, 28-30]**.

En la Tabla 2.1 se han establecido las correlaciones estratigráficas entre los tres autores que han estudiado la vulcanología de la isla de forma más completa. Y en la Figura 2.2 se representan de forma general los tres ciclos, con sus episodios volcánicos y sedimentarios más importantes, según la escala temporal dictada por las edades absolutas.

2.4.1. Ciclo I (de 14,5 a 8,3 Maños)

Esta etapa comprende desde los 14,5 Maños hasta los 8,3 Maños y se divide en tres etapas, la fase inicial o fase de escudo, propia del comienzo de muchas islas oceánicas. El desarrollo posterior de una caldera de colapso y una posterior reactivación volcánica post-caldera. Durante su desarrollo extrajeron un inmenso volumen de lavas que formaron la mayoría de lo que es hoy Gran Canaria **[17, 18]**.

Las primeras emisiones corresponden a una serie basáltica alcalina, que se va diferenciando a productos cada vez más sálicos con extrusión de lavas e ignimbritas traquíticas y riolíticas peralcalinas. El episodio final fue una vasta erupción, también de lavas e ignimbritas, de composición traquifonolítica, con algunas intrusiones de esta última composición.

Tabla 2.1.- Correlaciones estratigráficas entre diferentes autores de la Isla de Gran Canaria.

PLAN MAGNA I.T.G.E. (1991) [14]		**McDougall y Schmincke (1976) [27], Schmincke (1976) [28], Schmincke (1987) [29]**		**Fuster et al. (1968) [15]**
CICLO III ó POST R.N. y EPISODIOS RECIENTES	Lavas y piroclastos	FASE III (Grupo post Roque Nublo)	F. La Calderilla F. Los Pechos F. Los Llanos de la Pez	SERIE BASÁLTICA III y IV
	Brechas deslizamientos gravitacionales		F. Fortaleza ó S. Andrés	
CICLO II o ROQUE NUBLO	M.med. y sup. de la FDLP	FASE II (Grupo Roque Nublo)	Las Palmas Tenteniguada	SERIE ORDANCHÍTICA
	Intrusiones fonolíticas		F. Ayacata F. Presa de Hornos	SERIE ROQUE NUBLO
	Brechas Roque Nublo		F. Los Listos F. Mesa del Junquillo	
	Lavas Roque Nublo		F. El Tablero	SERIE PRE ROQUE NUBLO
	F. El Tablero y otras			
CICLO I	M. inferior de la FDLP	FASE I (Grupo de basaltos y rocas félsicas miocenas)	F. Arguineguín y Las Palmas	
	Cone sheet		F. Cruz Grande	SERIE FONOLÍTICA
	F. fonolítica		F. Fataga	
	F. sienítica		F. Tejeda	F. TRAQUI.-SIENÍTICA
	F. riolítico-traquítica		F. Tirma F. Montaña del Horno F. Mogán	
	F. basáltica superior		F. Hogarzales	SERIE BASÁLTICA
	F. basáltica inferior		F. Güigüí	

M = miembro; F = familia; FDLP = Familia detrítica de las Palmas

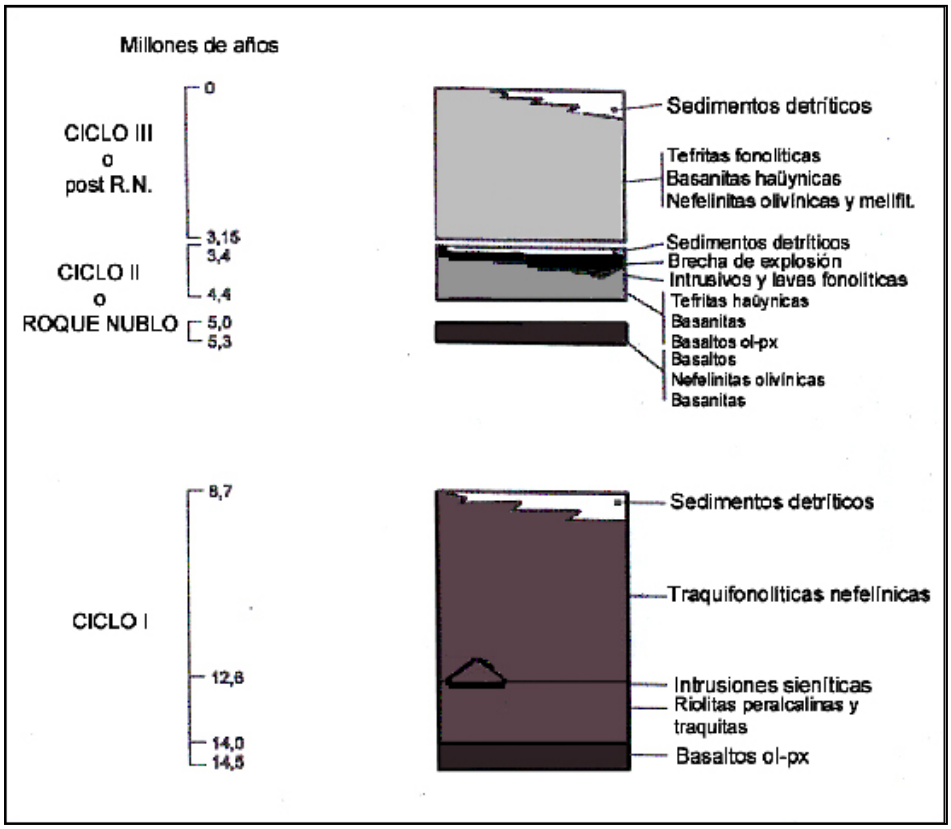


Figura 2.2.- Síntesis de la cronoestatigrafía de la isla de Gran Canaria

Los materiales de la fase inicial de este ciclo afloran principalmente en los acantilados de los sectores oeste y suroeste de la isla. La fase post-caldera se caracteriza por la emisión del grupo sálico.

2.4.2. Etapa Erosiva (de 8,3 a 5,5 Maños)

Tras el Ciclo I, que es la etapa de mayor construcción de la parte emergida de la isla, se produce un lapso de tiempo de unos 3 Maños de duración, en los que las erupciones disminuyeron considerablemente y por ello la erosión actuó principalmente como agente modelador del relieve. Todo esto dio lugar a dos unidades sedimentarias: los miembros Inferior y Medio de la Formación Detrítica de Las Palmas (FDLP).

El Miembro Inferior de la FDLP está constituido por conglomerados, arenas y limos formados como el producto de la excavación de una red de barrancos en la superficie de la isla que erosionó los materiales post-caldera y llegó hasta el sustrato basáltico. Actualmente estos sedimentos afloran en los sectores NE, E y S de la costa de la isla.

El Miembro Medio de la FDLP está constituido por una serie de sedimentos limo-arenosos que constituyen un importante nivel fosilífero marino. Aflora en las zonas costeras del N-NE de la isla, apoyado sobre el Miembro Inferior a unas cotas entre 50 y 110 metros sobre el nivel del mar actual **[2,15]**.

2.4.3. Ciclo II o Roque Nublo (de 5,5 a 3,4 Maños)

Este ciclo tiene dos periodos. Durante el primero, entre 5,5 y 4,4 Maños, hay emisiones puntuales de pequeño volumen, posiblemente dispersas por toda la isla, de lavas basálticas, basaníticas y nefeliníticas. Posteriormente, entre 4,4 y 3,4 Maños, se produce la gran emisión de este ciclo desde el centro de la isla. La compone una serie continua de basanitas y tefritas haüynicas, aunque en sus inicios, también expulsaron lavas basálticas. Una serie de fenómenos explosivos violentos originaron grandes coladas piroclásticas de brechas explosivas que se intercalaron con las lavas **[28, 31]**. Las erupciones en este ciclo son de tipologías muy variadas, como se ha dicho anteriormente, desde conos piroclásticos a coladas de lavas que se encauzan por la red de barrancos, hasta erupciones más explosivas de composiciones traquítico-fonolíticas.

2.4.4. Ciclo III o Post Roque Nublo y episodios recientes

Este ciclo comienza prácticamente a continuación del anterior y sus emisiones se restringen exclusivamente a la mitad NE de Gran Canaria. Desde hace 3,1 Maños se han estado emitiendo lavas nefeliníticas, basaníticas, basálticas y tefríticas que cubrieron las emisiones de los ciclos anteriores. Según esto, este ciclo viene marcado por la emisión de una serie más alcalina que las anteriores, aunque volumétricamente más pequeña. Los episodios finales lo constituyen lavas intracañón de composición mayoritariamente basanítica **[2, 13]**.

La fase de vulcanismo reciente presenta las características de un estadio de rejuvenecimiento: amplia dispersión espacio-temporal de su actividad, volumen

emitido muy reducido y pequeñas calderas freatomagmáticas, que suponen el rasgo más distintivo de esta fase.

2.5. Marco Geológico de la zona de estudio.

La zona de estudio (Figura 2.3) acoge una buena parte de la isla que geológicamente se define por antigüedad de los materiales, dado que la práctica totalidad de su superficie distribuye un roquedo del Ciclo I, en concreto dentro de la Formación Fonolítica. Sin embargo, los períodos posteriores en la construcción insular también tienen su representación en el municipio, aunque de modo más localizado **[15]**.

Siguiendo un orden de mayor a menor antigüedad (Tabla 2.2), los basaltos alcalinos del Ciclo I representan las primeras rocas en este sentido, y por tanto de aspecto más alterado, siempre dentro del conjunto de las que pueden ser observadas. Aparecen a lo largo del Barranco de Arguineguín, entre Cercados de Espino y el Sur del Sao, en el municipio de Mogán (Figura 2.4). También existe un pequeño afloramiento al sureste del asentamiento de los Sitios de Abajo, en la cuenca contraria de Tirajana (Figura 2.5).

Tabla 2.2- Esquema geológico de la zona de estudio

Ciclo I ***(13,7-4,5 Maños)***	*Tobas e ignimbritas* *Lavas fonolíticas* *Formación Detrítica de Las Palmas* *Tobas Traquíticas* *Domos e intrusiones Fonolíticas* *Lavas Basaníticas*
Ciclo R. Nublo **(4,5-2,8 Maños)**	Pitones fonolíticos Lavas basálticas Brecha volcánica Roque Nublo Conos de tefra Formación Detrítica de Las Palmas
Ciclo Post Roque Nublo	Depósitos de Deslizamientos Gravitacionales Coladas basaníticas
Ciclo Reciente	Depósitos de fondos de barrancos y laderas Ciclo Reciente Terrazas litorales e arenas y cantos Campo dunas de Maspalomas Conglomerados y arenas fluviales

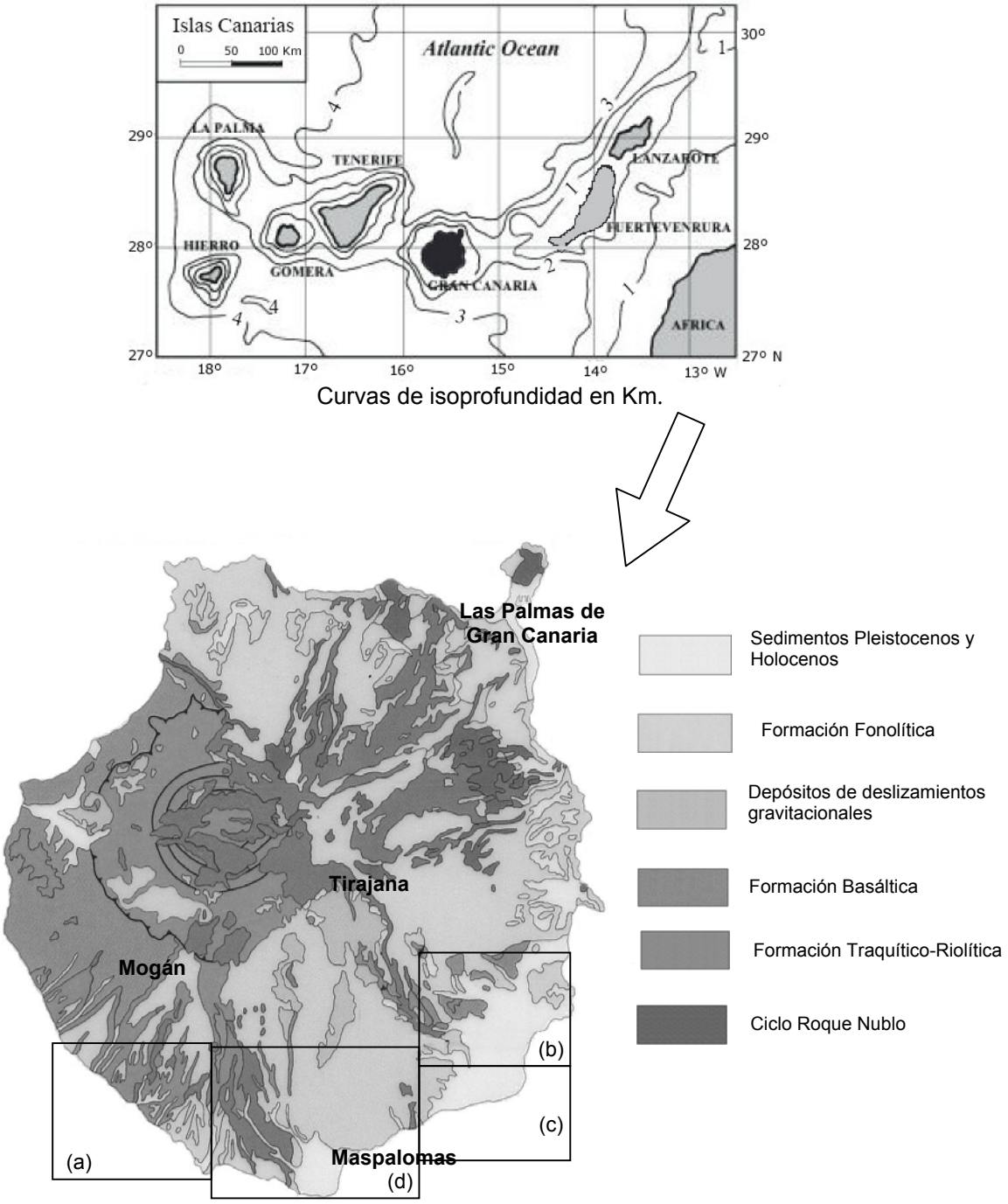


Figura 2.3.- Mapa geológico de Gran Canaria y situación de la zona de estudio dividida en cuatro zonas: (a) Arguineguín; (b) Agüimes; (c) Castillo del Romeral y (d) Maspalomas.

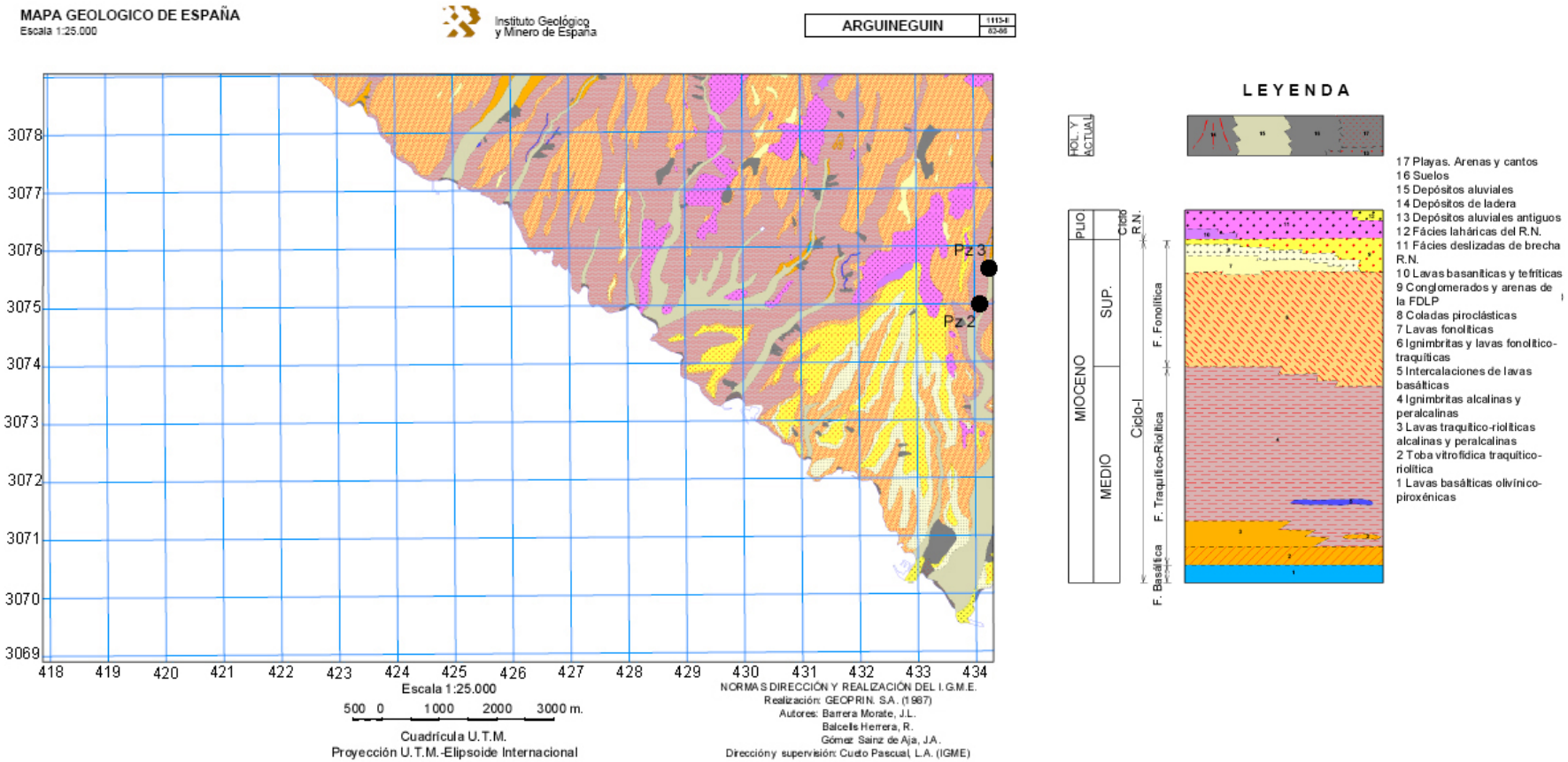


Figura 2.4.- Mapa geológico de la zona de estudio (Zona Arguineguín) y situación de los pozos de estudio de la zona (a) **[15]**.

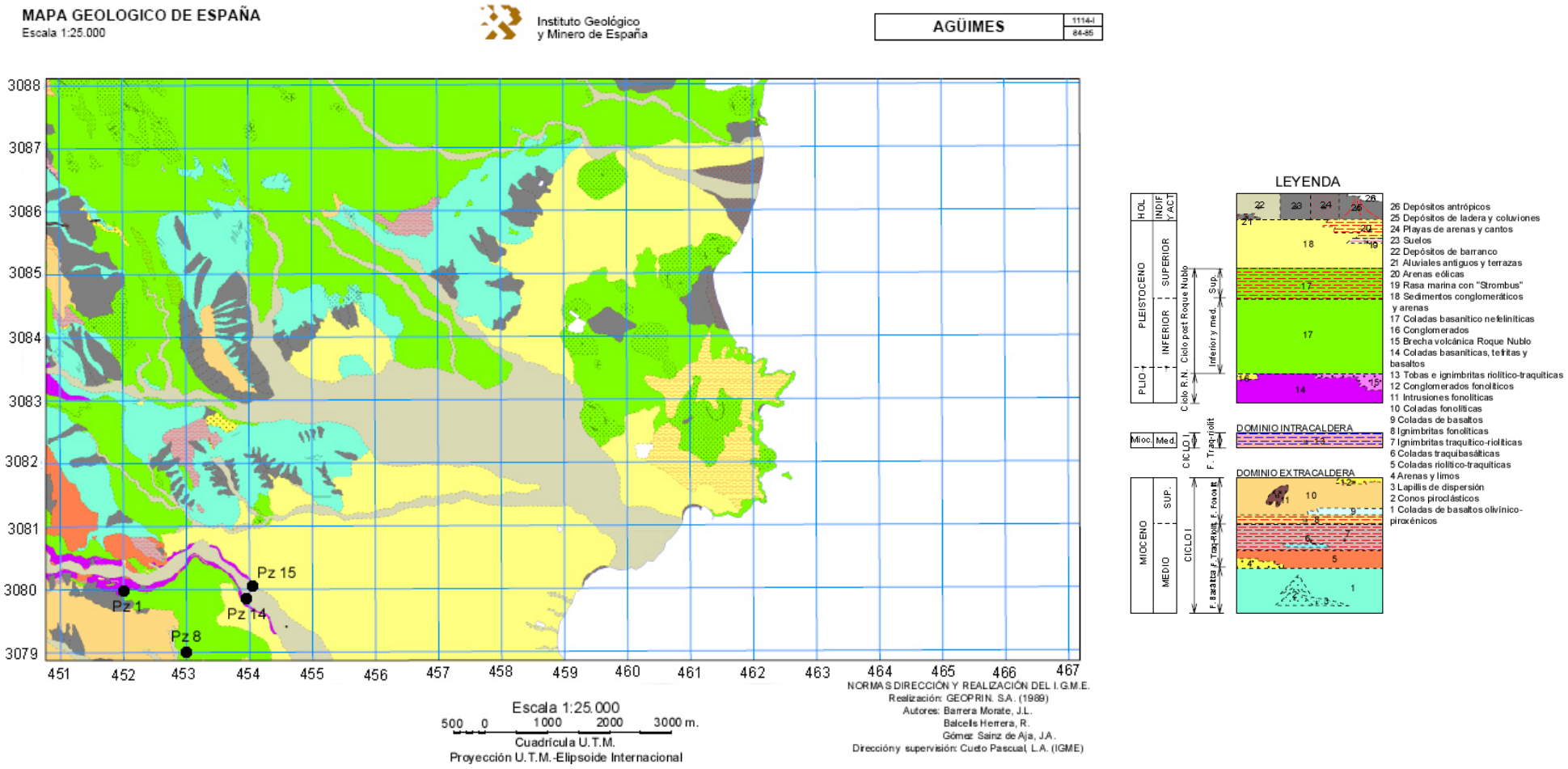


Figura 2.5.- Mapa geológico de la zona de estudio (Zona Agüimes) y situación de los pozos de estudio de la zona (b) **[15]**.

Los materiales de la Formación Traquítico-Riolítica se localizan en barrancos, como por ejemplo en el de La Culata, Tirajana, La Data, Chamoriscán, La Negra y Arguineguín entre otros. Son rocas de colores claros (en contraste con las anteriores) y los afloramientos ignimbríticos presentan, a veces, una alteración alveolar, estructuras de plegamientos, etc. (Figura 2.6 y 2.7).

Los depósitos de la Formación Fonolítica son los que mayores y mejores afloramientos presentan, suponiendo algo más de un 50% del área de estudio. Se extienden desde el Oeste de Tunte hasta las zonas costeras. Según el Instituto Tecnológico Geominero Español **[15]**, sus centros de emisión estaban situados dentro de una zona comprendida entre el Barranco de Tirajana, Cruz Grande, Chira y Ayacata.

Los sedimentos incluidos dentro del conjunto conocido como Miembro Inferior de la Formación Detrítica de las Palmas se encuentran en la franja costera que va desde la playa de las Meloneras hasta el pueblo de Arguineguín, prolongándose algunos kilómetros hacia el interior, muy cerca de la montaña de Arguineguín (393 m.), al sur de la Mesa de las Pardelas. Son conglomerados predominantemente, con cantos fonolíticos de muy diversos tamaños (algunos métricos), inmersos en una matriz de arena y arcilla.

Los primeros materiales volcánicos de este ciclo, lavas y piroclastos de composición nefelinítica, se observan exclusivamente en toda Gran Canaria dentro del término municipal, concretamente en las zonas de El Tablero y Montaña Tabaibas. Las coladas lávicas posteriores y las ignimbritas de este ciclo aparecen bien representadas en la cabecera de la cuenca de Tirajana.

Respecto al colapso gravitacional que se originó en la ladera sur del estratovolcán Roque Nublo, la cicatriz de dicho colapso (una falla) se puede observar al Este del caserío de la Plata donde se ponen en contacto las ignimbritas con las brechas de avalancha generadas por este fenómeno.

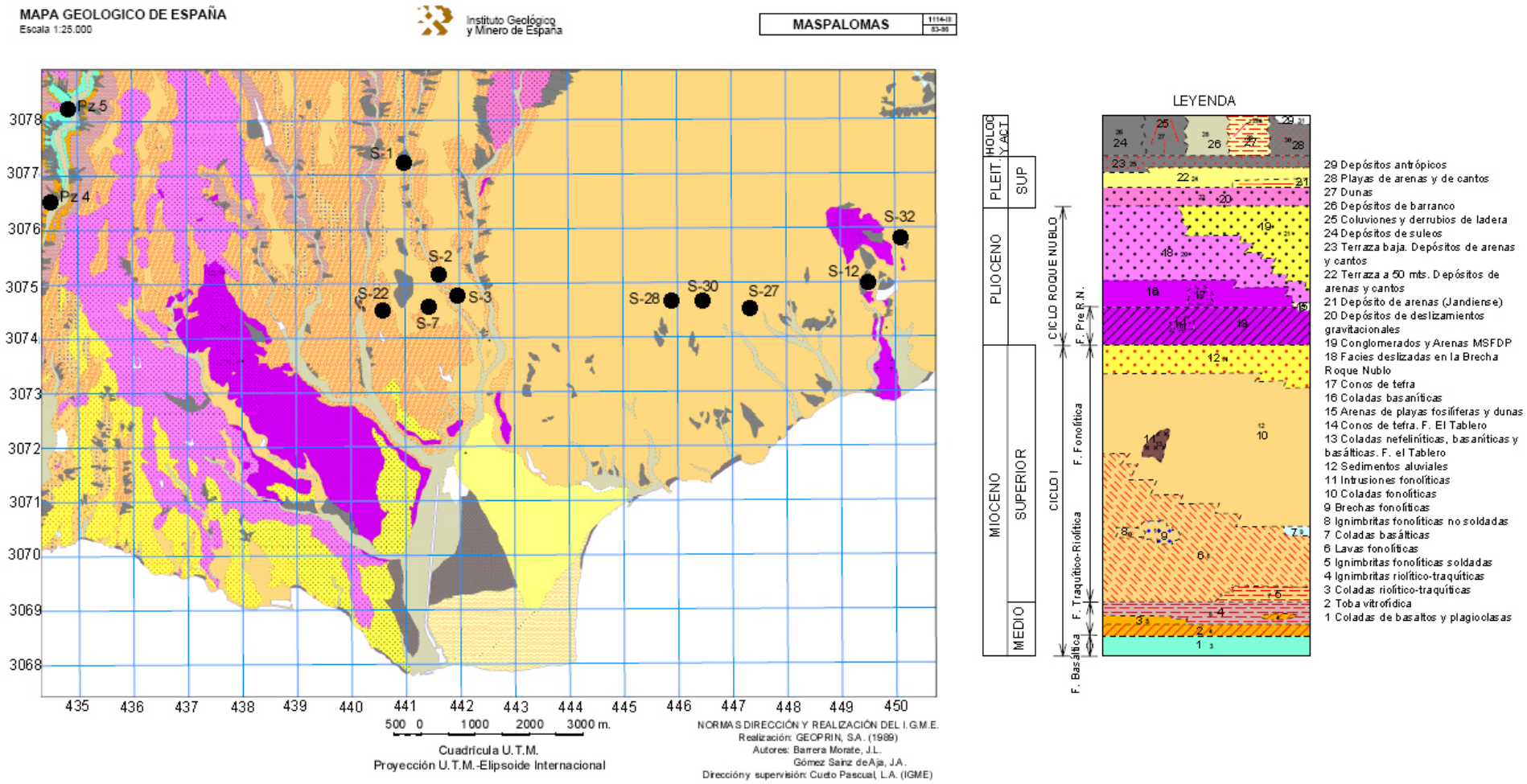


Figura 2.6.- Mapa geológico de la zona de estudio (Zona Maspalomas) y situación de los pozos de estudio de la zona (d) **[15]**.

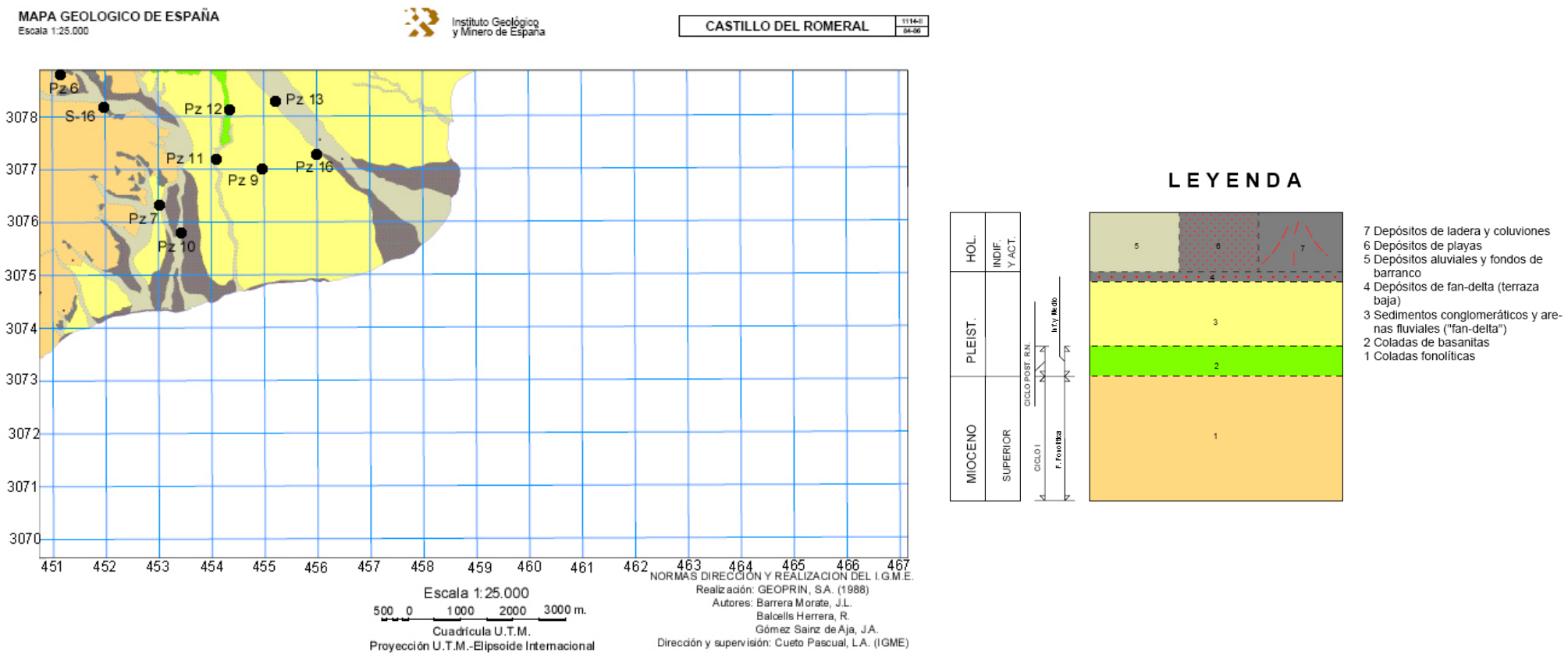


Figura 2.7.- Mapa geológico de la zona de estudio (Zona Castillo del Romeral) y situación de los pozos de estudio de la zona (c) **[15]**.

Sin embargo, para otros autores **[15, 32]** esta falla tendría otro significado geológico. Por su parte, los materiales generados en esta avalancha aparecen a lo largo del margen Oeste del Término Municipal, llegando hasta áreas próximas a la costa en la Punta del Cometa y la Playa de Las Meloneras.

Por otra parte, existe una importante representación del conjunto de materiales sedimentarios incluidos en el denominado Miembro Superior de la Formación detrítica de Las Palmas, aflorando al Oeste del Faro de Maspalomas y continuando hasta la Estación de Seguimiento Espacial de Maspalomas y El Tablero.

Existe asimismo un interesante ejemplo de domos endógenos de composición fonolítica, generado durante los episodios finales del Ciclo II. El Risco Blanco, que es como se denomina es una formación de tonalidad blanquecina de unos 400 m. de altura, con acentuadas fracturas de enfriamiento vertical y fenómenos de arrastre y plegamiento lateral en las lavas e ignimbritas del Ciclo II en las que intruye. La edad de este domo es de aproximadamente 3,7 millones de años **[23]**.

Los depósitos de deslizamiento gravitacionales, por su parte, se originaron durante el segundo de los períodos erosivos o de inactividad volcánica, originados por un proceso que aún continúa en la actualidad. Estos depósitos se forman por situaciones de inestabilidad, donde las fuertes pendientes, su escasa compactación y carácter arcilloso y, en menor medida, la elevada torrencialidad de las escasas precipitaciones existentes colaboran en su caída. Las rocas resultantes son conglomerados muy heterogéneos. Su distribución es amplísima en el término municipal, aunque los de mayores dimensiones podemos observarlo en los alrededores de Tunte, y en las cuencas de Fataga y de la Data-Ayagaures.

Los ciclos posteriores al denominado Roque Nublo han tenido una influencia menor en la formación del relieve en el territorio municipal, aunque bien es verdad que existen zonas, donde pueden constatarse su clara presencia. En cuanto a las formas estructurales, los materiales de este ciclo están concentrados en el entorno del núcleo de Aldea Blanca, en el cono de tefra de Tabaibales, y en el límite septentrional, una pequeña zona junto al Roque Redondo.

Los depósitos sedimentarios originados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Cuaternario) se han formado por diferentes procesos exógenos. Entre ellos podemos destacar, por un lado, las arenas con restos de "strombus" del período Jandiense (Pleistoceno Superior), que se distribuyen en el litoral del campo dunar de Maspalomas, en las playas del Hornillo y de Meloneras. Por otro, existe una amplia terraza sedimentaria, a unos 50 metros de altitud, sobre la que se asiente el conjunto turístico de Maspalomas-Playa del Inglés, correspondiente a este período, encontrándose su interés geológico muy limitado, debido a esa ocupación masiva.

Por último, los principales barrancos presentan en sus cauces depósitos sedimentarios frutos de la erosión y deposición, constituidos por materiales heterogéneos, básicamente de constitución fonolítica.

3. MARCO HIDROGEOLÓGICO

3.1. Introducción

En este capítulo se describen antecedentes generales acerca de la hidrogeología del área de estudio. Se presenta un inventario de los puntos de agua utilizados, indicándose su localización, características constructivas de las localizaciones e indicación del objetivo de su utilización. Finalmente se analiza la evolución de la piezometría a partir de datos obtenidos de anteriores inventarios para tener una visión global del tema, ya que no se han podido conseguir datos más recientes.

3.2. Características hidrogeológicas de las formaciones volcánicas

Los principales factores que van a caracterizar las características hidrogeológicas de las formaciones volcánicas son el tipo de vulcanismo, la distancia desde el centro de emisión, la tectónica, los efectos de la edad y la presencia de materiales no volcánicos interestratificados **[33,34]**. Todos estos factores inciden en un mayor grado de heterogeneidad del medio y, por lo tanto, en la circulación del agua subterránea.

En regiones volcánicas la geometría de los acuíferos queda controlada principalmente por los contrastes de permeabilidad entre los distintos materiales volcánicos, así como por el manteo de las coladas de lava y los depósitos piroclásticos. También ejercen un control importante la disposición espacial de las unidades subvolcánicas asociadas al volcanismo.

En zonas próximas a los centros de emisión volcánicos pueden encontrarse productos piroclásticos de poca permeabilidad (principalmente tobas litificadas y depósitos de cenizas), que quedan interestratificados con coladas de lava más permeables y que pueden actuar a modo de barreras casi horizontales **[35]**.

Dentro de los intrusivos subvolcánicos asociados al volcanismo se destacan los diques, ya que estos pueden constituir barreras impermeables o poco permeables al flujo de agua subterránea, o por el contrario facilitar el movimiento del agua paralela a los mismos **[36]**.

También puede ocurrir que las coladas de lava y los depósitos piroclásticos cubran formaciones aluviales en valles y barrancos preexistentes. Estas formaciones detríticas de mayor permeabilidad pueden actuar como drenaje de las formaciones volcánicas que las contienen y eventualmente dan origen a acuíferos semiconfinados **[35]**.

La **porosidad** de las rocas volcánicas es muy variable según el tipo de rocas, pudiendo variar entre el 10 y el 50% en rocas piroclásticas, hasta menos de 5% en lavas masivas y sin vesículas **[36]**. En el caso de las lavas, las diferencias de porosidad tienen su origen principalmente en los procesos de solidificación de las mismas. Así, lavas que se solidifican muy rápidamente no podrán desgasificarse, lo que dará lugar a gran cantidad de burbujas de gas aprisionadas que conducirán a una textura vesicular. Por otro lado la porosidad puede variar significativamente en una misma colada de tal forma que la parte superior de las coladas, donde se concentra la mayor cantidad de burbujas de gas tendrá una textura vesicular y por lo tanto una mayor porosidad, mientras que la parte central de la misma será más masiva y menos porosa. En general la porosidad de las rocas volcánicas diminuye con el paso del tiempo debido a que eventualmente los procesos de meteorización y colmatación reducen significativamente el volumen de huecos en las rocas. En el caso de Gran Canaria hay autores que creen que la circulación de las aguas subterráneas es por medio de las fisuras de lavas fonolíticas **[37]**, mientras que otros autores opinan que la porosidad intersticial puede tener influencia en el flujo del agua en formaciones piroclásticas **[38]**. Además en terrenos volcánicos puede existir una porosidad debida a esfuerzos tectónicos posteriores al depósito de las rocas que producen fracturas.

La **permeabilidad** de las rocas volcánicas puede variar significativamente debido a la heterogeneidad del medio volcánico. En general los distintos tipos de materiales volcánicos y los intrusivos subvolcánicos asociados al volcanismo darán como resultado permeabilidades muy variables, puede variar hasta en seis órdenes de magnitud, desde 1000 m/día, en las tipologías escoriáceas recientes, hasta menos de 0,001 m/día, en zonas masivas **[34, 36]**. Como regla general las rocas volcánicas de composición basáltica presentan mayor permeabilidad que las rocas volcánicas más ácidas, y las lavas más modernas son más permeables que las más antiguas **[35]**, aunque las variaciones de esta regla son muy numerosas. No necesariamente rocas volcánicas con elevada porosidad presentarán elevada

permeabilidad, debido a las estructuras propias de las rocas volcánicas, como sucede por ejemplo en rocas volcánicas con gran cantidad de vesículas que le dan una alta porosidad, pero que no están conectadas.

Estudios realizados en Canarias muestran la existencia de un nivel de saturación, con el significado de que a partir de una cierta profundidad los huecos y brechas del terreno están llenos de agua **[36]**. El flujo en profundidad es muy lento y el agua de recarga se canaliza por los materiales más permeables de la superficie **[35]**. La baja capacidad de transmisión de agua de los materiales del núcleo provoca la existencia de zonas inundables cuando éstos afloran dando una elevada escorrentía directa o bien numerosos y pequeños manantiales **[35]**.

El funcionamiento hidrológico se ha visto alterado de forma importante desde las primeras acciones humanas para la obtención de las aguas subterráneas. Según datos geológicos, la estructura geológica de la isla de Gran Canaria, explicada en el capítulo anterior, condiciona que en el sur de la isla afloren materiales poco permeables, como son los Basaltos Miocenos, las traquitas, las sienitas, lavas e ignimbritas fonolíticas, etc. Esto indica que el funcionamiento hidrogeológico puede variar de unas formaciones a otras, aunque el esquema general del funcionamiento se presenta en la Figura 3.1, donde se diferencia, claramente, un acuífero en condiciones naturales y uno donde se ha estado extrayendo agua.

Según el SPA-15 **[9]**, se puede hablar de un acuífero único en Gran Canaria, con una superficie piezométrica de forma triangular que alcanza máximos en el centro de la isla. La permeabilidad de la zona saturada es baja en la zona de cumbres y medianías y alta en la costa, aunque a mayor profundidad, ésta disminuye.

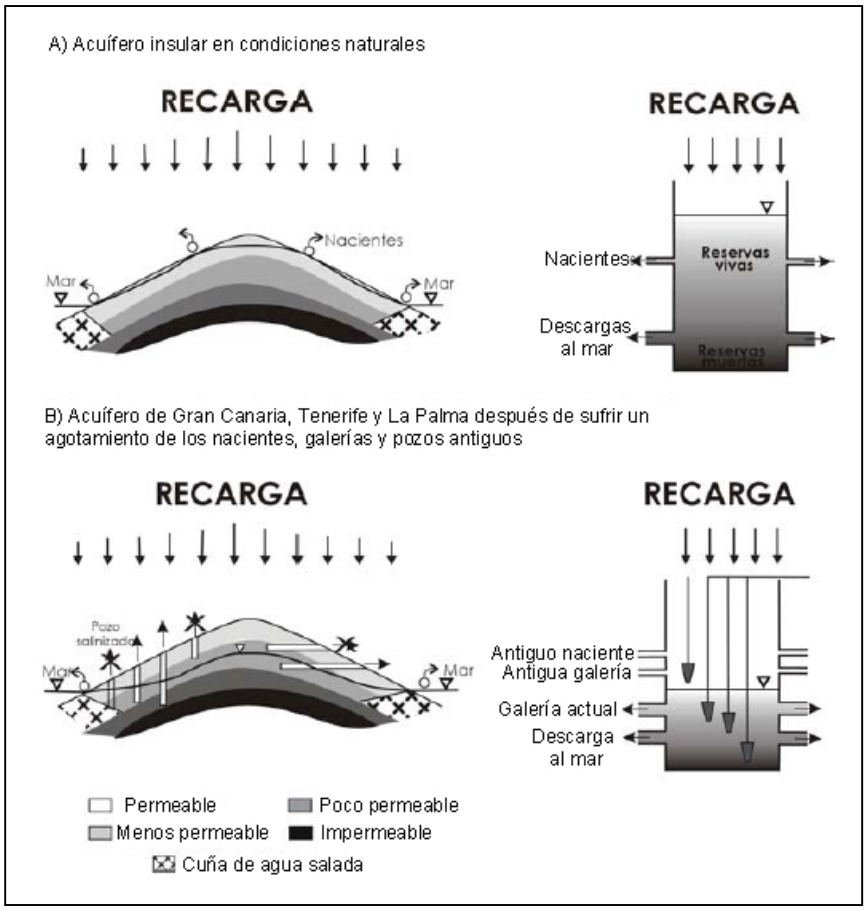


Figura 3.1.- Esquema de la reserva de agua insular en condiciones naturales (A) y después de haber sufrido un vaciado progresivo (B) **[40]**.

3.3. Características hidrogeológicas de los materiales de la zona de estudio

Según Custodio **[36]** los materiales volcánicos pueden responder a dos tipos de modelos:

- uno donde el agua sólo circula por fisuras, siendo la roca prácticamente impermeable,

- y otro donde el agua circula por fisuras y a través de la masa rocosa; si la permeabilidad intersticial es pequeña domina la circulación por las fisuras, pero si es grande el comportamiento puede ser similar al de un medio granular.

Según este autor, en las rocas fracturadas como granitos, gneis, etc. la fisuración es en general un efecto de descompresión que sólo es eficaz para conducir agua hasta profundidades pequeñas. La roca es prácticamente impermeable, de modo que la capacidad de almacenamiento es muy pequeña. Normalmente existe una zona de alteración moderadamente permeable, que tiene una porosidad apreciable y que actúa de almacén.

En la zona de estudio los ensayos se han realizado en pozos que tienen las siguientes unidades hidrogeológicas:

- **Sedimentos aluviales**

Esta unidad está formada principalmente por depósitos de barranco y de fondo de valle. Son conglomerados de diferentes tamaños con fragmentos de composición variada que puede ser basáltica, traquítica, fonolítica o sienítica. Todo esto confiere a esta unidad una permeabilidad elevada.

Esta unidad está situada exclusivamente en la desembocadura del Barranco de Tirajana, donde hay algunos pozos estudiados.

- **Las fonolitas**

El Macizo de Amurga, en general, está formado por la sucesión de coladas masivas de fonolitas y coladas ignimbríticas alternadas con los piroclastos. Estas coladas son de una textura fluida, tienen una disyunción localmente muy desarrollada y existe una presencia de brechas en muro de colada.

En la zona de estudio la familia fonolítica descansa directamente sobre los basaltos miocenos, que pueden ser el muro del sistema acuífero global.

- **Basaltos Miocenos**

Estos basaltos cumplen las características de los materiales volcánicos, son materiales bastante heterogéneos. Los depósitos que se suelen encontrar son coladas de lavas de tipo *aa*, *pahoehoe*, de poco espesor (de 2 a 4 metros) y aglomerados piroclásticos intercalados.

Los basaltos tienen un elevado grado de alteración, y hace que el olivino presente en ellos se altere como serpentina, reduciendo la porosidad vacuolar de las formaciones secundarias de los minerales magmáticos e hidrotermales (sílice amorfa, ceolitas) dificultando el flujo a través de ellos. Ésta sería la posible justificación de la hipótesis de que este nivel funcione como el muro del sistema acuífero global.

3.4. Piezometría y Parámetros Hidráulicos

3.4.1. Introducción

En un estudio hidrogeológico la piezometría es uno de los elementos principales. Es importante determinar la piezometría de un acuífero para tener una idea global del funcionamiento de éste y evaluar su evolución. Un estudio piezométrico permite además, determinar las direcciones del movimiento del agua. Normalmente se traza un mapa de isopiezas interpolando las curvas con los datos de nivel piezométrico o freático medidos en los pozos. En general, lo más sencillo es medir la profundidad del agua desde la boca del pozo; el nivel piezométrico se obtiene por diferencia entre la boca del pozo y la profundidad medida.

Una de las principales dificultades es que los niveles medidos muchas veces son con la bomba en funcionamiento (**niveles** denominados ***dinámicos***). En estos casos se ha de estimar el descenso producido por el bombeo y el debido a las pérdidas de carga. En este tipo de acuíferos, y para este tipo de sondeos, las pérdidas de carga pueden ser muy grandes. Cuando se mide el nivel en un sondeo cuya bomba está parada o carece de ella se le denomina **nivel *estático***.

En Gran Canaria los descensos piezométricos se producen desde los años 70, según los estudios realizados en el Plan Hidrológico **[1]**, comparándolo con estudios de piezometría realizados anteriormente **[9, 11]**. La evolución de la piezometría de la isla muestra una reducción de la superficie piezométrica entre los 1300 y 1400 metros de altura y en las zonas costeras los niveles se encuentran por debajo del nivel del mar, situados en zonas del Este y Sureste de la Isla **[1]**.

El estudio de la piezometría de la zona de estudio no se ha podido realizar con datos actuales, debido a que no se han podido conseguir, pero **disponemos** de

datos piezométricos de la zona **recopilados** de estudios anteriores **[13]**, que se han seleccionado para el estudio.

3.4.2. Datos piezométricos

Existe una incertidumbre en la fiabilidad de los datos piezométricos **recopilados** debido a que muchos de los datos se refieren a niveles dinámicos y se ha de suponer una pérdida de carga para estimar el nivel estático.

En la Tabla 3.1 se muestran el resultado de los niveles freáticos recopilados de los diferentes pozos y sondeos de la zona de estudio. Se toman el máximo creíble y el mínimo correspondiente a un nivel estático (8ª columna de la Tabla 3.1). Esta tabla recoge las siguientes columnas:

- Nombre del pozo o sondeo
- Coordenadas UTM-X y UTM-Y de los pozos y sondeos estudiados
- Profundidad del pozo (m)
- Pérdida de carga (m), producido por el bombeo de los pozos
- Cota de la boca (m), coincide con la coordenada Z dada
- Cota fondo (m), resultado de la resta entre la cota de la boca y la profundidad.
- Profundidad nivel (m), se refiere a la profundidad de la superficie piezométrica tomada desde la boca del pozo y referida a la solera del mismo.
- Cota nivel (m), es el resultado de la resta de la profundidad nivel a la cota.
- Tipo de uso de la construcción (regadío, abasto público, etc.).

En la Figura 3.2 se muestra la posible piezometría a partir de los datos recopilados. Se aprecia que los niveles en el entorno de los sondeos S-12, S-27, S-28 y S-32 están muy deprimidos (más de 20 metros bajo el nivel del mar) y en alguno de estos sondeos ha podido haber intrusión marina debido a la inversión del flujo natural.

3.4.3. Balance en el Macizo de Amurga

Un balance hidrogeológico tiene varios objetivos; por una parte, la cuantificación de las entradas y salidas de agua al acuífero permite determinar los términos que contribuyen al flujo de agua en términos relativos. Debido a que hay pocos datos, en el Macizo de Amurga, el balance se ha usado para evaluar la calidad de los datos de porosidad eficaz a partir de ensayos de bombeo.

Un balance se puede expresar como entradas menos salidas igual a variación de almacenamiento. Para el caso de las aguas subterráneas, el balance se puede simplificar mediante la expresión:

$$\Delta V = W + E - S - Q \qquad (3.1)$$

Donde:

ΔV es la variación de almacenamiento,

W es la recarga,

E entradas laterales en el acuífero,

S las salidas laterales en el acuífero (descarga) y

Q las extracciones (en un intervalo de tiempo considerado)

Además, si $\Delta V'$ es la variación de volumen cubicado entre dos superficies freáticas correspondientes a un instante inicial y otro final,

$$\Delta V' = \Delta V/m \qquad (3.2)$$

Siendo ***m*** la porosidad drenable.

Tabla 3.1.- Cotas de niveles freáticos deducidos de los pozos y sondeos de estudio recopilados.

Pozo ó Sondeo	*Coordenada UTM-X*	*Coordenada UTM-Y*	*Profundidad del pozo, m*	*Pérdidas, m*	*Cota boca, m*	*Cota fondo, m*	*Profundidad nivel, m*	*Cota nivel*	*Uso*
Pz 1	452.405	3.080.435	209		165	-44			Abasto
Pz 2	434.106	3.074.972			96				
Pz 3	434.164	3.075.678			102				
Pz 4	434.499	3.076.598			115				
Pz 5	434.834	3.078.302			125				
Pz 6	451.320	3.078.788	190		140	-50			Abasto
Pz 7	452.948	3.076.335	88,5		42	-46,5			Abasto
Pz 8	453.032	3.079.038	168		109	-59	109	0	Abasto
Pz 9	454.891	3.077.169	98		61	-37			Abasto
Pz 10	453.555	3.075.810	39		31	-8	36	-5	Riego, otros
Pz 11	454.430	3.078.125	182,5		93	-89,5			Riego
Pz 12	454.133	3.077.327	65,4		69	3,6			Riego
Pz 13	455.338	3.078.270	72		65	-7			Riego y abasto
Pz 14	453.990	3.079.750	144,5		115	-29,5	29,5	85,5	Abasto
Pz 15	454.065	3.080.070	166,5		125	-41,5	41,5	83,5	Abasto
Pz 16	455.945	3.077.440	66		57	-9	9	48	Riego y abasto

Tabla 3.1.- (Cont.) Cotas de niveles freáticos deducidos de los pozos y sondeos de estudio recopilados.

Pozo ó Sondeo	*Coordenada UTM-X*	*Coordenada UTM-Y*	*Profundidad del pozo, m*	*Pérdidas, m*	*Cota boca, m*	*Cota fondo, m*	*Profundidad nivel, m*	*Cota nivel*	*Uso*
S-1	440.901	3.077.268	190	2,5-3	160	-30	160	0	Abasto
S-2	441.693	3.075.129		10-15	130			10	Abasto
S-3	442.089	3.074.812		3	112			-5	Abasto
S-7	441.376	3.074.574	110	2-3	100	-10	84	16	Abasto
S-12	449.457	3.074.970	101		88	-13		-40	Abasto
S-16	451.913	3.078.218			135				Abasto
S-22	440.584	3.074.574	100		100	0			Abasto
S-27	447.159	3.074.653	104	0,4-1,2	75	-29	89	-14	Abasto
S-28	445.892	3.074.733	330		285	-45	315	-30	Abasto
S-30	446.605	3.074.733	210	0,3	167	-43	187	-20	Abasto
S-32	450.170	3.075.842	280		200	-80			Abasto

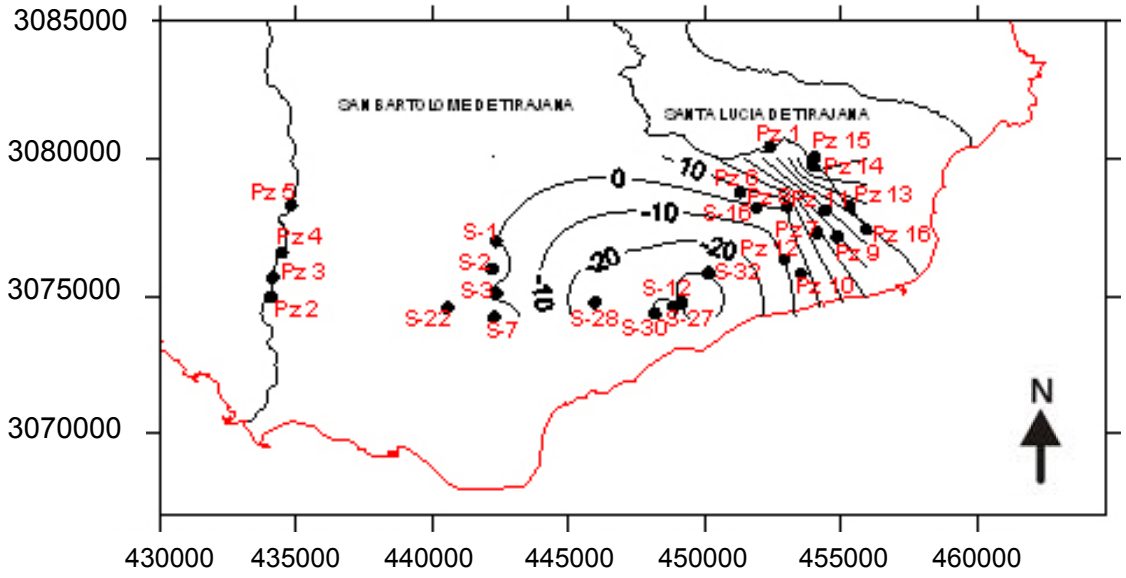


Figura 3.2.- Niveles piezométricos e isopiezas deducidas de los datos recopilados de la zona de estudio.

En esta zona de estudio se puede establecer que la recarga W es nula (el clima es árido) sólo hay lluvias torrenciales esporádicas. Y en una primera aproximación se consideró que E = S. Si se hubiera considerado que las entradas laterales E fueran muy superiores a las posibles salidas laterales S, se estaría sobreestimando la porosidad. Con estas consideraciones se construyó una tabla **[13]** en los que se daban los valores necesarios para la cubicación de los volúmenes de agua extraídos del Macizo de Amurga. Y a partir de estos valores, se aplicó la regla de los trapecios y se obtuvieron las pérdidas del acuífero.

$$\Delta V' = V_f - V_i = -175 - 95 = -270 \text{ hm}^3 \qquad (3.3)$$

A partir de todos estos datos y de las extracciones de la zona en el periodo en que se hizo este estudio, se obtuvo que la **porosidad** del acuífero estaba entre el **3%** y el **7% [13]**.

3.4.4. Parámetros Hidráulicos

Varios modelos de simulación de flujo se han llevado a cabo en la isla de Gran Canaria. Un primer modelo **[9]** permitió comprobar el concepto de acuífero único, de manera que si se producían perturbaciones en una zona, no repercutían en el sistema general del acuífero. En la Tabla 3.2 se presentan los parámetros hidráulicos deducidos en este proyecto.

Los parámetros hidráulicos presentados para la zona de estudio corresponden a ***datos recopilados*** en el estudio realizado en el Macizo de Amurga por Custodio, J. **[13]**. Las pruebas consistieron en ensayos de bombeo, aunque fueron bastante pocos. Hay que tener en cuenta que en estos acuíferos que son muy poco transmisivos y los descensos pudieron ser grandes. Tampoco hubo un control de los posibles retornos de agua. En la Tabla 3.3 se presentan los resultados dados por el estudio realizado de la zona de estudio.

Los ensayos de bombeo que se realizaron, fueron a caudal constante y se tuvo en cuenta que los datos en el pozo se veían afectados por numerosas perturbaciones locales (pérdidas de carga, variaciones en el diámetro de los sondeos, y otras). Se observó que las pérdidas de carga producidas en los pozos eran muy variables.

Se vio que había áreas donde los sondeos eran muy permeables (con Transmisividades superiores a 500 m^2/día), frente a otros que eran muy poco permeables.

Tabla 3.2.- Valores de parámetros hidráulicos establecidos por el SPA-15 **[9]** para diferentes materiales volcánicos.

Formación	**Transmisividad (m^2/d)**	**Coeficiente de almacenamiento (%)**	**Permeabilidad (m/d)**
Basaltos Antiguos	5-20	0,5-1	0,05-0,5
Fonolitas, Complejo Traquisienítico, Ignimbritas	5-10	0,01-0,1	0,1-0,5
Fonolitas (zonas excepcionales)	10-25	0,1-0,5	
Roque Nublo (aglomerados)	25-50	1,5-3,5	0,3-0,75
Roque Nublo (basaltos y sedimentos)	50-200		
Basaltos Modernos (contacto con fonolitas, basaltos miocenos, etc.)	10	1-2	0,2-1
Basaltos	40-200		
Depósitos aluviales	200-800	3-5	5-25

Tabla 3.3.- Resultados de las interpretaciones de los ensayos de bombeo realizados en el Macizo de Amurga **[13]**. Los pozos en negrita se estudian en la presente tesis.

Pozo	Caudal (L/s)	Descenso (m)	Eficiencia pozo (%)	Caudal específico (m^2/día)	Transmisividad (m^2/día)	Observaciones
S-1	10	5 a 6	> 50	250	200-250	Poco fiable. Variación niveles de referencia
S-2	12	19	< 15	450	170-470	2º ensayo bueno
S-3	15	4	≈ 50	350	250	Poco fiable. Variación niveles de referencia
S-5	8	10	> 70	≈ 100	≈ 500	Retorno de agua bombeada
S-7	10	4	> 70	≈ 350	200-600	Dudoso
S-8	11	27	> 70	≈ 40	10-20	Retorno de agua bombeada
S-9	20	0.5	≈ 70	≈ 4000	≈ 1000	Muy dudoso
S-10	16	3	< 50	≈ 1000	850-1200	Aceptable
S-11	10	27	< 10	400	420	Retorno de agua bombeada. Pérdidas en el pozo
S-17	9	47	< 10	≈ 200	≈ 200	Dudoso. Pérdida en el pozo
S-18	13	1.5	≈ 90	≈ 1000	500-1500	Dudoso
S-25	7	6	?	> 95	175-250	Dudoso
S-26	6.5	28	< 15	≈ 100	270-800	Pérdida en el pozo
S-27	18	0.5	> 50	≈ 6500	1500-15000	Poca precisión
S-30	20	1.5	alta	≈ 1300	750-1000	Caudales poco seguros

4. HIDROQUÍMICA

4.1. Introducción

Este capítulo presenta la caracterización química de las aguas subterráneas del área de estudio. Esta caracterización se basa en los antecedentes obtenidos de los puntos de agua descritos en el capítulo anterior y los datos obtenidos por el autor en el marco de la presente investigación.

La caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas se estudia desde el punto de vista de las relaciones entre las distintas variables fisicoquímicas, su distribución espacial y la evolución hidrogeoquímica temporal.

En el estudio de las relaciones entre las variables fisicoquímicas se han utilizado procedimientos multivariantes de análisis Cluster (Enjambres) y Componentes Principales. Para el tratamiento de análisis multivariante se ha utilizado el soporte lógico SPSS 12.0.

En el estudio de la evolución hidrogeoquímica se ha utilizado el programa de especialización hidrogeoquímica WATEQ4F **[41, 42]**, el programa Aquachem 3.6, el Surfer 8.04 y el Sigma Plot 8.0.

Todo el inventario de los análisis fisicoquímicos son muestras tomadas desde el año 1994 hasta el 2004, de los cuales una parte de los mismos se refieren a puntos de agua visitados en el trabajo de campo efectuado para la presente tesis doctoral, desde el año 2001 hasta el 2004.

4.2. Metodología

4.2.1. Muestreo de agua subterránea

En el estudio hidroquímico del agua subterránea se definió una red de muestreo periódica de puntos de agua (pozos y sondeos) (Figura 4.1). Se tomaron muestras en 27 puntos, 16 pozos y 11 sondeos. En el caso de las aguas de los pozos se tomaron un total de 376 muestras, y de sondeos, 45 muestras. Todas las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de CAFMA.

La mayoría de las muestras fueron obtenidas directamente de las captaciones en funcionamiento, previo lavado de los recipientes con el agua de la misma captación. Las muestras obtenidas se almacenaban en botellas de vidrio y polietileno de doble tapón con capacidad de 1000 ml, sin burbujas de aire y al resguardo de la luz y con sus correspondientes conservantes según el parámetro a analizar (Tabla 4.1). Desde que se obtenían las muestras en campo hasta su llegada al laboratorio transcurría una media de dos horas. Y en el laboratorio las muestras se conservaban en refrigeración para evitar modificaciones de sus características químicas.

Respecto a los registros longitudinales de temperatura y conductividad, se tienen datos de estudios anteriores en sondeos que estaban fuera de servicio **[13]**, con una sonda de la firma SEBA, que permitía registrar hasta 300 m de profundidad la temperatura (con una precisión de ± 0,1ºC) y la conductividad eléctrica.

En los anexos se recogen los análisis de que se dispone de la zona, tanto los obtenidos de estudios anteriores como los recopilados **(Anexo A4)**.

4.2.2. Determinación de los parámetros físico-químicos

Paralelamente al muestreo de agua subterránea se realizaron determinaciones de temperatura del aire y agua *in situ*.

La temperatura del aire y agua subterránea (ºC) se midió con un termómetro de mercurio de una precisión de ± 0,2 ºC.

Todos los demás parámetros se analizaron en el laboratorio, debido a que entre el tiempo de muestreo y análisis sólo había dos horas, aproximadamente. Los análisis químicos en laboratorio incluyen pH, conductividad eléctrica, los iones mayoritarios, más sílice, SAR, TA, dureza total y dureza permanente. Las técnicas utilizadas para cada uno de ellos y para cada componente se detallan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.1.- Resumen de requerimientos especiales para toma de muestras **[43]**.

PARÁMETRO	ENVASE	MÉTODO DE CONSERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO
Conductividad	P, V	Refrigerar 2-5ºC	28 días
pH	P, V	Analizar inmediatamente	2 horas
Alcalinidad	P, V	Refrigerar 2-5ºC	24 horas
Sulfatos	P, V	Refrigerar 2-5ºC	1 semana
Nitratos	P, V	Acidificar a pH<2 con H_2SO_4 y refrigerar	24 horas
Nitritos	P, V	Refrigerar 2-5ºC	2 horas
Hierro	P, V	Añadir HNO_3 hasta pH<2	6 meses
Calcio	P, V	Refrigerar 2-5ºC	24 horas
Magnesio	P, V	Refrigerar 2-5ºC	24 horas
Sólidos disueltos	P, V	Refrigerar 2-5ºC	2-7 días
Cloruros	P, V	Refrigerar 2-5ºC	24 horas
Sodio	P, V	Refrigerar 2-5ºC	1 mes
Potasio	P, V	Refrigerar 2-5ºC	1 mes
Sílice	P	Refrigerar, no congelar	28 días
Color	P, V	Refrigerar 2-5ºC	48 horas
Turbidez	P, V	Analizar el mismo día	48 horas
Compuestos orgánicos	V (D)	Refrigerar 2-5ºC	7 días

P = plástico (polietileno), V = vidrio, V (D) = vidrio, lavado con disolventes orgánicos

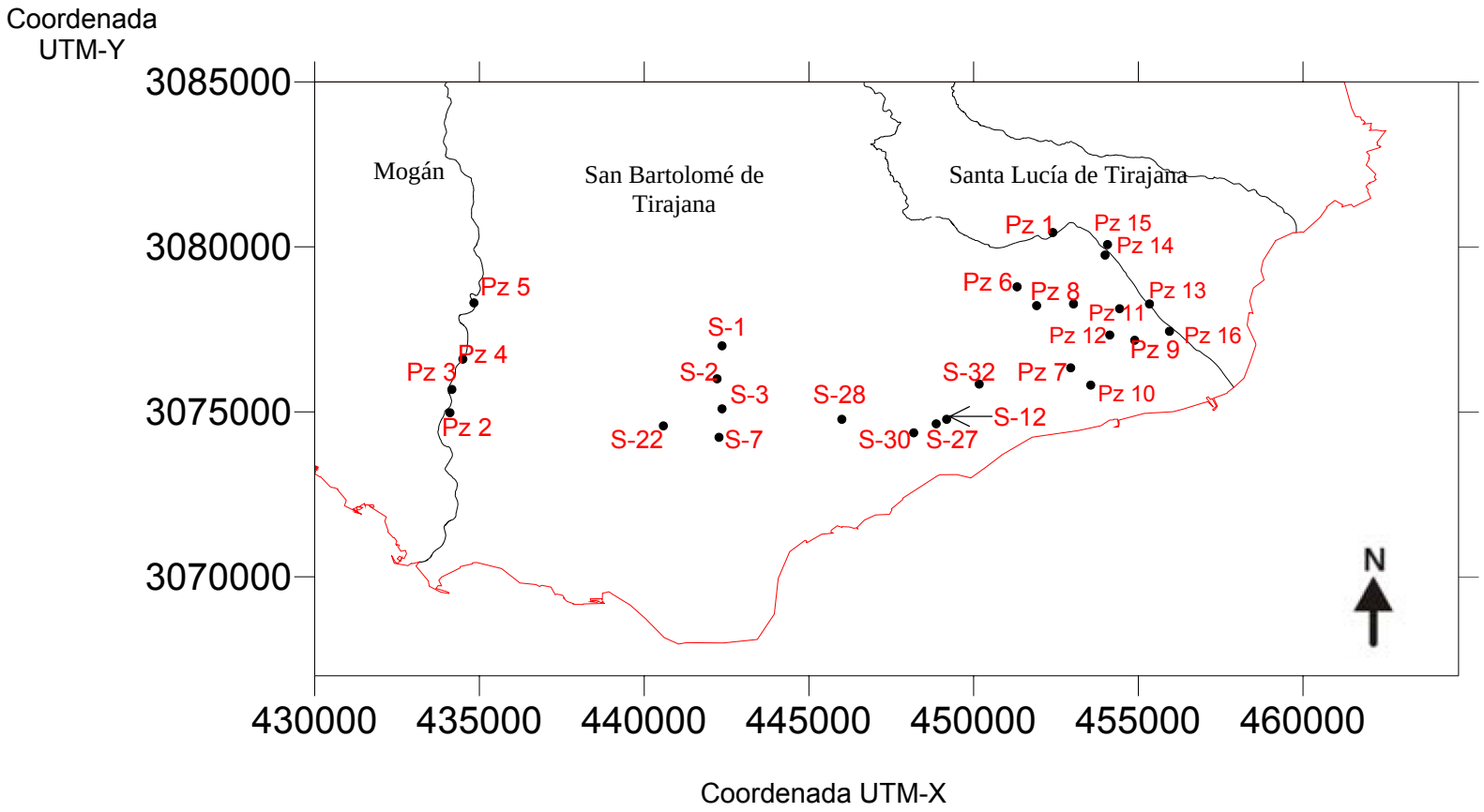


Figura 4.1.- Situación geográfica de los pozos y sondeos objeto de estudio

Los registros longitudinales de temperatura (ºC) y conductividad eléctrica (µS/cm) se obtuvieron de estudios hechos anteriormente **[13]**. Los registros de temperatura y conductividad se realizaron haciendo descender el conductímetro hasta el nivel freático, lugar desde el cual se comenzaba a medir la temperatura y conductividad a intervalos de 1 m, hasta alcanzar el fondo de los pozos.

La medición del pH se realizó con un pH-metro marca *GLP 22* de la casa *Crison*, y la conductividad se midió con un conductímetro *GLP 32*, también de la casa *Crison*, los cuales realizan un ajuste automático de la temperatura. Se ha empleado un espectrofotómetro de UV-Visible *Beckman Coulter DU 800* para el análisis de los sulfatos, nitratos, hierro y sílice. La determinación de sodio y potasio se ha llevado a cabo empleando un equipo de absorción atómica *904 AA* de la casa *GBC*. El resto de los parámetros se han determinado mediante volumetría.

Los datos de los análisis químicos aparecen en las tablas del **Anexo A4.1**, con los siguientes datos:

- **Tabla A4.1.1**: Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, CO_3^{2-}, HCO_3^- en meq/L y error de balance de iones.

- **Tabla A4.1.2**: Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SiO_2, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, CO_3^{2-}, HCO_3^-, Fe^{2+} en mg/L

- **Tabla A4.1.3**: Temperatura del aire, Temperatura del agua, Conductividad eléctrica, pH, TA, SAR, Sólidos Disueltos, la Dureza total y la Dureza permanente.

Cada tabla lleva el nombre de muestra y la fecha de toma de datos**.** Además de los análisis realizados en esta tesis, se han recopilado análisis previos, que fueron llevados a cabo en el laboratorio de CAFMA de la zona de estudio.

Se han llevado a cabo comprobaciones para eliminar los posibles errores analíticos que consisten en los siguientes pasos:

Tabla 4.2.- Técnicas de laboratorio y norma empleada para cada análisis de muestras de agua

Parámetro	Técnica empleada	Norma empleada
Bicarbonato Carbonato	Volumetría con naranja de metilo	UNE EN ISO 9963 **[44, 45]**
Calcio	Titulación con EDTA	APHA 3500-Ca D **[46]**
Cloruro	Volumetría con nitrato de plata	APHA 4500-Cl-B **[47]**
Sulfato	Espectrofotometría UV-Visible a 425 nm.	APHA 4500-SO_4-E **[48]**
Nitrato	Espectrofotometría UV-Visible con reducción de cadmio	APHA 4500-NO_3-E **[49]**
pH	pH-metro	APHA 4500 H **[50]**
Potasio	Absorción atómica en emisión con Perkin Elmer AA-400	APHA 3500-K-D **[51]**
Sodio	Absorción atómica en emisión con Perkin Elmer AA-400	APHA 3500-Na **[52]**
Magnesio	Titulación con EDTA	APHA 2340-C **[53]**
Conductividad	Conductivimetría	UNE EN-27888 **[54]**
Sílice	Espectrofotometría UV-Visible a 452 nm.	APHA 4500-Si **[55]**
Temperatura	Sonda de temperatura	-

- **Balance de iones:** se ha calculado para todos los análisis, 376 de las aguas de pozos y 45 de las aguas de los sondeos. El error se ha calculado según la siguiente fórmula **[35]**:

$$\mathbf{e(\%)} = \frac{\sum cat - \sum an}{\sum cat + \sum an} \qquad (4.1)$$

Donde:

- cat = concentración total de cationes
- an = concentración total de aniones

- **Comprobación de las conductividades:** La conductividad eléctrica del agua es proporcional al contenido de iones disueltos que contenga, siguiendo una relación lineal. Esta relación lineal es del tipo **[35]**:

$$C\ (\mu S/cm) = A * M\ (meq/L) \qquad (4.2)$$

Donde:

- A = Pendiente de la línea
- M = semisuma en meq/L de los iones mayoritarios

Se han representado las conductividades determinadas en el laboratorio frente a la semisuma de iones mayoritarios (Figura 4.2). La recta de regresión tiene una constante A de 94,252, con un coeficiente de determinación, R de 0,9715.

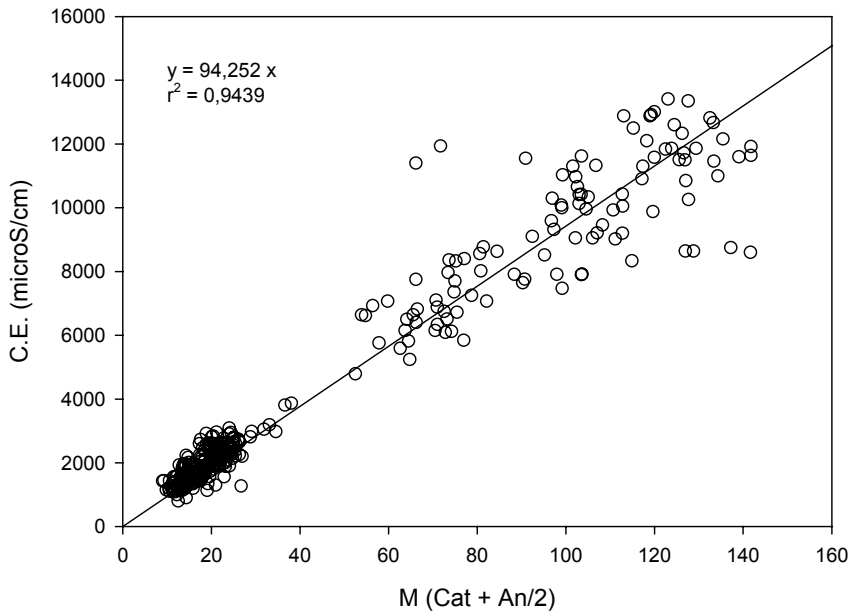


Figura 4.2.- Representación gráfica de la conductividad eléctrica frente a la semisuma de los iones.

4.3. Análisis estadístico multivariante

El objetivo principal del análisis multivariante es transformar una gran cantidad de observaciones en un número menor de puntuaciones compuestas de manera que reflejan la mayor cantidad de la información contenida en los datos originales.

Para el estudio de las relaciones entre las distintas variables fisicoquímicas se utilizó el análisis cluster (enjambres) y de componentes principales (ACP).

El análisis cluster tiene por objeto la búsqueda de grupos similares de casos o variables, que se van agrupando en conglomerados. Antes de iniciarse un análisis cluster se deben seleccionar las variables relevantes para identificar los grupos, definir la medida de proximidad entre los individuos y seleccionar el criterio para agrupar individuos en conglomerados. Siguiendo los criterios de Davis **[56]** y Moral y col. **[57]**, el parámetro de distancia utilizado en el estudio de conglomerados de variables ha sido la correlación de Pearson, mientras que en el estudio de conglomerados de casos se utilizó el cuadrado de la distancia euclidiana.

Finalmente, los distintos grupos de variables o casos creados se representan en gráficos llamados dendogramas, que permiten visualizar qué grupos están más relacionados entre sí y cuales tienen muy poca o ninguna relación.

El análisis de componentes principales (ACP) es un método esencialmente descriptivo que permite transformar las relaciones de un conjunto de variables en un número menor de componentes (variables) independientes entre sí, de manera que sólo algunas componentes expliquen la mayor parte de la varianza contenida en los datos originales **[58]**. El propósito del ACP es revelar subgrupos de variables que son relativamente independientes unos de otros.

El ACP ofrece como resultado una serie de índices numéricos, y de éstos los más importantes son los valores propios, las cumunalidades y los coeficientes de estructura (también llamados pesos). Los valores propios indican el porcentaje de la varianza de las variables originales que explica cada uno de los componentes; es usual desechar los componentes que no explican una cantidad suficiente de variación de las variables originales. Los coeficientes de estructura indican la correlación entre los componentes y las variables. Normalmente se desechan las variables que tienen coeficientes de estructura menor que 0,5. La cumunalidad indica el porcentaje de la varianza de cada variable que es explicado por los componentes, de manera que se eliminan las variables que tienen una baja cumunalidad, porque no son explicadas por los componentes.

4.4. Características generales de la química del agua en terrenos volcánicos

Las rocas volcánicas están constituidas casi exclusivamente por minerales silicatados, que en la mayoría de los casos son insolubles. Sin embargo, son fácilmente alterables si existen hidrogenoides presentes y el medio es capaz de tamponar el pH, lo cual es posible con la presencia de CO_2 disuelto en cantidad suficiente **[36]**.

La aportación iónica de las rocas volcánicas al agua subterránea dependerá de los minerales con los que se pone en contacto el agua y, por lo tanto, del tipo litológico de la roca por la que circula. En general la composición catiónica del agua subterránea estará relacionada con la composición de la roca, pero también

de la composición de la lluvia, clima, agresividad del agua, tiempo de contacto, presión y gradiente geotérmico **[36]**. Sin embargo se cumplen algunas relaciones características (suponiendo despreciables los efectos de la composición química del agua de lluvia), como que en rocas alcalinas las aguas son dominantemente sódicas y que en rocas basálticas dominan los alcalinotérreos, especialmente el magnesio **[36]**.

Otro aspecto importante es el estado de división de la roca, ya que en una roca masiva por la que el agua circula, solamente, por fisuras el agua tiene muy poca oportunidad de reaccionar, mientras que las rocas porosas ofrecen una superficie de contacto muy elevada y pueden reaccionar mucho mejor con el agua.

Es importante el papel que desempeña la temperatura del agua en los procesos de alteración de las rocas volcánicas. En ambientes volcánicos puede existir un gradiente geotérmico anormalmente alto, el cual va a incidir en una mayor temperatura del agua en profundidad y, por lo tanto, en una mayor velocidad de alteración de los minerales silicatados.

La alteración de lavas de composición basáltica no sólo dependerá de las características químicas del agua que ataca la roca, sino también del grado de cristalinidad de la roca. Los estudios de laboratorios realizados por Sigurdur y Eugster **[59]** para evaluar la interacción entre las aguas meteóricas y basaltos muestran que la disolución sigue una ley lineal, en la que el vidrio basáltico se disuelve 10 veces más deprisa que el basalto cristalino.

La composición catiónica en tanto por ciento y las características de algunas formaciones de Gran Canaria se presentan en la Tabla 4.3 **[36]**. Debido a que el clima de Gran Canaria es bastante árido, puede ser que inicialmente dominen el Cl y el SO_4 en equilibrio con cationes sin que exista agresividad. Así que es importante conocer las características del agua de recarga para entender el origen de la mineralización resultante.

Tabla 4.3.- Composiciones porcentuales y relaciones iónicas características de las rocas volcánicas de Gran Canaria **[36]**.

	Basaltos recientes	Roque nublo	Fonolitas-Ignimbritas	Traquisienitas y sienitas	Basaltos en escudo
$\%Na_2O$	3,8	4,5	7,2	6,1	2,8
$\%K_2O$	1,8	2,4	5,6	5,5	1,0
%MgO	10,3	5,1	0,5	0,6	9,3
%CaO	11,5	9,5	1,3	0,8	10,5
$\%Na_2O/\%K_2O$	2,1	1,9	1,3	1,3	2,8
%MgO/%CaO	0,9	0,5	0,4	0,7	0,9
rNa/rK	3,2	2,9-3,0	2,0	2,0	4,2
rMg/rCa	1,3	0,5-0,7	0,6	1	1,3

4.5. Caracterización química del agua subterránea

4.5.1. Determinación de algunas características hidroquímicas de la zona de estudio

El primer estudio hidroquímico de las aguas subterráneas de la isla de Gran Canaria fue el proyecto SPA-15, su objetivo fue el de conocer la circulación de las aguas subterráneas, así como su calidad para la agricultura y el consumo humano **[9]**. En este estudio se recogieron 530 muestras de aguas subterráneas y 70 muestras de agua de escorrentía y lluvia, y se les analizaron diferentes parámetros hidroquímicos. Se clasificaron las aguas subterráneas en distintas familias hidroquímicas y se estudió la relación roca-agua de las formaciones geológicas asociadas a cada muestra **[33]**.

De este estudio se sacaron unas conclusiones que se resumen a continuación:

- La temperatura del agua subterránea, normalmente, coincide con la del aire y por tanto decrece con la altitud topográfica, desde la costa hacia la cumbre, en el caso de que no existan anomalías.

- La existencia de CO_2 libre en cantidades importantes aprecen en la mitad NE, donde están las formaciones geológicas más recientes.

- El contenido en cloruro aumenta desde el centro de la isla hacia las zonas costeras.

- La conductividad eléctrica y los contenidos de SO_4 tienden a aumentar desde la cumbre hacia la costa. Esto puede ser debido a diferentes causas: el lavado del terreno al aumentar el recorrido y el tiempo de contacto, la recarga local con aguas cada vez más salinas, llegada a la zona saturada de aguas procedentes de excedentes de riego, posible contaminación marina, etc.

- La relación rMg/rCa tiende a aumentar también hacia la costa, aunque existen numerosas excepciones.

- La relación rCl/r (HCO_3+CO_3) es función del recorrido y de la aportación en profundidad de CO_2. La mayor cantidad, en torno a 10 se encuentra en la zona de Juan Grande y Maspalomas, entre otras, que coincieden con una mayor cantidad de cloruros.

- La relación rNa/rK tiende a aumentar hacia la costa, los valores superiores a 40 pueden estar relacionados con la intrusión marina e indirectamente con la aridez climática.

- La relación rSO_4/rCl es muy variable, pero sólo localmente supera el valor de 1. Las anomalías que puedan haber están probablemente relacionadas con los regadíos de frutales.

El primer inventario **exhaustivo** de puntos de agua en la zona fue llevado a cabo por la Oficina del Plan Hidrológico de Gran Canaria **[1]**. Según este estudio el agua subterránea de la zona es clorurada-magnésica excepto en la zona costera que es clorurada-sódica. La concentración de cloruros varía entre 400 y 2500 mg/L. En general esta agua tan mineralizada puede ser debido a varios factores:

- Aguas procedentes de los materiales basálticos con un tiempo de residencia alto.

- Efectos de la intrusión marina

- Prácticas agrícolas que provocan una elevada concentración de nitratos y de salinidad.

En el presente trabajo y trabajos realizados anteriormente **[37]** se ha calificado a las aguas de la zona de estudio como aguas de elevada conductividad eléctrica que puede alcanzar los 10 000 µS/cm en pozos situados en el barranco de San Bartolomé de Tirajana, con contenidos de nitratos elevados en zonas de cultivo.

En una primera aproximación a la caracterización hidroquímica de la presente Tesis se ha calculado la media, mediana, percentiles y desviación típica a partir de 420 muestras de pozos y sondeos.

La Tabla 4.4 resume los resultados de los estadísticos más importantes. En general, las distribuciones son asimétricas con la mediana más próxima al percentil 25% que al 75%, y en algunos casos se reconoce la existencia de una segunda familia de datos con concentraciones más altas.

En la Figura 4.3 se dibuja el histograma de la concentración de cloruros, en el que se diferencian dos familias de datos bien definidas. La más numerosa corresponde a las aguas de menor mineralización y presentan un valor de máxima frecuencia en torno a 15 meq/L, mientras que el segundo grupo presenta un valor de máxima frecuencia de 95 meq/L. Espacialmente, las muestras de pozos con mayor concentración de cloruros se sitúan en el Barranco de Tirajana, en la desembocadura principalmente.

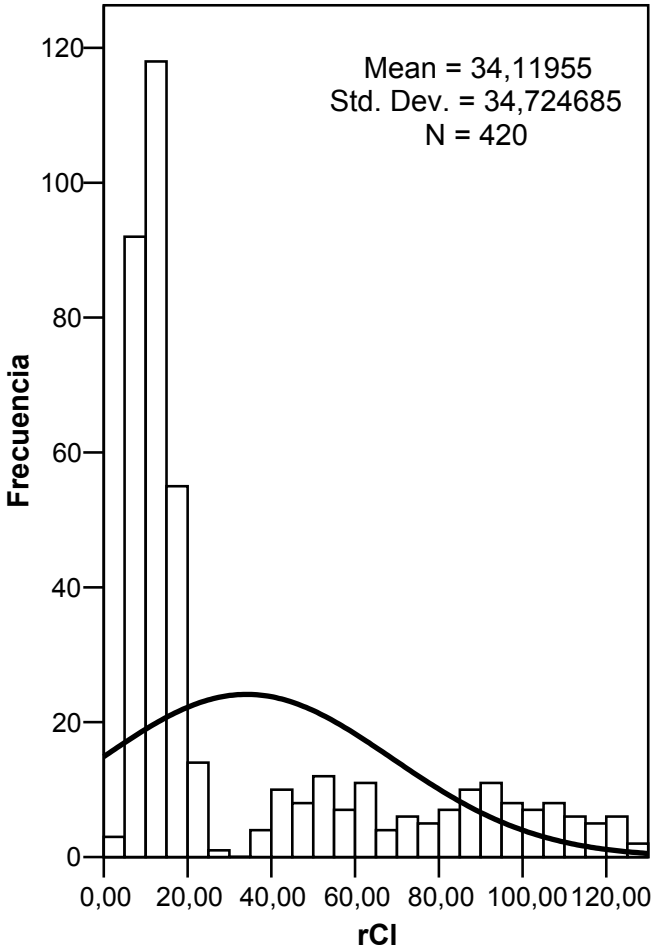


Figura 4.3.- Histogramas de concentración de Cloruro de las muestras de las aguas subterráneas de la zona de estudio (r = meq/L). N = número de datos.

Tabla 4.4.- Valores representativos de la concentración de los iones mayoritarios (r = meq/L), SiO_2 (mg/L), conductividad eléctrica (µS/cm) y pH de los pozos y sondeos muestreados independiente del punto y fecha de muestreo.

Estadísticos	rNa^+	rK^+	rMg^{2+}	rCa^{2+}	rCl^-	rSO_4^{2-}	$rHCO_3^- + rCO_3^{2-}$	SiO_2(mg/l)	C.E. (µS/cm)	pH
Media	18,09	0,580	13,53	10,54	34,12	4,19	3,54	42,35	4093	7,63
Mediana	13,48	0,435	4,45	3,74	14,72	2,67	3,36	40,4	2201	7,6
Media-mediana	4,61	0,145	9,08	6,80	19,4	1,52	0,180	1,95	1892	0,028
Máximo	76,3	2,864	67,50	58,98	128,5	27,69	9,21	101	13410	9,85
Mínimo	4,22	0,21	0,775	0,25	3,52	0,5	0,9	12,6	800	6,69
Desv. Típica	12,42	0,380	17,22	13,28	34,73	4,13	1,44	16,22	3632	0,462
Percentil 25%	9,61	0,332	3,46	2,64	10,59	1,54	2,46	31,8	1606	7,29
Percentil 50%	13,48	0,435	4,45	3,74	14,72	2,67	3,36	40,4	2201	7,6
Percentil 75%	22,16	0,740	16,66	12,70	54,43	5,41	4,54	48,0	6640	7,9

El histograma de concentración de sodio sigue una pauta similar a la del cloruro, en el que se pueden separar hasta tres familias de datos distintas (Figura 4.4). La más importante corresponde a las aguas de menor mineralización relativa y presenta un valor de máxima frecuencia en torno a 10-15 meq/L. Un segundo grupo presenta un valor de máxima frecuencia de 30 meq/L y un tercer grupo más difuso y con pocos datos tiene un valor de máxima frecuencia de 70 meq/L.

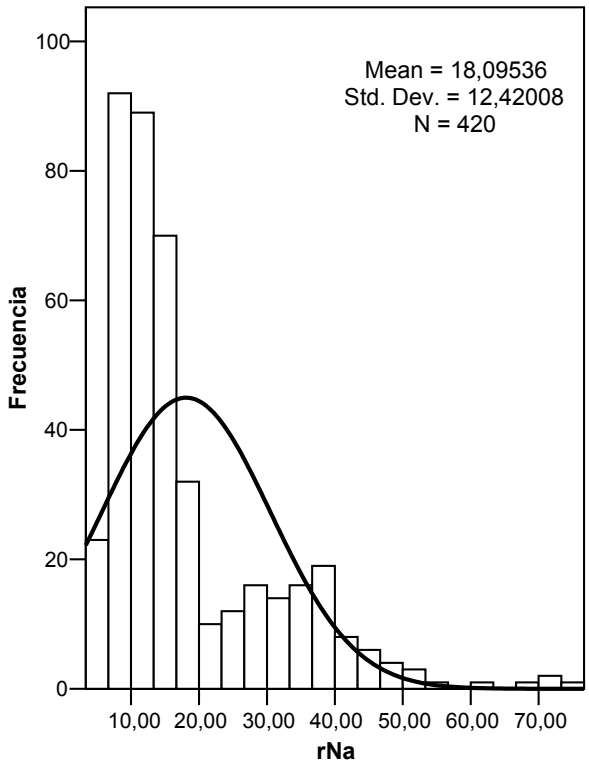


Figura 4.4.- Histograma de concentración de Sodio de las muestras de las aguas subterráneas de la zona de estudio (r = meq/L). N = número de datos.

En el histograma de concentración de sulfatos se distingue una única familia de datos con un importante sesgo a la izquierda (Figura 4.5). Si bien el rango de variación es bastante grande, puede apreciarse en el histograma que las observaciones tienden a concentrarse entre 0,1 y 5 meq/L. La Figura 4.6 presenta la relación rCa vs. rSO_4, donde se distingue una distribución irregular de puntos para concentraciones de sulfato menores a 5 meq/L, mientras que para valores de más de 5 meq/L de sulfato, la relación rCa vs. rSO_4 muestran una relación más

estrecha. Los contenidos de SiO_2 (mg/L) en el agua son altos; alcanzan un valor medio de 42,35 mg/L.

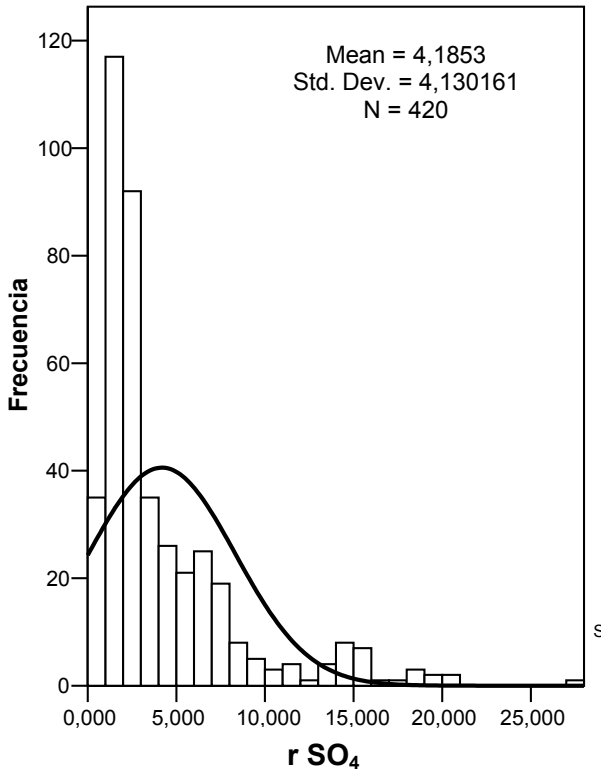


Figura 4.5.- Histograma de concentración de Sulfato de las muestras de las aguas subterráneas del área de estudio (r = meq/L). N = número de datos.

Las características principales que se deducen de los resultados obtenidos son:

a) A partir de la distribución de los contenidos de cloruro del agua subterránea se pueden interpretar dos orígenes distintos para este ión en el agua. En el caso de la familia de datos más numerosa y que presenta una menor concentración de cloruro es factible atribuirle un origen meteórico. Por otro lado, los datos con concentraciones de cloruro más altas se sitúan en zonas geográficamente bien definidas, lo que hace suponer un aporte de este ion desde el medio en que circulan las aguas.

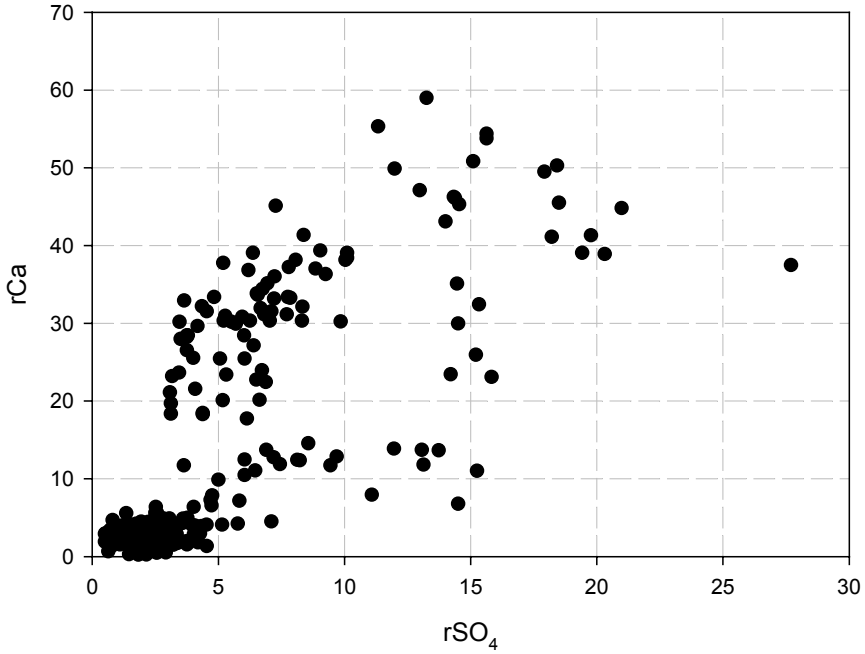


Figura 4.6.- Relación rCa/rSO_4 de las muestras de agua subterránea del área de estudio.

b) La distribución de los contenidos de sodio en el agua subterránea permiten inferir hasta tres orígenes distintos de este ion en el agua. Al igual que el cloruro, la familia con más datos y menor concentración de cloruros puede tener un origen meteórico. Otro posible origen de sodio en el agua puede estar ligado a la lixiviación de plagioclasas con una componente sódica, como son las fonolitas de Amurga.

c) El histograma de concentración de sulfato posiblemente diferencia dos orígenes distintos para este ion en el agua. La relación más clara de rCa y rSO4 para concentraciones de sulfato mayor a 5 meq/L, permite inferir un origen litológico de estos iones, asociado a la disolución de yeso. Las zonas con mayores concentraciones de sulfato se sitúan espacialmente con sectores donde se reconocen rocas intrusivas.

Una interpretación más completa y detallada de los datos de las aguas subterráneas de pozos y sondeos se hace en los siguientes apartados.

4.5.2. Registros de conductividad eléctrica y temperatura en sondeos de la zona de estudio

En la investigación realizada para la presente Tesis Doctoral no se han realizado registros de Temperatura y Conductividad en sondeos, pero existen registros hechos anteriormente en la zona de estudio **[13]**.

En ese estudio, en algunos sondeos del área que no estaban siendo explotados se realizaron registros longitudinales de temperatura y conductividad eléctrica. En la Tabla 4.5 se explica la situación geográfica de los sondeos a los que se les realizó los registros de conductividad y temperatura.

Tabla 4.5.- Situación geográfica de los sondeos a los que se les realizó los registros de conductividad y temperatura.

Nombre	Coord. UTM-X	Coord. UTM-Y	Z (m)
S- Las Burras	446592	3072204	8.2
S- Costero	448022	3072628	10.2
S-10	447175	3074000	56
S-5	442515	3074110	96
S-8	446000	3073739	170
S-26	448922	3074640	60

Los registros de temperatura y conductividad eléctrica se realizaron haciendo descender el conductímetro hasta el nivel freático, lugar desde el cual se comenzaba a medir la temperatura y conductividad eléctrica a intervalos de 1 ó 2 m, hasta alcanzar el fondo de los sondeos. Para ello se utilizó una sonda marca SEBA, que permite medir la temperatura y conductividad eléctrica del agua hasta una profundidad de 300 m.

Los registros de temperatura pueden dar mucha información sobre los movimientos del agua subterránea. El desarrollo teórico de la bibliografía consultada **[35, 60]** se basa en la gran inercia térmica que tiene el agua, debida a su gran calor específico frente al de la roca o suelo circundante y trata el fenómeno del transporte de calor por el agua subterránea.

En ausencia de flujos verticales significativos de agua en el sondeo, la temperatura del terreno y la del agua debe crecer con la profundidad de forma lineal, con un gradiente vertical medio aproximado de 0,03 ºC/cm (gradiente geotérmico), aunque el valor real varía según la conductividad térmica de las rocas y el flujo térmico terrestre endógeno. El estudio de la variación de la temperatura a lo largo de una columna de agua en un sondeo permite establecer hipótesis bastante razonables acerca de la existencia de flujos verticales de agua dentro de la perforación. La existencia de flujo vertical tiene su origen en las diferencias de potencial hidráulico entre las distintas formaciones, fisuras o profundidades penetradas por una perforación, aún siendo pequeñas **[13]**. El estudio de la variación de la temperatura complementado con los datos de conductividad eléctrica ayuda a confirmar en algunos casos las hipótesis de existencia de flujos verticales en los sondeos.

Se tomaron medidas en 6 puntos distintos (Figura 4.7) de la zona de estudio. La orografía tan abrupta de la zona de estudio desempeña un papel clave en las desviaciones del gradiente geotérmico, ya que se observan gradientes bastante elevados, debido, con bastante certeza, a la orografía del terreno.

Como se puede apreciar en la Figura 4.8, existen fuertes discrepancias en los valores de temperatura del aire al representar la temperatura en conjunto. En teoría, si el terreno fuera subhorizontal, tendrían que aparecer más o menos alineados en una recta que siguiera el gradiente geotérmico con origen en la temperatura media ambiental. Por tanto, se podría decir, que la orografía tan abrupta de la zona desempeña un papel clave en las desviaciones del gradiente geotérmico y que los gradientes locales tan elevados son debidos a ésta.

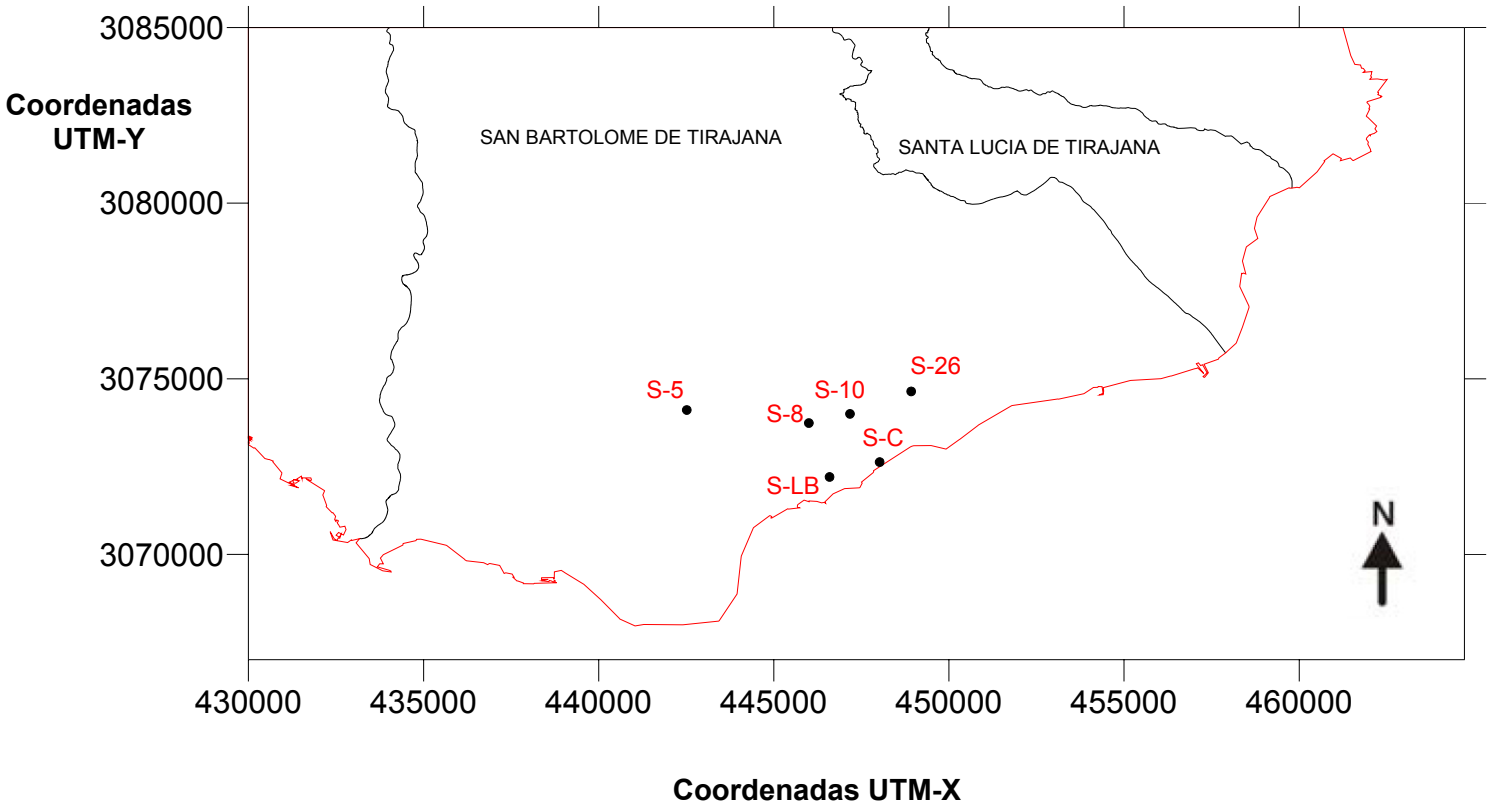


Figura 4.7.- Situación de los sondeos estudiados. LB = Las Burras, C = Costero

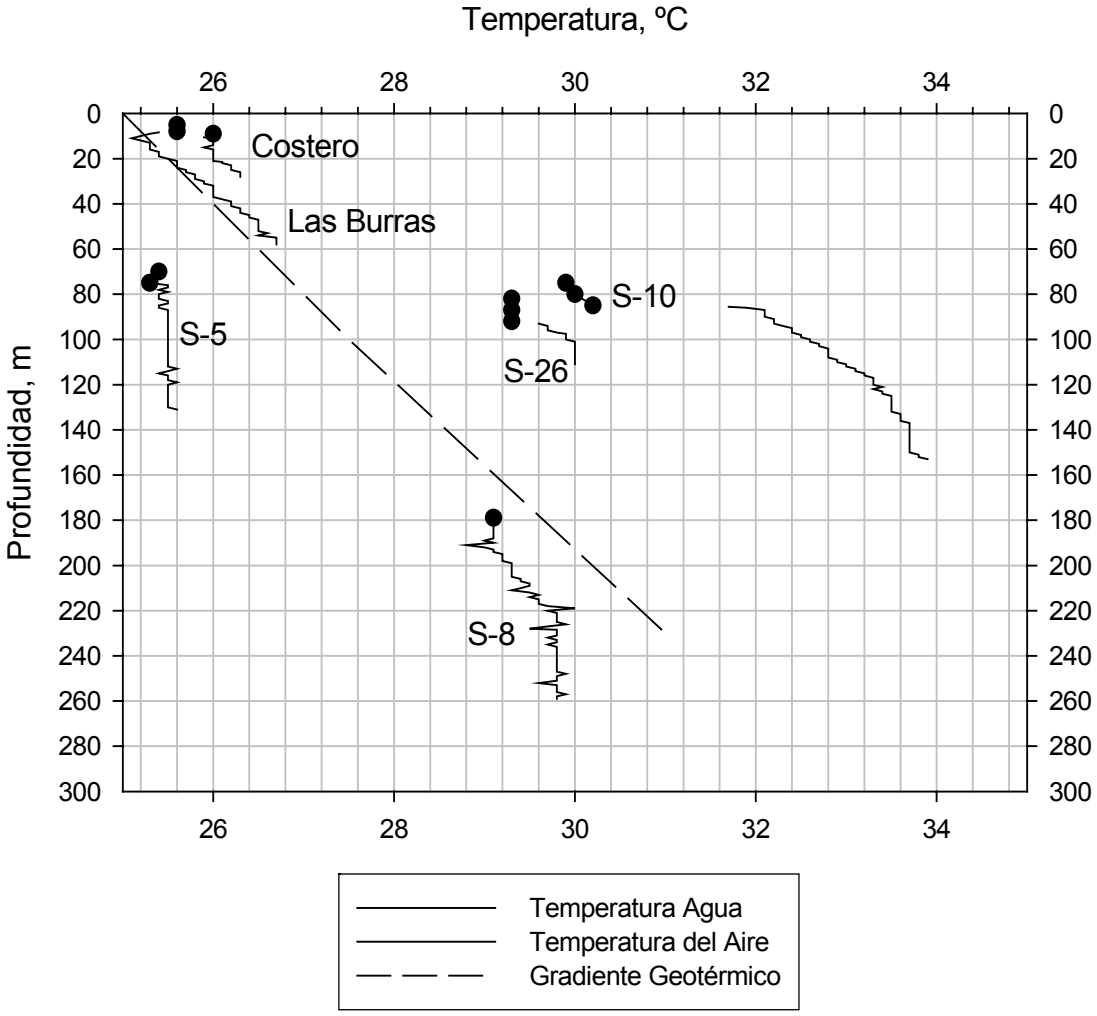


Figura 4.8.- Representación de las temperaturas para todos los pozos registrados en función de la profundidad.

4.5.2.1. Registros

- **Sondeo “las Burras”**

La Figura 4.9 presenta el perfil de conductividad eléctrica y temperatura en el sondeo “Las Burras”. Este sondeo tenía una profundidad original de 276 m con el fin de poder tener un reconocimiento litoestratigráfico del Macizo de Amurga en las proximidades de la costa.

En este estudio la profundidad alcanzada ha sido de 58,32 m. probablemente la entubación del sondeo se colapsó en algún tramo, puesto que el agua subterránea es muy salina y la entubación pudo haberse corroído, ya que ésta era de acero de 2 mm. Este nivel, a 58 m de profundidad, corresponde a tobas muy alteradas, a materiales de tipo arcilloso, de grano muy fino y deleznable **[13]**.

Se observa que la conductividad del agua es bastante elevada, de alrededor de 5000 µS/cm, y bastante homogénea. El registro de temperatura muestra un aumento de la misma con la profundidad, siguiendo el gradiente geotérmico, aproximadamente (1ºC cada 33 m). En los primeros metros se observa una estratificación que corresponde al frente térmico de verano.

- **Sondeo Costero**

La Figura 4.10 representa un sondeo costero, posiblemente construido para la extracción de agua de mar. Es un sondeo muy poco profundo (28 m), que ya está abandonado. En este sondeo hay una gran estratificación al final del mismo, de 4000 µS/cm pasa a 6600 µS/cm, debido, seguramente, a la presencia de aguas mezcladas con agua de mar.

- **Sondeo S-10**

En este sondeo existe una gran diferencia entre la temperatura del agua y la del aire (Figura 4.11), puede ser debido al ascenso de las aguas subterráneas, ya que, en teoría, el aire se encuentra en equilibrio térmico con las rocas circundantes, y el agua si asciende con rapidez, mantiene el calor de su procedencia más profunda.

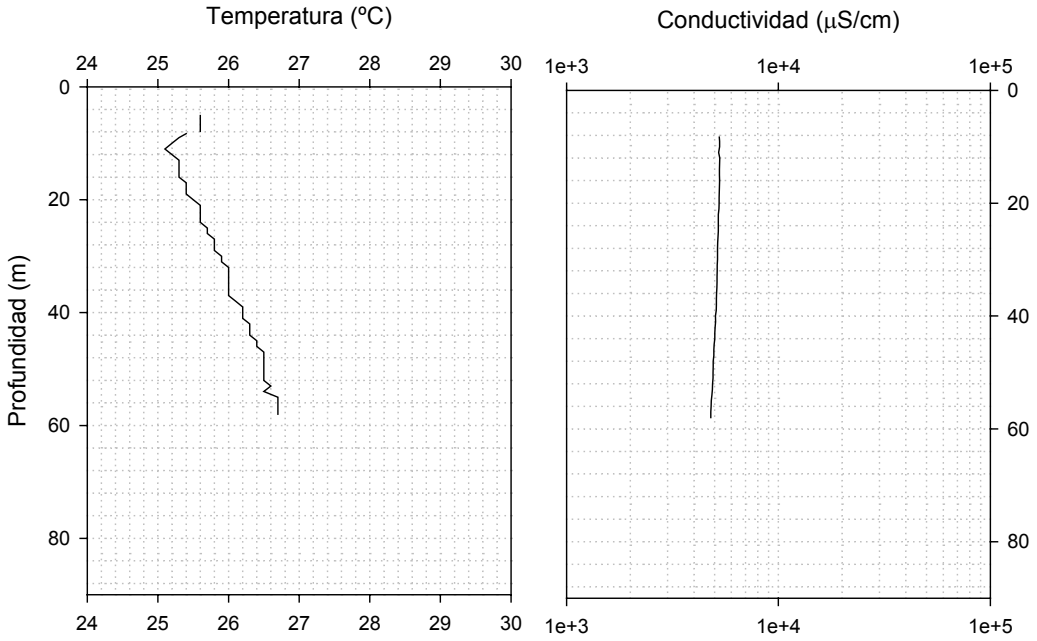


Figura 4.9.- Registros de conductividad y temperatura en el sondeo "Las Burras".

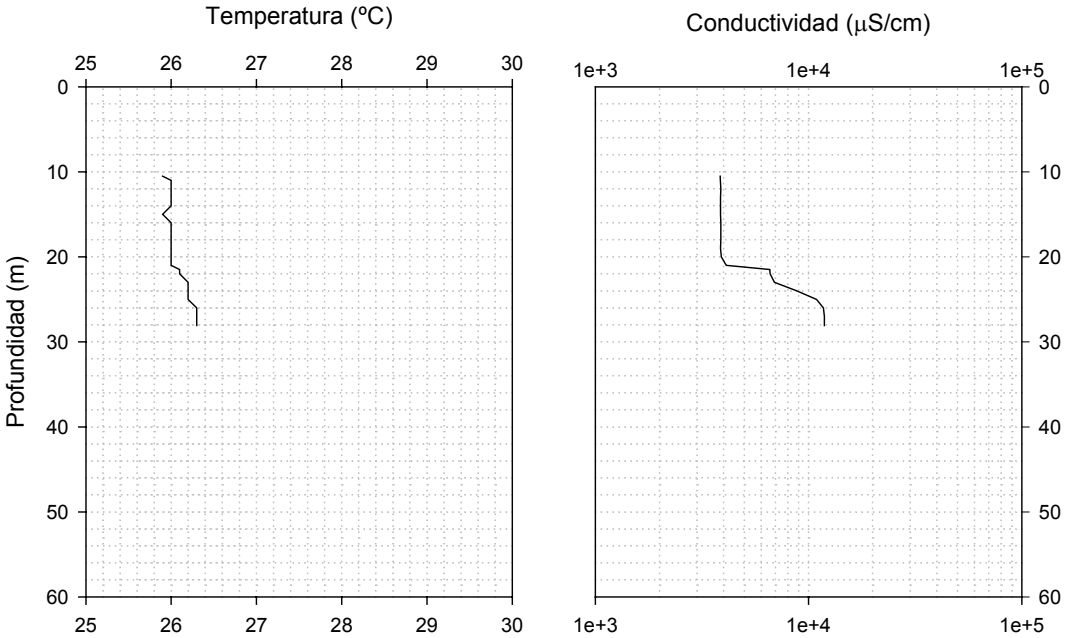


Figura 4.10.- Registros de conductividad y temperatura en el sondeo costero.

Esto puede ser cierto debido a que se dejaron de bombear los pozos de los alrededores, incluido éste, debido al fuerte incremento de la salinidad. Se observa también que tanto la temperatura del aire como la del agua aumentan con la profundidad, y esto puede indicar, con respecto al agua, que el ascenso no es en el pozo sino en el propio acuífero, teniendo en cuenta que este sondeo no tiene ni entubación ni rejilla.

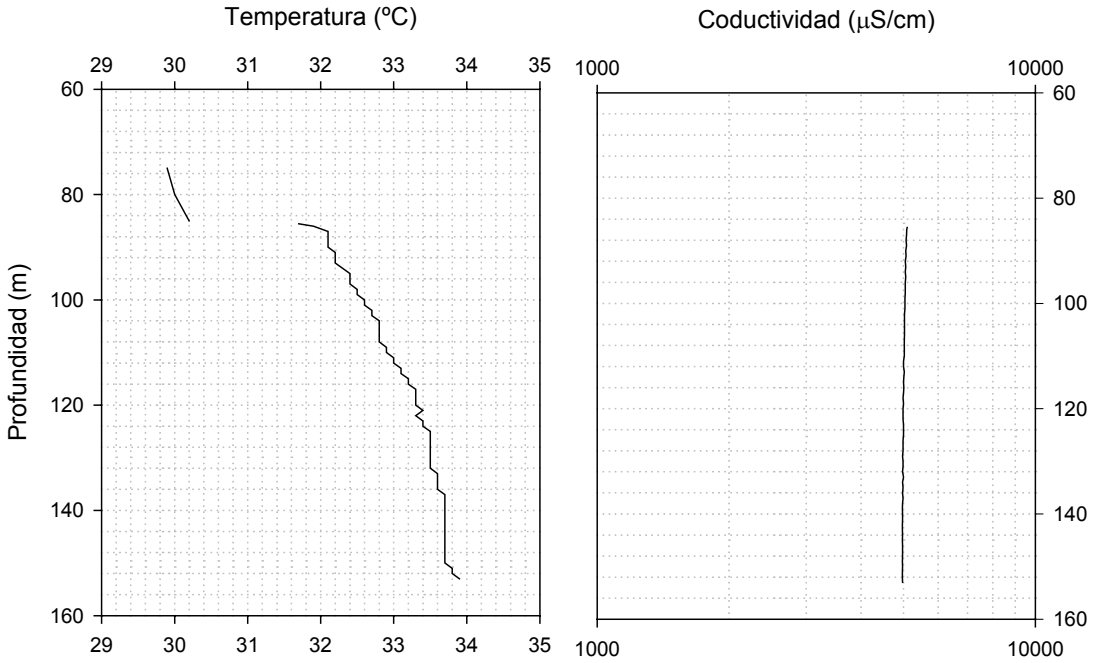


Figura 4.11.- Registros de conductividad y temperatura en el sondeo S-10

- **Sondeo S-5**

Este sondeo está situado en el fondo del barranco de Fataga atravesando materiales de la formación traquítico-riolítica **[2]** dominio extracaldera. Este sondeo tampoco está entubado. Este sondeo dispone de columna litológica **[12]**, en la que se aprecia una sucesión de ignimbritas riolíticas con intercalaciones de conglomerados (Figura 4.12).

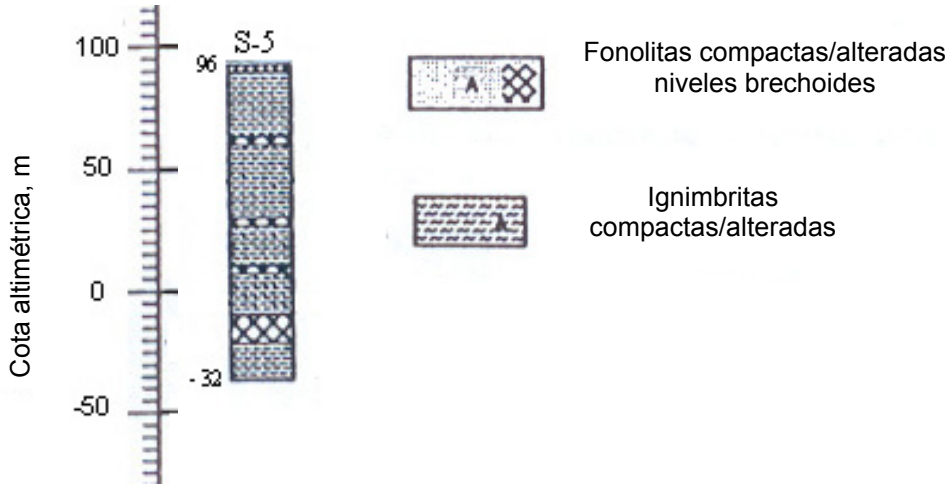


Figura 4.12.- Columna litológica del Sondeo S-5

En el perfil de temperatura (Figura 4.13) se observa que existen oscilaciones en determinados tramos del sondeo, seguramente en los tramos que corresponden a brechas, aunque se ha de tener en cuenta el error en la nivelación de la boca del sondeo, que puede ser de ± 5 m. Se observa, también, que la conductividad eléctrica va aumentando hasta un valor que se mantiene estable a partir de los 90 m de profundidad, situados entre dos niveles de brechas.

Esto puede ser debido a que estos tramos, donde existen brechas, podrían ser entrada/salida de agua y el sondeo actuaría de conexión entre ellos. Si estos niveles tienen un diferente potencial hidráulico, cosa razonable porque el acuífero estaba siendo explotado, lo que se produciría sería un flujo vertical de agua dentro del sondeo que haría homogénea la salinidad y temperatura entre estos dos tramos; esto es lo que parece que ocurre.

La salinidad de los primeros metros podría deberse a la caída de agua ocasional de algún nivel superior (por las brechas existentes) o bien a la caída directa en el pozo.

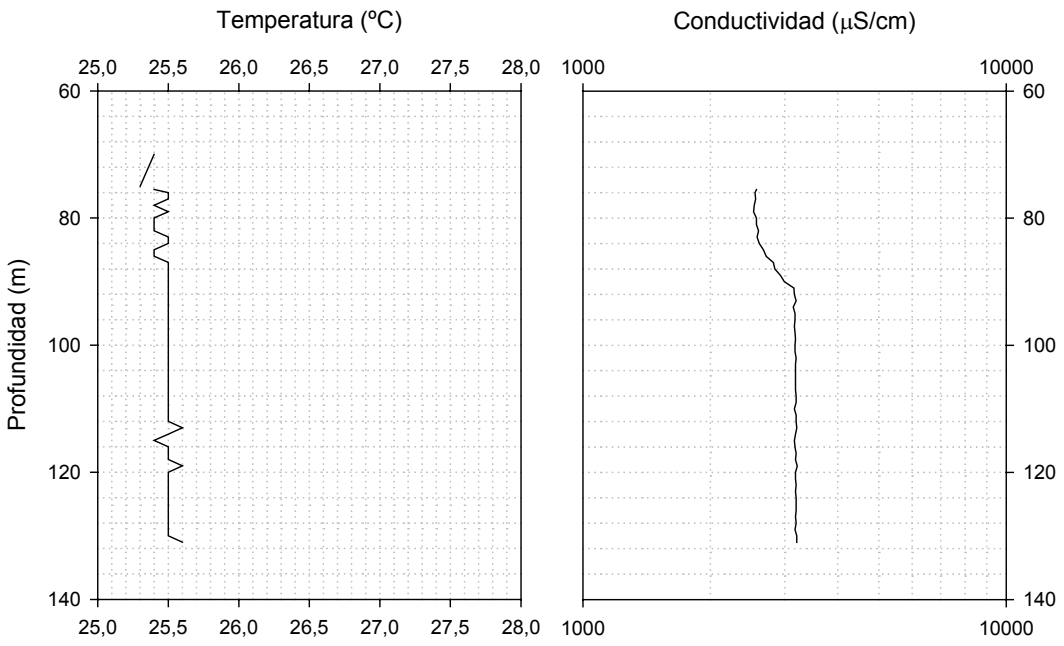


Figura 4.13.- Registro de conductividad y temperatura en el sondeo S-5.

- **Sondeo S-8**

En este sondeo se han podido reconocer hasta los primeros 300 m, sin llegar a alcanzar el fondo. Este sondeo dispone de columna litológica **[12]** hasta unos 242 m de profundidad (Figura 4.14).

Al observar la Figura 4.15 se aprecian fenómenos parecidos a los citados en el sondeo S-5. Aparecen zonas en las que la temperatura fluctúa, otras zonas donde la temperatura aumenta y otras en las que se mantiene estable. Con la conductividad eléctrica ocurre lo mismo.

Si comparamos la columna litológica con los perfiles de temperatura y conductividad eléctrica, se observa que a 190 m de profundidad podría haber un nivel más permeable, zona de fonolitas. La temperatura aumenta con la profundidad hasta los 220 m, donde empieza el nivel de ignimbritas, con un gradiente de 1ºC/40 m. Este gradiente indicaría un leve flujo vertical de agua entre ambos niveles, ya que el gradiente es inferior al geotérmico. Además se observan pequeñas variaciones de temperatura que podrían indicar la existencia de fisuras.

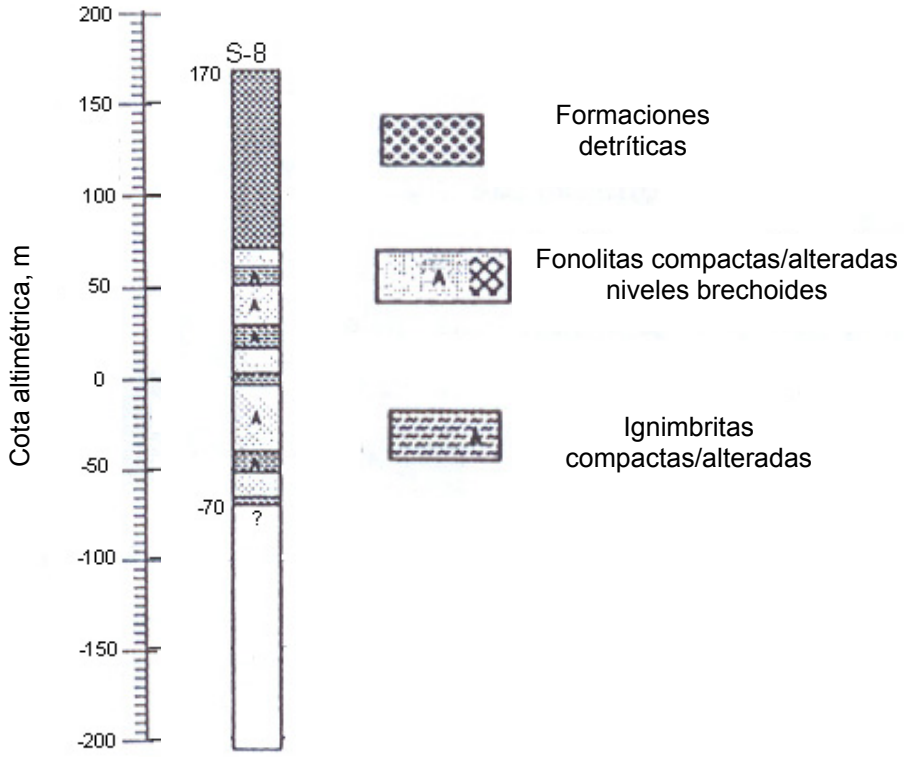


Figura 4.14.- Columna litológica del Sondeo S-8

Parece ser que hay un flujo vertical a partir de los 220 m de profundidad, ya que la temperatura y la conductividad eléctrica se mantienen uniformes, aunque no se puede averiguar su sentido.

La conductividad eléctrica en los primeros metros del sondeo es superior a la de los niveles más profundos, la única interpretación posible de esto es que los niveles superiores sean más impermeables y renueven el agua más lentamente, y que la circulación del agua se efectúe principalmente en profundidad. Según Custodio y Llamas **[35]**, no es raro que ocurra esto en este tipo de acuíferos, donde las aguas más salinas corresponden a las zonas más impermeables, debido al mayor tiempo de permanencia.

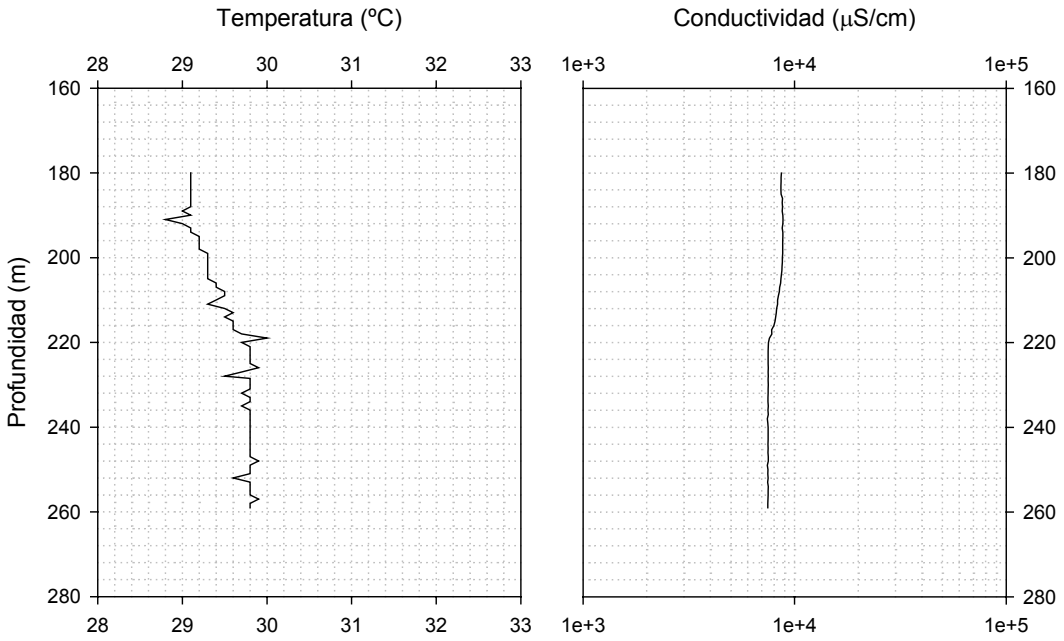


Figura 4.15.- Registro de conductividad y temperatura en el sondeo S-8

- **Sondeo S-26**

Este es uno de los sondeos más orientales de los registrados en el Macizo de Amurga. También dispone de columna litológica formada por fonolitas compactadas intercaladas por ignimbritas marrones. Aparentemente el tramo productivo está situado en el tramo de las "ignimbritas marrones", donde la conductividad eléctrica aumenta bruscamente (Figura 4.16). Además, durante la construcción del pozo, se alumbró agua justo al llegar a las ignimbritas. El agua poco salina de los primeros metros puede ser agua caída directamente en el pozo.

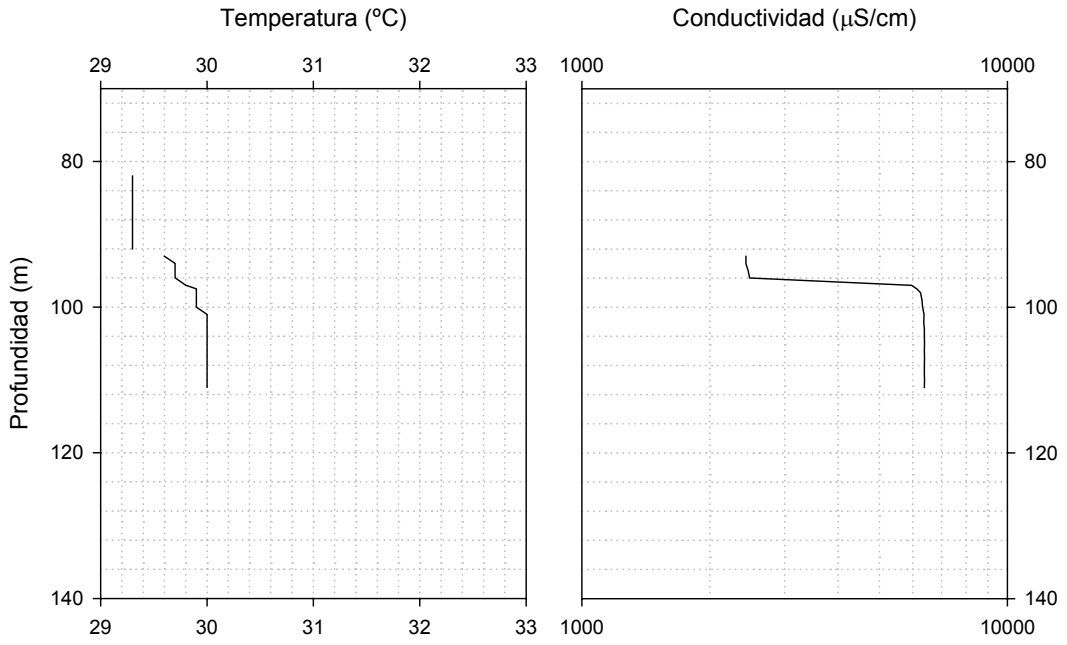


Figura 4.16.- Registro de conductividad y temperatura en el sondeo S-26

4.5.3. Caracterización de la composición iónica de la zona de estudio

Según los estudios isotópicos realizados por otros investigadores **[13]** se vio que las aguas de la zona de estudio tienen un carácter marcadamente evaporítico (formado a partir de residuos antiguos del mar). Además la influencia del mar no es desdeñable. Según Gasparini **[12]**, parte de la recarga puede proceder de los aerosoles marinos que el viento descarga sobre la roca y el posterior lavado de esta. Si a esto se le añade el efecto de concentración de sales del terreno, se puede decir que la propia recarga es una fuente de salinidad importante. Este autor demuestra por datación con tritio y carbono-14 que las **aguas** de la zona tienen, como mínimo, una **edad** de **10000 años**, análisis posteriores **[13]** indican lo mismo. Todo esto indica que la elevada salinidad que presenta esta agua puede explicarse también, sin excluir ninguna hipótesis, como el resultado de la prolongada **interacción agua-roca** debido al tiempo de permanencia tan largo. Todo esto viene apoyado por el hecho de que esta agua no se puede considerar como dilución de agua marina, datos que se darán en el apartado del estudio de las relaciones iónicas.

En el estudio hidroquímico de las aguas subterráneas del área de estudio se han considerado todos los análisis químicos existentes en cada punto de muestreo (Figura 4.1 y Tabla 4.6). Para su interpretación se han representado en columnas verticales logarítmicas *(Diagramas Schöeller)* todos los análisis existentes de cada punto (**Anexo A4.2**). También se han representado las muestras en el diagrama triangular de *Piper* **[61]** para evaluar posibles mezclas de agua subterránea (**Anexo A4.3**).

Para la caracterización de las aguas se han separado en tres zonas diferenciadas, que corresponden a las aguas subterráneas del **Barranco de Tirajana**, las aguas subterráneas del **Barranco de Arguineguín** y las aguas subterráneas del **Macizo de Amurga** propiamente dicho (incluido el **Barranco de Fataga**).

Con el objetivo de tener una visión general de la composición química de las aguas subterráneas del área de estudio en el tiempo y el espacio se han representado los análisis químicos en diagramas de ***Stiff modificados***, donde se representan los análisis más representativos de los pozos y sondeos (Figura 4.17). En el **Anexo A4.4** se representan los diagramas de Stiff de cada pozo y sondeo.

En el **Anexo A4.5** se recogen en forma de tabla las *familias hidroquímicas* de cada una de las muestras estudiadas en diferentes fechas. Se han diferenciado 4 familias hidroquímicas, en general, que se describen a continuación:

- **Agua Clorurada Sódica:**

Pozos

1994: Aparecen en ambos barrancos, Arguineguín y San Bartolomé de Tirajana. En el caso del barranco de Tirajana aparecen en la desembocadura, mientras que en el barranco de Arguineguín aparecen en la cabecera. Las salinidades son diferentes según las zonas, son bajas en la cabecera y altas en la desembocadura.

Tabla 4.6.- Nombre y situación de los pozos y sondeos objeto de estudio.

Nombre	Nº de expediente	Coord. UTM-X	Coord. UTM-Y	Z (m)
Pozo 1	2466-TP	452.405	3.080.435	165
Pozo 2	5846-TP	434.106	3.074.972	96
Pozo 3	5847-TP	434.164	3.075.678	102
Pozo 4	5845-TP	434.499	3.076.598	115
Pozo 5	5806-TP	434.834	3.078.302	125
Pozo 6	0060-TP	451.320	3.078.788	140
Pozo 7	0407-TP	452.948	3.076.335	42
Pozo 8	5558-TP	453.032	3.079.038	109
Pozo 9	6029-TP	454.891	3.077.169	61
Pozo 10	0194-CP	453.555	3.075.810	31
Pozo 11	5552-TP	454.430	3.078.125	93
Pozo 12	3478-TP	454.133	3.077.327	69
Pozo 13	0217-TP	455.338	3.078.270	65
Pozo 14	0356-CP	453.990	3.079.750	115
Pozo 15	2321-TP	454.065	3.080.070	125
Pozo 16	3103-TP	455.945	3.077.440	57
Sondeo 1	E-5947-TP	440.901	3.077.268	160
Sondeo 2	E-5950-TP	441.693	3.075.129	130
Sondeo 3	E-5949-TP	442.089	3.074.812	112
Sondeo 7	E-5945-TP	441.376	3.074.574	100
Sondeo 12	E-5946-TP	449.457	3.074.970	88
Sondeo 16	24-S.I.	451.913	3.078.218	135
Sondeo 22	E-6102-TP	440.584	3.074.574	100
Sondeo 27	E-6107-TP	447.159	3.074.653	75
Sondeo 28	E-6105-TP	445.892	3.074.733	285
Sondeo 30	-	446.605	3.074.733	167
Sondeo 32	S.I	450.170	3.075.842	200

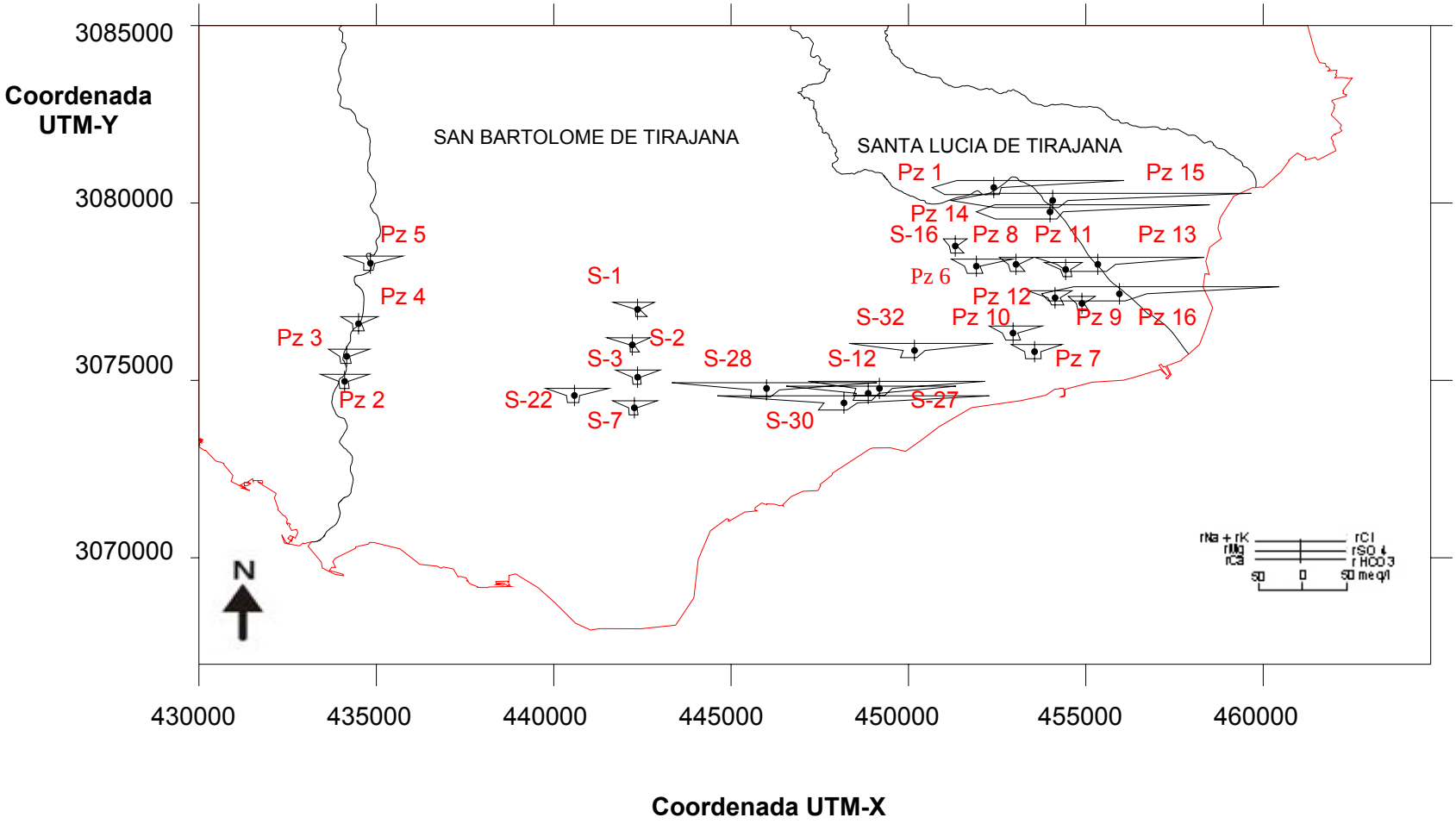


Figura 4.17.- Representación de los diagramas de ***Stiff modificados*** de las muestras más representativas de la zona de estudio.

2004: Aparecen en las mismas zonas, observándose un aumento de la salinidad en los pozos situados en el barranco de Tirajana y una disminución en los pozos situados en el barranco de Arguineguín.

Sondeos

Aparece en la mayoría de los sondeos, diseminados por el Macizo de Amurga y Barranco de Fataga. Cabe señalar que aparecen a distintas salinidades según las zonas, bajas en el barranco de Fataga y más elevadas en el Macizo de Amurga.

- **Agua Clorurada Magnésica:**

Pozos

1994: este tipo de aguas sólo se encuentra en tres pozos repartidos por la zona de estudio, en el tramo medio del barranco de Arguineguín y Amurga.

2004: aparecen en los mismos pozos, observándose una disminución de la salinidad en los pozos situados en el barranco de Arguineguín y tramo medio del barranco de Tirajana y un aumento de salinidad en la desembocadura del barranco de Tirajana.

Sondeos

Este tipo de agua es muy escasa, aparece en un único sondeo, situado en el tramo alto del macizo de Amurga, con una salinidad media y que no varía en el tiempo.

- **Agua Clorurada Cálcica Magnésica:**

Pozos

1994: presentan una elevada salinidad, situadas tanto en la cabecera como en la desembocadura del barranco de Tirajana.

2004: aparecen en los mismos pozos, apreciándose una disminución de la salinidad en todos los pozos.

Sondeos

Aparece en un único sondeo situado en el Macizo de Amurga, con una elevada salinidad, muy cercano a las aguas cloruradas sódicas.

- **Agua Bicarbonatada Sódica:**

Pozos

1994: aparecen con salinidades más bajas en el Macizo de Amurga, situados en el tramo alto y medio.

2004: misma distribución que en el 1994, aumentando ligeramente las salinidades de las aguas.

Sondeos

Aparecen en el tramo medio del barranco de Fataga con salinidades más bajas. En este caso las salinidades permanecen constantes.

- Barranco de Tirajana

En el estudio de la composición química de las aguas subterráneas del Barranco de Tirajana se han considerado todas las muestras obtenidas en los pozos y sondeos situados en esta zona. Todos los datos utilizados en esta caracterización proceden de la presente investigación. Las muestras de agua son representativas de la recarga, localizadas en rocas volcánicas e intrusivas correspondientes al Complejo Basal, es decir, las construcciones submarinas y que presentan una gran interacción con el terreno por el que circulan.

Corresponden a aguas de tipo clorurado-cálcico-magnésica, que en general presentan una salinidad elevada, y elevados contenidos de sulfato y sílice. La

concentración de nitrato en estas aguas es variable de un punto a otro, pero en la mayoría de los casos se sospecha una componente antrópica asociada a actividades agrícolas.

En el **Anexo A4.5** se representan las distribuciones de las familias hidroquímicas entre 1994 y 2004, donde se observan algunos cambios temporales, aunque no muy significativos.

En la Tabla 4.7 se presentan los resultados estadísticos de las concentraciones y relaciones iónicas más importantes de las aguas subterráneas del Barranco de Tirajana. Los diagramas de cajas de los iones mayoritarios se representan en la Figura 4.18. En general todas las aguas de estos pozos son iguales químicamente hablando.

Los pozos se encuentran en las laderas del barranco de Tirajana, excepto el Pz16, que está situado en la desembocadura del barranco. La figura 4.17 presenta los diagramas de Stiff (modificados) de las muestras más representativas. Las del barranco de Tirajana son el Pz1, Pz13, Pz14, Pz15 y Pz16 donde se observa que todas las muestras tienen una elevada mineralización (ver **Anexo A4.4**).

- Macizo de Amurga (incluido Barranco de Fataga)

En el estudio de la composición química de las aguas subterráneas del Macizo de Amurga se han considerado todas las muestras obtenidas en los pozos y sondeos situados en esta zona. Todos los datos utilizados en esta caracterización proceden de la presente investigación. Las aguas del Macizo de Amurga son aguas profundas con un grado de mineralización que varía de una zona a otra, donde los sondeos con mayor mineralización de esta zona son los situados en el Macizo de Amurga, propiamente dicho.

Corresponden a aguas de tipo clorurado-cálcico, clorurado-magnésico y cloruro-sódico en mayor proporción, y con altos contenidos en sílice. En esta zona, las aguas subterráneas de los pozos y sondeos situados en la ladera oeste del barranco de Tirajana y los situados en el barranco de Fataga, tienen una salinidad más baja; mientras que los sondeos situados en la parte central del Macizo, tienen una salinidad bastante más elevada.

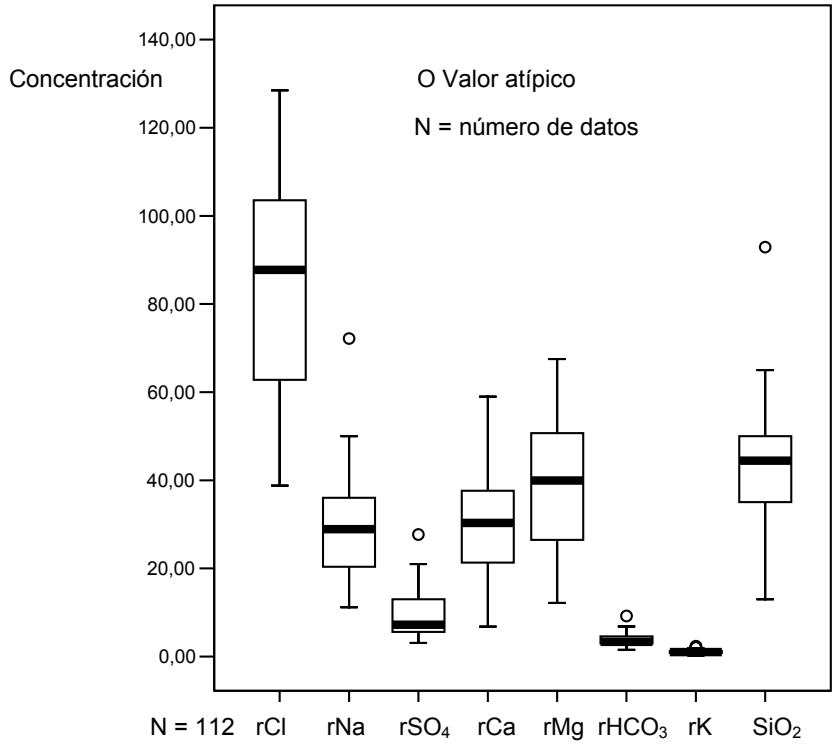


Figura 4.18.- Diagrama de cajas de las muestras del Barranco de Tirajana (r = meq/l, SiO_2 en mg/L).

En esta zona la concentración de nitratos es casi inexistente, sólo aparecen en la parte más oriental del Macizo, y se puede sospechar una componente antrópica asociada a actividades agrícolas.

La Figura 4.17 presenta los diagramas de Stiff (modificados) de las muestras de agua del Macizo de Amurga, que son los pozos Pz6, Pz7, Pz8, Pz9, Pz10, Pz11 y Pz12 y los sondeos, S-1, S-2, S-3, S-7, S-12, S-22, S-27, S-28, S-30 y S-32. En esta figura observamos muy bien las diferentes mezclas de aguas, las de los sondeos S-1, S-2, S-3, S-7 y S-22, situados en el barranco de Fataga, con una salinidad muy parecida y todas de tipo cloruro-sódicas, tienen unas condiciones y características para ser una mezcla.

Tabla 4.7.- Valores representativos de pH, concentraciones de los iones mayoritarios (meq/L), SiO_2 (mg/L) y relaciones iónicas de interés de las muestras de pozos del Barranco de Tirajana (r = meq/L; pH medido en laboratorio).

Estadísticos	pH	rNa	rK	rMg	rCa	rCl	rSO_4	$rHCO_3$+ rCO_3	SiO_2 (mg/L)	rNa/rCl	rNa/rK	rSO_4/rCl	rCl/ $rHCO_3$+rCO_3	rMg/rCa
Media	7,30	29,01	1,05	39,07	29,70	84,54	9,05	3,73	43,38	0,375	31,63	0,115	25,33	1,39
Mediana	7,20	28,89	1,02	39,97	30,34	87,75	7,22	3,34	44,45	0,322	25,48	0,079	25,31	1,32
Media-mediana	0,098	0,115	0,027	-0,90	-0,64	-3,21	1,83	0,393	-1,07	0,053	6,15	0,036	0,017	0,066
Máximo	8,2	72,17	2,35	67,52	58,98	128,5	27,69	9,21	92,9	0,883	146,05	0,374	61,33	4,84
Mínimo	6,9	11,17	0,256	12,17	6,79	38,8	3,08	1,51	13	0,177	14,19	0,040	5,47	0,516
Desv. Típica	0,287	9,91	0,364	14,50	12,02	24,23	4,92	1,19	11,31	0,183	21,12	0,072	11,34	0,458
Percentil 25%	7,1	20,38	0,816	26,52	21,45	62,8	5,65	2,98	35,27	0,242	19,38	0,062	17,67	1,18
Percentil 50%	7,20	28,89	1,02	39,97	30,34	87,75	7,22	3,34	44,45	0,322	25,48	0,079	25,31	1,32
Percentil 75%	7,48	36,02	1,23	50,55	37,55	103,3	13	4,57	50	0,442	37,42	0,148	30,86	1,52

Si se observa el S-1 y S-2, estas son aguas cloruro-sódicas y cloruro-sódicas-bicarbonatadas, esto concuerda con lo que dice Gasparini **[12]**, que indica que las aguas de las zonas altas del sur de Gran Canaria son clorurada-sódicas con tendencia a bicarbonatadas. Con respecto a las aguas de los pozos situados en la zona este del Macizo de Amurga ocurre lo mismo, la mayoría son aguas cloruradas-sódicas-bicarbonatadas, aunque algunas son magnésicas, también. Estas aguas están situadas muy cerca del barranco de Tirajana y la mezcla es más heterogénea.

Las aguas de los pozos y sondeos situadas en la parte central del Macizo son bastante salinas, son todas de tipo cloruradas-sódicas. Sin embargo, no necesariamente es debido a un fenómeno de intrusión marina. Puede ser debido al ascenso de aguas fósiles del acuífero. Sólo un análisis isotópico de la relación $^{34}S/^{32}S$ podría indicar el origen de los sulfatos y discriminar su origen.

En la Tabla 4.8 se presentan los resultados estadísticos de las concentraciones y relaciones iónicas más importantes de las aguas subterráneas del Macizo de Amurga. La Figura 4.19 muestra la representación en diagramas de cajas de los iones, donde se observa que las aguas son bastante más heterogéneas que las del Barranco de Tirajana. Seguramente en esta zona existirá más de una masa de agua.

- Barranco de Arguineguín

En el estudio de la composición química de las aguas subterráneas del barranco de Arguineguín se han considerado todas las muestras de los pozos recogidas durante los 10 años de estudio, que consta de 4 pozos. Todos los datos usados para la caracterización han sido obtenidos en esta investigación. Estas muestras de agua están localizadas en rocas volcánicas del Ciclo I. Corresponden a aguas de tipo clorurada sódica, en general presentan una alcalinidad moderada, con bajos contenidos en sulfatos, pero con elevados contenidos en sílice, como en los demás pozos y sondeos estudiados. La concentración de nitratos en estas aguas es mínima, debido a que en esta zona no hay casi campos de cultivo.

Tabla 4.8.- Valores representativos de pH, concentraciones de los iones mayoritarios (meq/L), SiO_2 (mg/L) y relaciones iónicas de interés de las muestras de pozos del Macizo de Amurga (r = meq/L; pH medido en laboratorio).

Estadísticos	pH	rNa	rK	rMg	rCa	rCl	rSO_4	$rHCO_3+rCO_3$	SiO_2 (mg/L)	rNa/rCl	rNa/rK	rSO_4/rCl	rCl/ $rHCO_3+rCO_3$	rMg/rCa
Media	7,67	15,26	0,423	4,51	3,71	16,63	2,64	4,02	41,98	0,991	34,31	0,185	5,92	1,57
Mediana	7,59	11,74	0,384	3,91	2,98	12,17	2,40	3,99	37	0,922	30	0,147	2,82	1,33
Media-mediana	0,081	3,52	0,039	0,604	0,729	4,46	0,235	0,030	4,98	0,069	4,31	0,038	3,10	0,23
Máximo	9,85	76,3	2,86	14,64	15,37	86,62	16,0	8,48	101	2,38	98,45	0,699	53,8	8,11
Mínimo	6,69	4,22	0,21	0,775	0,250	3,52	0,500	1,08	12	0,472	2,43	0,046	0,767	0,37
Desv. Típica	0,534	12,69	0,230	2,28	2,87	15,49	1,91	1,48	20,06	0,253	15,33	0,100	8,56	0,97
Percentil 25%	7,29	8,11	0,308	3,25	1,96	8,03	1,27	2,70	28,1	0,828	24,95	0,122	1,97	1,07
Percentil 50%	7,59	11,74	0,384	3,91	2,98	12,17	2,40	3,99	37	0,922	30	0,147	2,82	1,33
Percentil 75%	7,93	15,22	0,476	5,69	4,24	16,92	3,15	5,02	46,7	1,12	37,85	0,210	4,85	1,60

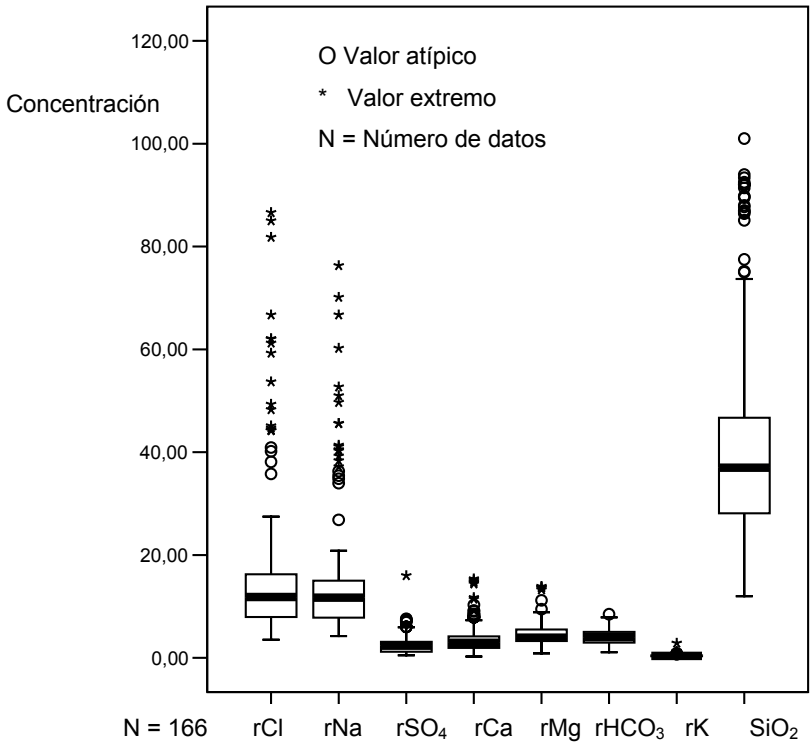


Figura 4.19.- Diagrama de cajas de las muestras del Macizo de Amurga (r = meq/l, SiO_2 en mg/L).

La Figura 4.17 presenta los diagramas de Stiff (modificados) de las muestras. Las aguas del Barranco de Arguineguín son los pozos Pz 2, Pz 3, Pz 4 y Pz 5. Podríamos considerarlas una misma mezcla de agua, que en este caso están menos mineralizadas que las del resto del área de estudio. Son aguas cloruradas-sódicas bastante homogéneas. Este elevado contenido en sodio puede ser debido a la alteración de las plagioclasas.

En la Tabla 4.9 se presentan los resultados estadísticos de las concentraciones y relaciones iónicas de las aguas subterráneas del Barranco de Arguineguín. La Figura 4.20 muestra la representación en diagramas de cajas de los iones mayoritarios de la zona.

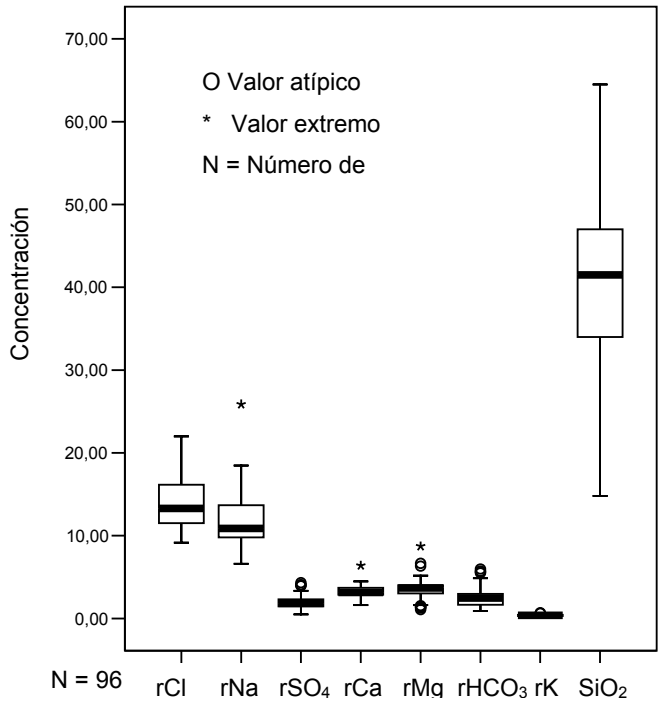


Figura 4.20.- Diagrama de cajas de las muestras del Barranco de Arguineguín (r = meq/l, SiO_2 en mg/L).

4.5.4. Características generales de las aguas deducidas de los Diagramas Piper

Tratando los valores analíticos de las aguas de los pozos y sondeos del área de estudio según el procedimiento de Piper **[61]**, y representándolo en su diagrama (Figura 4.21) se pueden establecer las siguientes características:

- Se observan diferencias significativas en la composición química de las aguas subterráneas del Barranco de Tirajana, las del Macizo de Amurga, del Barranco de Fataga y Barranco de Arguineguín. Por un lado están las muestras del barranco de Tirajana con una elevada concentración de iones. Por otro lado están las muestras del barranco de Fataga y parte oriental del Macizo de Amurga y barranco de Arguineguín con una significativa disminución de concentración de iones, y por otro lado están las aguas de los sondeos del Macizo de Amurga, propiamente dicho, que tienen una concentración de iones más elevada. Estos sondeos se encuentran apiñados en las proximidades del polo marino.

Tabla 4.9.- Valores representativos de pH, concentraciones de los iones mayoritarios (meq/L), SiO_2 (mg/L) y relaciones iónicas de interés de las muestras de pozos del Barranco de Arguineguín (r = meq/L; pH medido en laboratorio).

Estadísticos	pH	rNa	rK	rMg	rCa	rCl	rSO_4	$rHCO_3$ + rCO_3	SiO_2 (mg/L)	rNa/rCl	rNa/rK	rSO_4/rCl	rCl/ $rHCO_3$+rCO_3	rMg/rCa
Media	7,79	11,72	0,383	3,56	3,23	13,91	1,93	2,49	40,1	0,856	31,82	0,141	6,99	1,12
Mediana	7,8	10,87	0,38	3,7	3,14	13,3	1,83	2,48	41,5	0,822	30,87	0,130	5,55	1,09
Media-mediana	-0,005	0,853	0,003	-0,14	0,088	0,606	0,105	0,013	-1,42	0,034	0,958	0,010	1,44	0,038
Máximo	8,4	25,9	0,69	8,72	6,39	22	4,33	5,98	64,5	2,82	56,6	0,288	19,4	2,31
Mínimo	7	6,61	0,22	1,08	1,63	9,16	0,5	0,9	14,8	0,560	15,59	0,043	1,61	0,432
Desv. Típica	0,240	3,04	0,097	1,14	0,725	3,17	0,698	1,05	9,48	0,233	9,15	0,044	4,36	0,362
Percentil 25%	7,61	9,8	0,307	3,04	2,88	11,50	1,47	1,65	34	0,764	24,86	0,115	3,97	0,941
Percentil 50%	7,8	10,87	0,38	3,7	3,14	13,3	1,83	2,48	41,5	0,822	30,87	0,130	5,55	1,09
Percentil 75%	7,99	13,69	0,435	4,02	3,71	16,15	2,32	2,96	47	0,918	36,72	0,158	8,11	1,27

- La composición aniónica de las muestras del barranco de Tirajana está marcada por una elevada concentración de cloruros y sulfatos con respecto al bicarbonato. Mientras que las muestras del Macizo de Amurga y barranco de Arguineguín la concentración de bicarbonatos es mayor con respecto a la concentración de cloruros y sulfatos.

- Con respecto a la composición catiónica, las muestras del Macizo de Amurga, barranco de Fataga y barranco de Arguineguín se aproximan más a la composición catiónica del agua de mar.

Se han representado, también, los diagramas Piper separando las muestras en tres grupos (Figuras 4.22, 4.23 y 4.24 (a, b)). Por un lado las muestras del barranco de Tirajana, por otro, el barranco de Arguineguín y, finalmente el Macizo de Amurga. Se han empleado los análisis de laboratorio de los diez años de estudio, para tener una información más completa. Las figuras reflejan los diagramas resultantes de los análisis de las aguas subterráneas de las tres zonas estudiadas. En el **Anexo A4.3** se representan los *diagramas Piper* de los pozos durante todo el periodo de muestreo.

4.5.5. Análisis de series temporales de las aguas de los pozos: Diagramas Schöeller-Berkaloff

Las variaciones temporales en la hidrogeoquímica de la zona se han estudiado mediante la elaboración de los Diagramas Schöeller-Berkaloff sobre 421 análisis químicos efectuados en muestreos de 27 puntos diferentes, que permite ver de forma inmediata cuáles son los iones dominantes. Las columnas logarítmicas de cada punto de muestreo se recogen en el **Anexo A4.2**.

En la Tabla 4.10 (a, b) se explican las observaciones realizadas sobre cada punto por separado, junto con el número de análisis y las fechas de cada uno de ellos, indicando el tipo de agua así como algunos datos relacionados que aporten información. A continuación se exponen las conclusiones extraídas de un análisis conjunto de los datos.

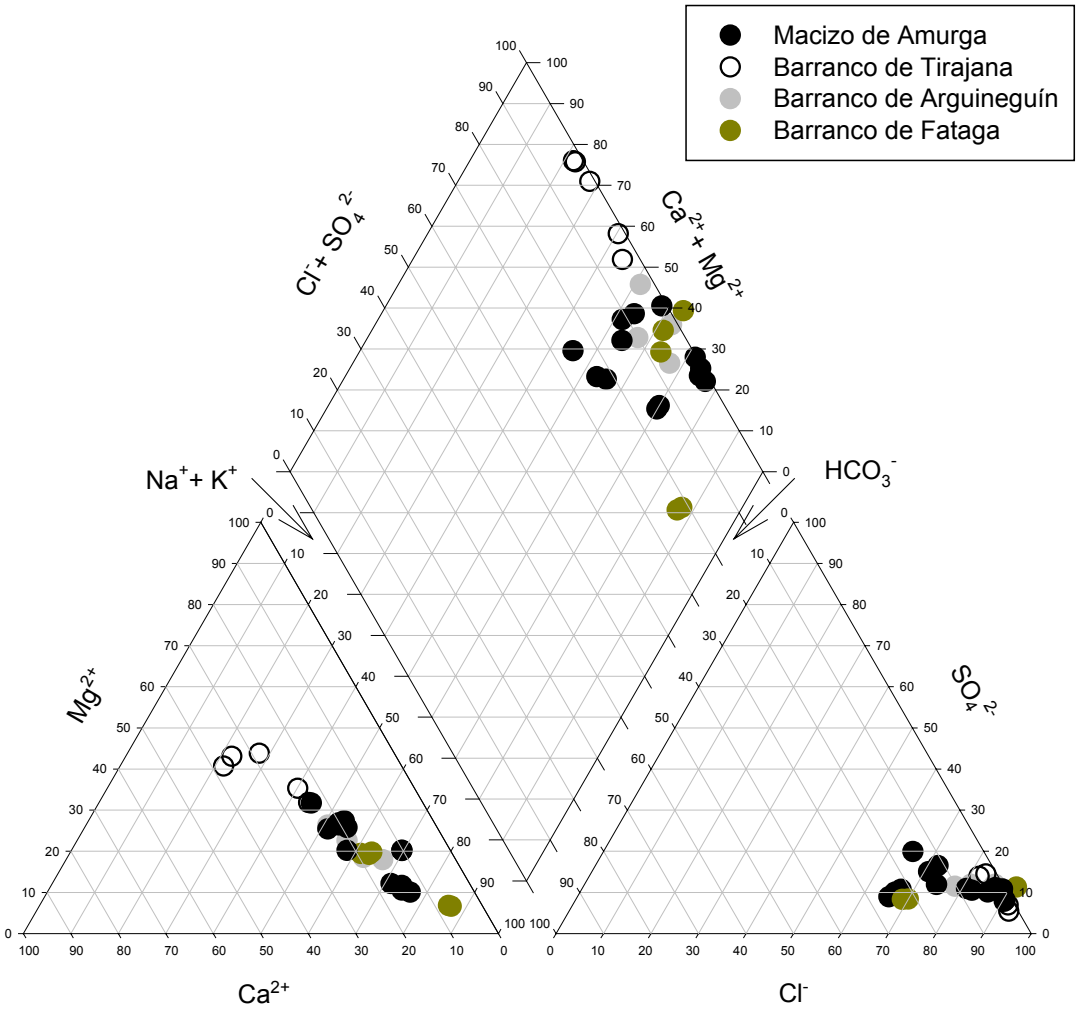


Figura 4.21.- Representación del Diagrama Piper de las muestras de agua subterránea de los pozos y sondeos de toda la zona de estudio (Macizo de Amurga, Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Barranco de Fataga).

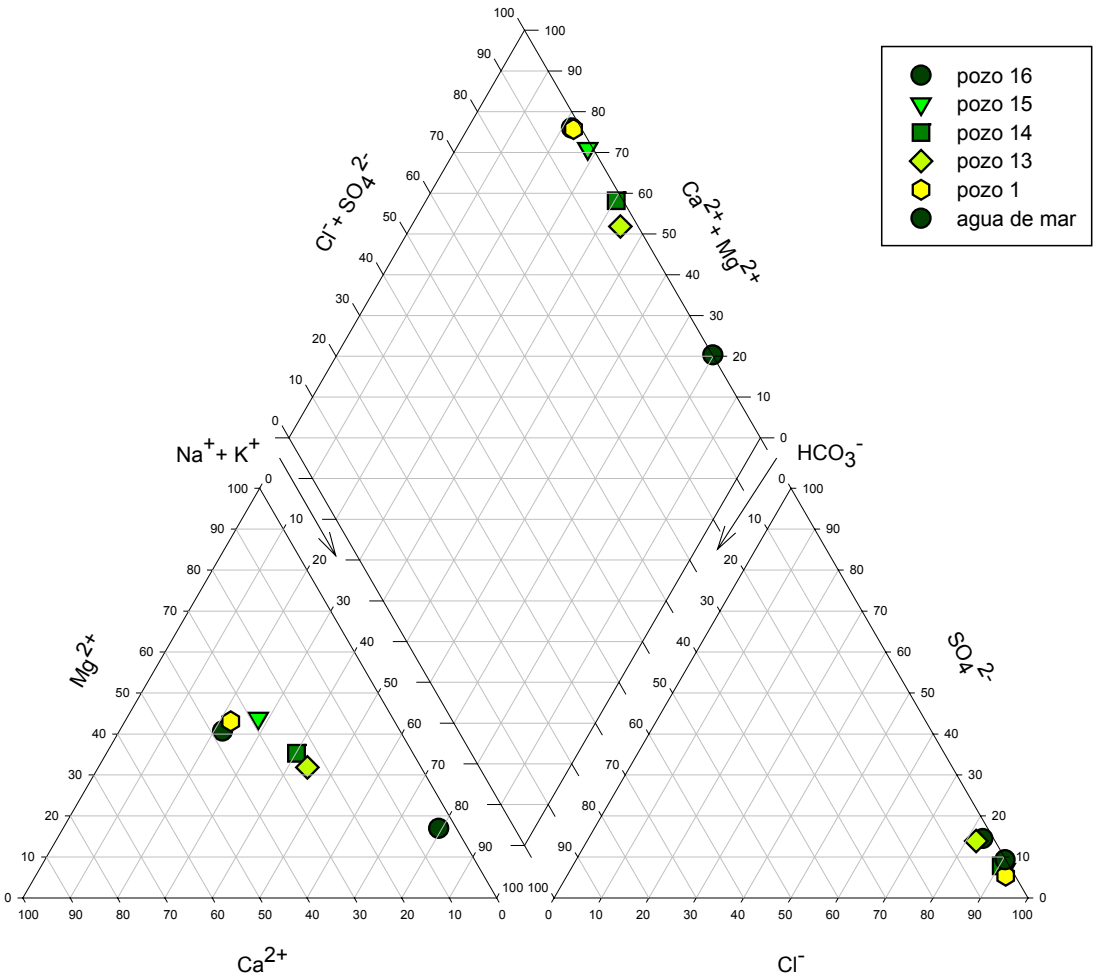


Figura 4.22.- Diagrama Piper de las aguas subterráneas del barranco de Tirajana relacionadas con el agua de mar.

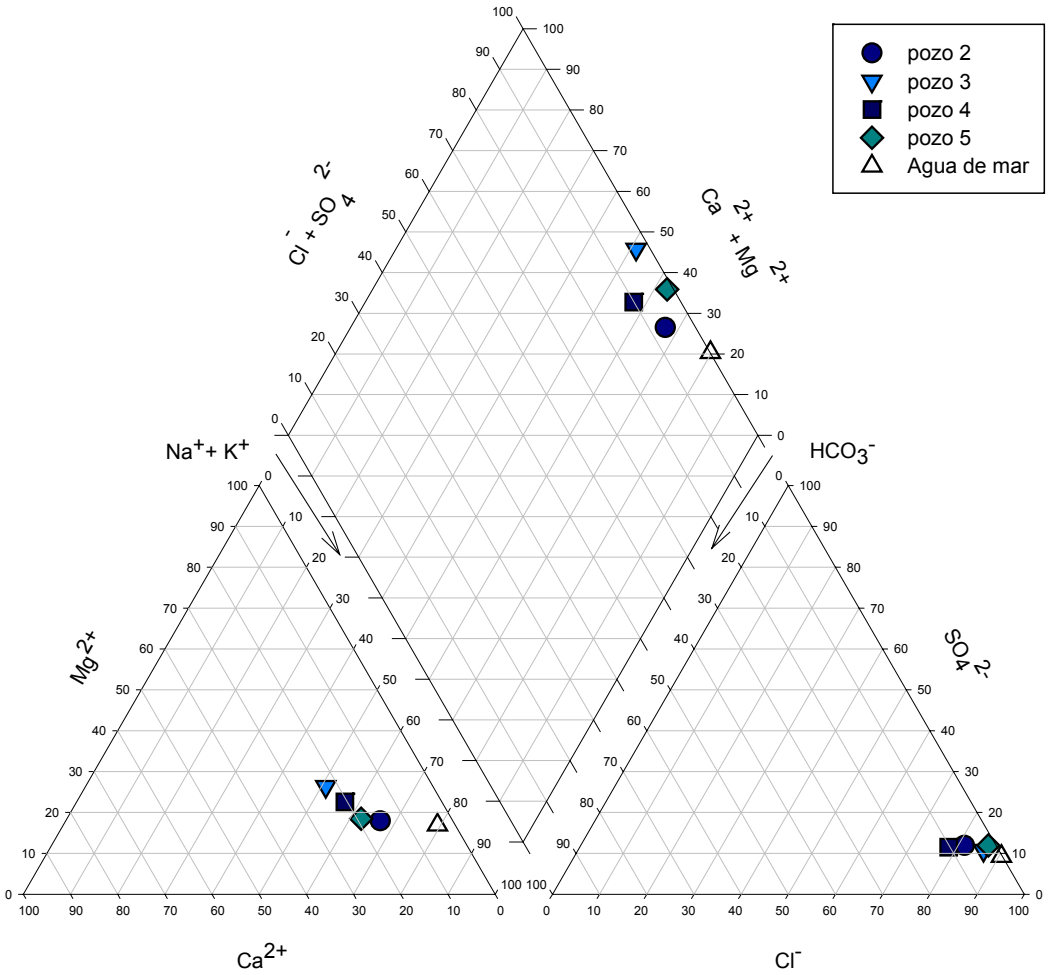
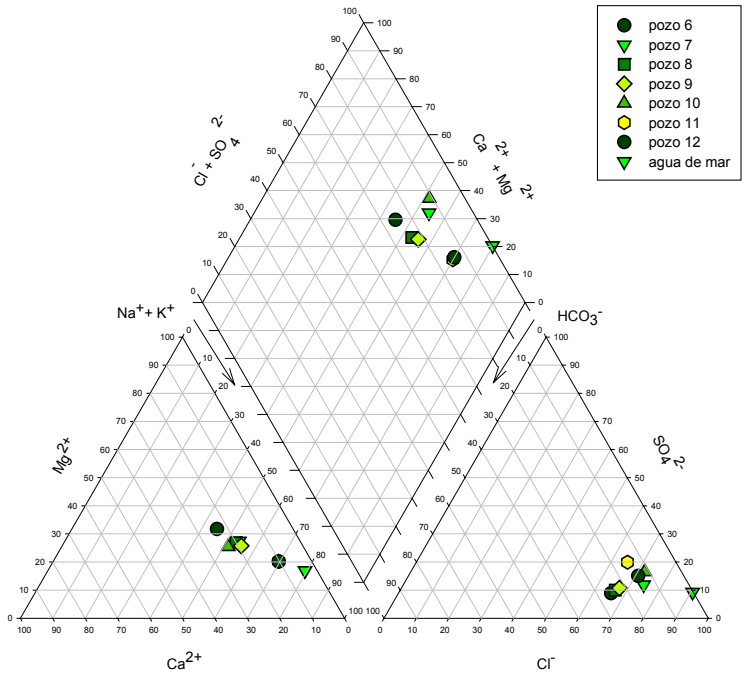


Figura 4.23.- Diagrama Piper de las aguas subterráneas del barranco de Arguineguín relacionadas con el agua de mar.



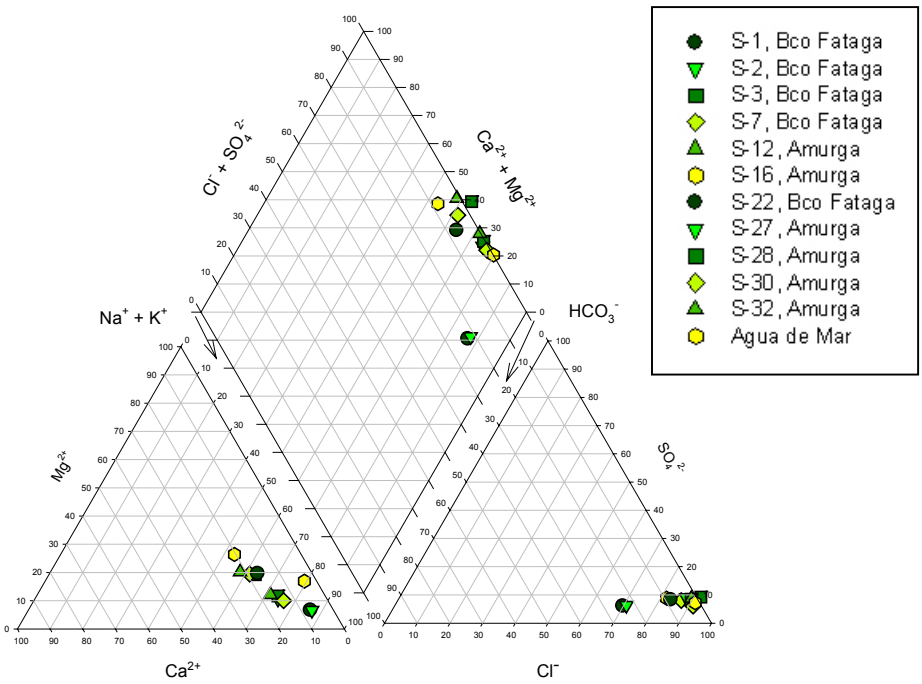


Figura 4.24.- Diagrama Piper de las aguas subterráneas del Macizo de Amurga relacionadas con el agua de mar, a) Pozos y b) Sondeos.

Las conclusiones extraídas del análisis en conjunto son las siguientes:

- La salinidad de los pozos no varía casi durante los 10 años. Los pozos con elevada salinidad la mantienen y los pozos con menor contenido en sales tienen fluctuaciones pero se mantienen en equilibrio, salvo algún sondeo del Macizo de Amurga.

- Las aguas de Fataga son aguas bicarbonatadas sódicas y este tipo de agua suele estar asociada a una actividad de tipo hidrotermal.

- Las aguas de Amurga presentan una mayor homogeneidad, la mayoría son aguas clorurada sódicas, algunos puntos estudiados de esta zona han aumentado su salinidad notablemente.

- Las variaciones de salinidad pueden estar relacionadas con el calendario agrícola y el ritmo de extracciones que ello supone, observando que cuando se produce una mayor explotación se produce un aumento de la salinidad.

- En ciertos pozos suelen ocurrir aumentos de salinidad en etapas de extracciones exhaustivas, posiblemente para abastecer a plantas desalinizadoras. Si existe un cambio de tipo de agua, indica mezclas provocadas por esta circunstancia.

- El aumento de salinidad puede ser debido a intrusión marina, pero también al ascenso de aguas fósiles. Sólo un análisis isotópico de la relación $^{34}S/^{32}S$ podría indicar el origen de los sulfatos y discriminarlo.

4.5.6. Estudio de algunos parámetros químicos de interés

En este apartado se discuten algunos parámetros químicos que interesan para la caracterización e interpretación de fenómenos que se observan en el agua subterránea. Para el análisis de la distribución espacial y temporal de estos parámetros se han comparado los datos de los años 1994, 2001 y 2004. Para estudiar esta información se han llevado a cabo una serie de mapas donde se

representan los mapas de isolíneas de los diferentes factores, realizados con el programa ***Surfer 8***, usando como método de interpolación **"Kriging"**, que es una interpolación lineal. Los mapas realizados se recogen en el **Anexo A4.6**.

4.5.6.1. pH

El pH es un factor que se debe usar con prudencia, ya que depende de varios factores como: del lugar donde se toma la muestra, del tiempo que transcurre desde que se toma la muestra hasta su medición, la diferencia de temperatura del aire con respecto al del acuífero, etc.

Las muestras de agua de los pozos y sondeos de la zona de estudio se caracterizan por presentar un pH variable con un valor medio de 7,6 y una desviación típica de 0,46. Al realizar el estudio en las diferentes zonas de la zona observamos que las muestras de aguas de los pozos del barranco de Tirajana se caracterizan por presentar un pH muy uniforme con un valor medio de 7,3 y una desviación típica de 0,3.

Las muestras de aguas de los pozos del barranco de Arguineguín presentan también un pH uniforme con un valor medio de 7,8 y una desviación típica de 0,24. Mientras que las muestras de agua de los pozos y sondeos del Macizo de Amurga, propiamente dicho presentan unos valores de pH más variables, con un valor medio de 7,7 y una desviación típica de 0,5.

Al comparar la distribución geográfica del pH **(Figura A4.6.1)** de las muestras de pozos y sondeos de las campañas del 1994/95, 2001 y 2004 se observa que los valores más elevados se sitúan en el Macizo de Amurga, cerca del barranco de Fataga y en la ladera oeste del barranco de Tirajana, manteniéndose casi constante durante todo el periodo de muestreo.

El histograma de los valores del pH (Figura 4.25) muestra una distribución normal en torno a valores entre 7,5 y 8, con la mayoría de los casos situados entre 7 y 8. Los límites máximos oscilan entre 6,7 y 9,9.

Tabla 4.10.- Observaciones realizadas a partir de la evolución temporal de los Diagramas Schöeller de los pozos.

NOMBRE	Nº EXPEDIENTE	Nº DE ANÁLISIS	AÑOS	OBSERVACIONES	TIPO DE AGUA
Pz 1	2466-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Alguna influencia retornos de riego	Cl-Na-Ca-Mg
Pz 2	5846-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Disminución de Cl-Ca-Mg-Na (SO_4, HCO_3,NO_3 estables)	Cl-Na
Pz 3	5847-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Aumento de Cl-Ca	Cl-Na-Mg
Pz 4	5845-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Aumento del Mg	Cl-Na-Mg
Pz 5	5806-TP	23	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Disminución del Mg	Cl-Na
Pz 6	0060-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Ligero aumento del Ca	Cl-Na-Mg-HCO_3
Pz 7	0407-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	No existe variación	Cl-Na-Mg
Pz 8	5558-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Aumento del SiO_2- HCO_3	Cl-Na-Mg
Pz 9	6029-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Aumento ligero de sulfatos en los años 95-96, influencia por retornos de riego	Cl-Na-Mg
Pz 10	0184-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Pozo parado en Febrero-03, disminución salinidad, en Julio-03 aumenta bruscamente	Cl-Na
Pz 11	5552-TP	23	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Aumento brusco de salinidad en Julio-03, en 2004 se estabiliza	Cl-Na
Pz 12	3478-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Pozo parado en Jun-97 hasta 99, disminución salinidad. Influencia retornos de riego	Cl-Na-Mg-HCO_3
Pz 13	0217-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	Aumento brusco de Ca-Mg-Cl-SO_4 en año 97. Influencia retornos riego	Cl-Na-Ca-Mg

Tabla 4.10. (Cont.)- Observaciones realizadas a partir de la evolución temporal de los Diagramas Schöeller de los sondeos

NOMBRE	Nº EXPEDIENTE	Nº DE ANÁLISIS	AÑOS	OBSERVACIONES	TIPO DE AGUA
Pz 14	0356-TP	21	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	No existe variación	Cl-Na-Ca-Mg
Pz 15	2321-TP	24	94-95-96-97-99-00-01-02-03-04	No existe variación	Cl-Na-Ca-Mg
Pz 16	3103-TP	21	95-96-97-99-00-01-02-03-04	Influencia retornos de riego	Cl-Na-Ca-Mg
S-1	E-5947-TP	3	03-04	No existe variación	Cl-Na-HCO_3
S-2	E-5050-TP	3	03-04	Pasa de Cl-Na a Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3
S-3	E-5949-TP	3	03-04	No existe variación	Cl-Na
S-7	E-5945-TP	3	03-04	No existe variación	Cl-Na
S-12	E-5964-TP	3	03-04	Existe una variación de las sales, pero el Cl y Ca es el tipo principal	Cl-Ca
S-16	24-SI	3	97-03-04	No existe variación	Cl-Na-Mg
S-22	E-6102-TP	5	01-02-03-04	No existe variación	Cl-Na
S-27	E-6107-TP	5	01-02-03-04	No existe variación	Cl-Na
S-28	E-6105-TP	5	01-02-03-04	No existe variación	Cl-Na
S-30	-	5	01-02-03-04	No existe variación	Cl-Na
S-32	SI	5	01-02-03-04	No existe variación	Cl-Na

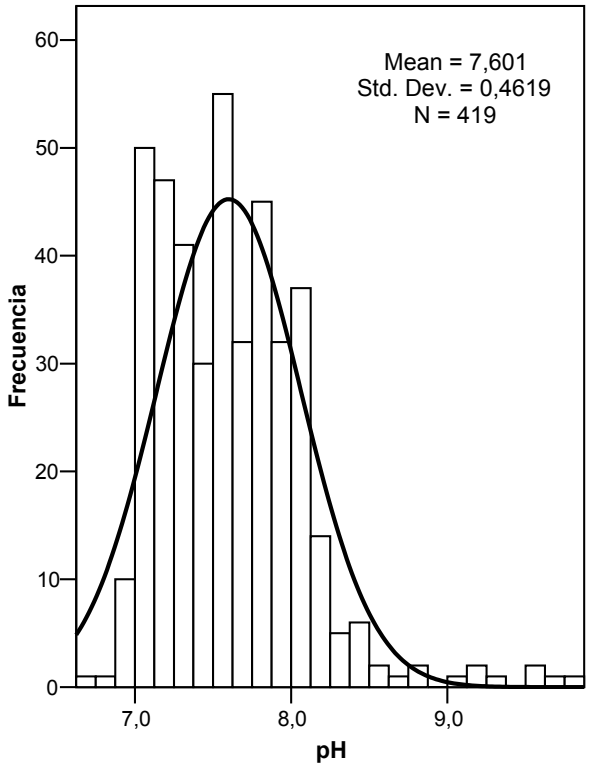


Figura 4.25.- Histograma de los valores de pH de todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio.

4.5.6.2. Conductividad eléctrica

La distribución geográfica de la conductividad eléctrica de los años 1994, 2001 y 2004 se recoge en la **Figura A4.6.2**. Durante el periodo de estudio la media no ha variado mucho, pero la dispersión es muy grande debido a las diferentes zonas de estudio. La conductividad eléctrica media de todo el periodo de muestreo de las aguas subterráneas del barranco de Tirajana es de 9300 µS/cm, la del Macizo de Amurga es de 2390 µS/cm y la del barranco de Arguineguín es de 2000 µS/cm. Los valores más elevados de conductividad se sitúan en el barranco de Tirajana y en el centro del Macizo de Amurga, disminuyendo hacia el barranco de Arguineguín.

Las muestras procedentes del barranco de Tirajana tienen una elevada conductividad eléctrica, con una media de 9317 µS/cm (±2200) en 1994 y en el

año 2004 la media es de 9239 µS/cm (±2360). Como se puede observar, las conductividades se mantienen constantes durante los 10 años.

Por otro lado, las muestras del barranco de Arguineguín tienen unas conductividades mucho menores, con una conductividad eléctrica media de 2237 µS/cm (±416) en 1994, mientras que en el año 2004 es de 1718 µS/cm (±226). En ambos casos, tanto en los pozos del barranco de Tirajana como en el de Arguineguín, las conductividades disminuyen un poco, aunque se puede considerar que prácticamente permanecen constantes. En cambio, en los pozos situados en el Macizo de Amurga ocurre lo contrario. La conductividad eléctrica media en el año 1994 es de 1886 µS/cm (±537), mientras que en el año 2004 es de 1995 µS/cm (±635), en este caso hay una dispersión mayor de datos.

El histograma de los valores de la conductividad eléctrica (Figura 4.26) muestra una distribución normal en torno a valores entre 2000 y 6000 µS/cm, con la mayoría de los casos situados entre 1000 y 2000 µS/cm. Los límites máximos oscilan entre 500 y 13500 µS/cm.

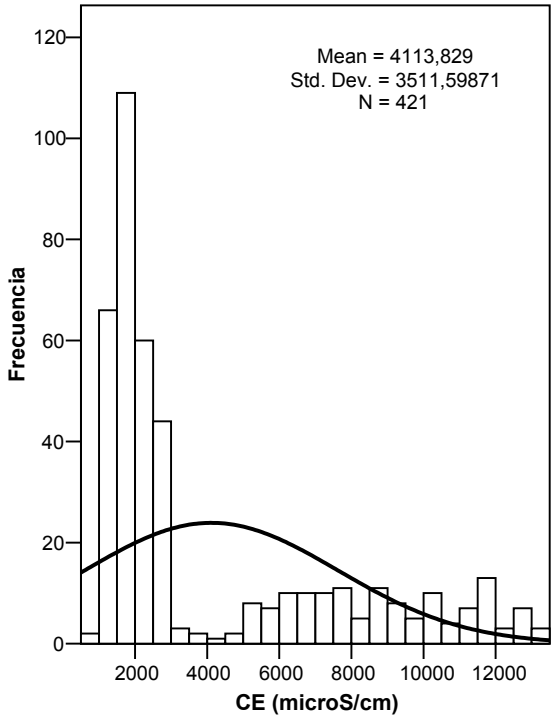


Figura 4.26.- Histograma de los valores de Conductividad eléctrica (µS/cm) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio.

4.5.6.3. Nitratos

En la caracterización de los contenidos de nitratos del agua subterránea se han considerado todos los datos disponibles. Las mayores concentraciones de nitratos se aprecian en los pozos ubicados en la ladera del barranco de Tirajana, en zonas que tuvieron y tienen una actividad agrícola de importancia.

En el área del barranco de Tirajana la mayoría de los pozos tienen elevados contenidos en nitratos, aunque hay variaciones significativas, ya que en algunos casos los las concentraciones son inferiores a los límites analíticos de detección (<0,5 mg/L). La concentración media de nitratos en esta zona es de 28,8 mg/L, aunque el máximo es de 189 mg/L y el mínimo es de 0,22 mg/L. En esta zona el 25% de las muestras es igual o sobrepasa la concentración de 50 mg/L.

En esta zona hay pozos donde hay variaciones importantes en los contenidos en nitratos. Este hecho puede ser atribuido a la mayor o menor influencia del agua de la zona que drena de los pozos hacia el acuífero profundo.

En el área del barranco de Arguineguín ningún pozo sobrepasa los 8 mg/L de nitratos. En esta zona los contenidos en nitratos son despreciables con un contenido medio de 3,8 mg/L. En el área del Macizo de Amurga los contenidos en nitratos también son bajos, exceptuando aquellos pozos situados cerca de la desembocadura del barranco de Tirajana donde las concentraciones aumentan considerablemente. La media en esta zona es de 11,82 mg/L, aunque hay un máximo de 180 mg/L.

La distribución geográfica y mapa de isonitratos de los años 1994, 2001 y 2004 se observa en la **Figura A4.6.3**. La zona con mayores concentraciones de nitratos está situada en la desembocadura del barranco de Tirajana, su contenido en nitratos ha aumentado notablemente del 1994 al 2004. De una concentración media de 55 mg/L en 1994 ha pasado a una de 114 mg/L en la zona del barranco de Tirajana en el 2004.

En 1994 los mayores contenidos en nitratos se encuentran en la ladera oeste de la desembocadura del barranco de Tirajana, ya en el 2004 las mayores concentraciones se desplazan hacia la ladera este, siempre alrededor de la

desembocadura del barranco. Los contenidos en nitratos en las aguas del barranco de Arguineguín no varían en los diez años de estudio, permaneciendo inferiores a 10 mg/L.

Este patrón descrito es similar al de los sulfatos, es decir, los valores más elevados están situados en la desembocadura del barranco de Tirajana. Para ver si la distribución de ambos iones tiene relación se ha elaborado un gráfico (Figura 4.27). En este gráfico se refleja una correlación en la mayoría de los puntos, lo que podría hacer pensar en un origen común de sulfatos y nitratos. Con respecto a los nitratos y cloruros ocurre lo mismo. En ambos casos hay unos puntos que se alejan de la tendencia general, habría un enriquecimiento de cloruros y sulfatos independiente de los nitratos, situados en la desembocadura del barranco de Tirajana.

4.5.6.4. Cloruros

El contenido medio en cloruros de la zona de estudio se representa en la Figura 4.28, con un mapa de isocloruros de los diez años de estudio. El contenido medio de cloruros ha disminuido en 130 mg/L desde 1994 hasta 2004, pasando de 1291 mg/L a 1161 mg/L. La distribución geográfica de los contenidos en cloruro es similar durante todo el periodo de muestreo, se mantiene sin cambios en cada uno de los muestreos comparados.

El mapa de isocloruros en diferentes años del periodo de estudio **(Figura A4.6.4)** muestra cómo la distribución espacial del rango más alto se sitúa en una franja en el barranco de Tirajana y en el centro del Macizo de Amurga, entre 1000 y 4000 mg/L. Los contenidos más bajos, entre 0 y 1000 mg/L están situados en el barranco de Arguineguín y barranco de Fataga.

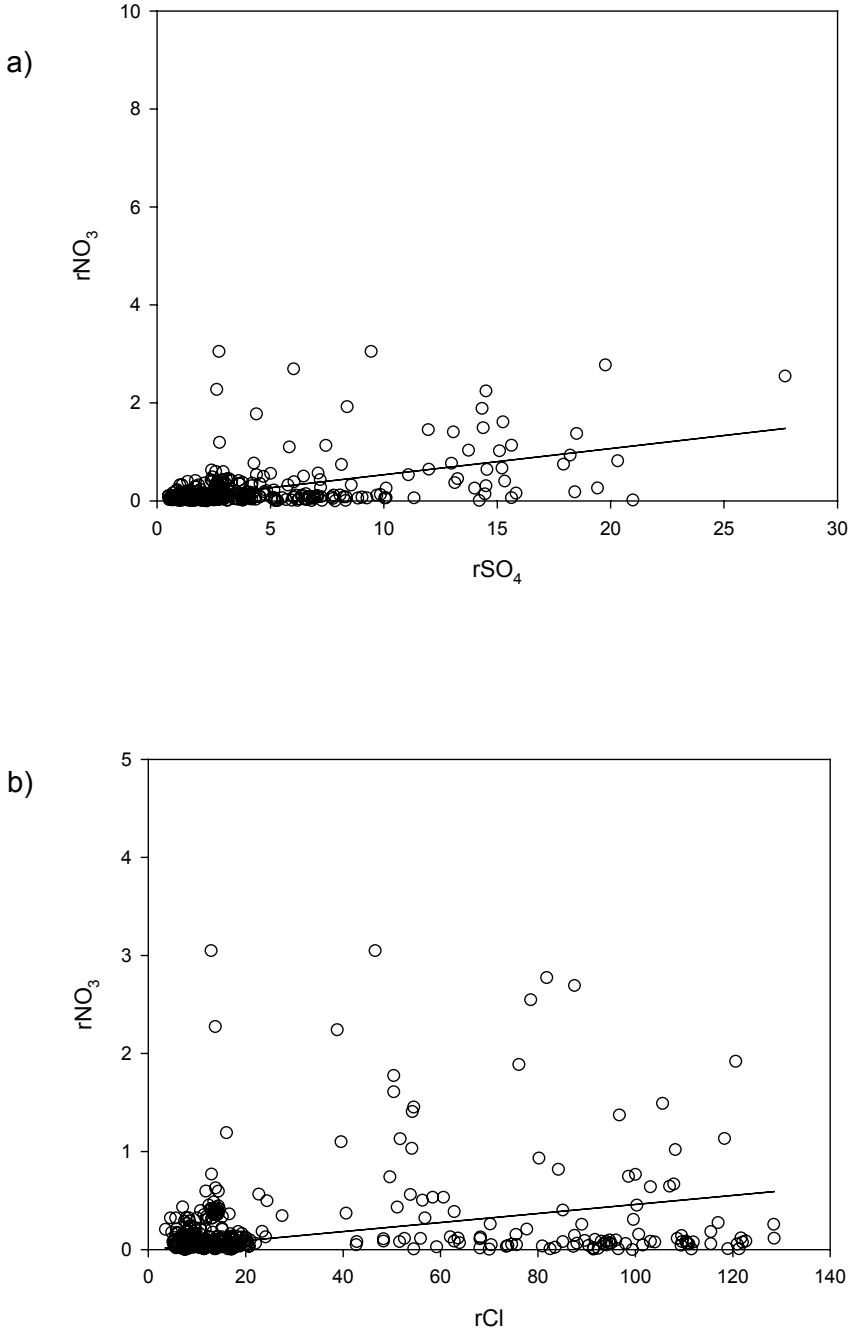


Figura 4.27.- Representación gráfica de los contenidos de NO_3^- vs. a) SO_4^{2-} y b) Cl^- (meq/L) de la zona de estudio. Datos referidos a todo el periodo de muestreo (1994-2004).

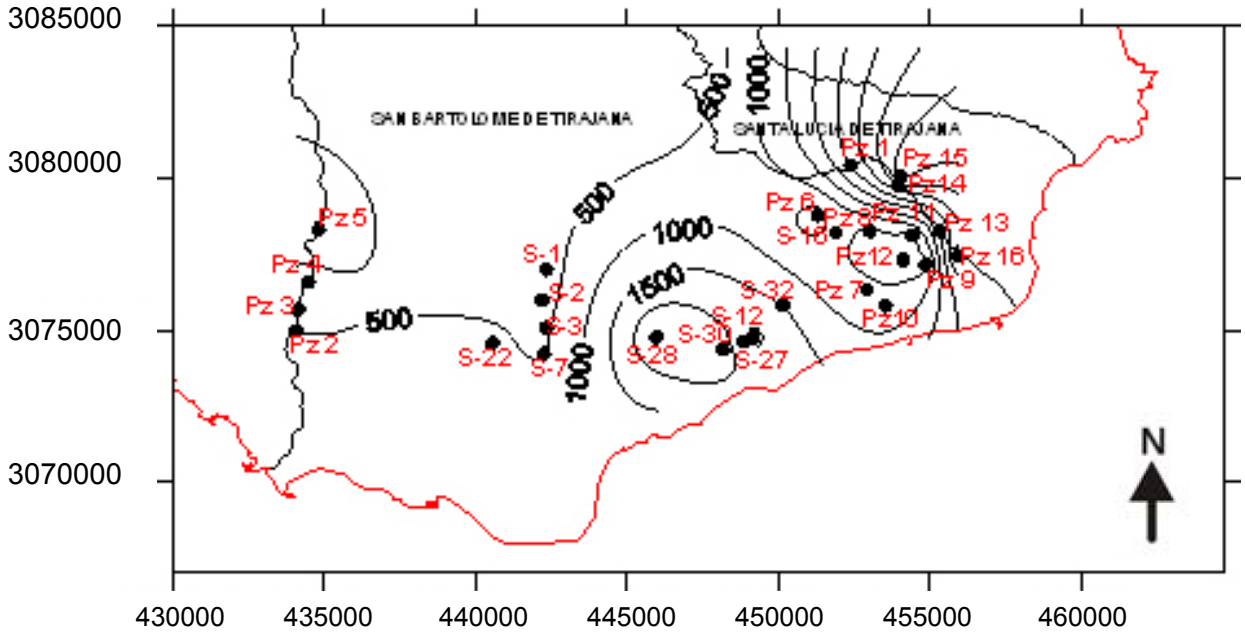


Figura 4.28.- Distribución geográfica del contenido en cloruros medio (mg/L) de la zona de estudio, durante todo el periodo de estudio (1994-2004).

4.5.6.5. Sulfatos

El contenido medio de sulfatos entre los años 1994 y 2004 ha aumentado en 43 mg/L, la concentración de sulfatos casi no ha variado en los diez años de estudio. En el 1994 se observa un pico de sulfatos en la zona centro del Macizo de Amurga de casi 800 mg/L, pero disminuye en los siguientes años hasta una cantidad de 360 mg/L en 2004. En el Barranco de Arguineguín el contenido medio de sulfatos permanece constante durante todo el periodo de estudio sobre 85 mg/L. No ocurre lo mismo con las aguas subterráneas del Barranco de Tirajana con contenidos que superan los 700 mg/L de sulfatos. Las aguas de esta zona tienen un aumento de sulfatos de 230 mg/L del 1994 a 2004, pasan de tener un contenido medio de 330 mg/L, en 1994 a 560 mg/L en 2004.

El histograma de los valores de la concentración de sulfatos del área de estudio (Figura 4.29) muestra una distribución normal en torno a valores de 200 mg/L, con la mayoría de los casos situados entre 0 y 200 mg/L. Aunque existe una dispersión y los valores máximos se encuentran entre 24 y 1300 mg/L.

Al observar la distribución geográfica de los sulfatos en los diferentes años **(Figura A4.6.5)** vemos cómo la concentración de sulfatos en el Macizo de Amurga disminuye desde 1994 hasta 2004 y el aumento brusco que se produce en el barranco de Tirajana, mientras que en el barranco de Arguineguín permanece constante durante los diez años.

4.5.6.6. Bicarbonatos

Los contenidos en bicarbonatos en la zona de estudio han permanecido constantes del 1994 al 2004, la **Figura A4.6.6** muestra estos contenidos en diferentes años de estudio y se observa que no han aumentado ni disminuido notablemente.

El histograma de los valores de la concentración de bicarbonatos del área de estudio (Figura 4.30) muestra una distribución normal en torno a valores de 200 mg/L, con la mayoría de los casos situados entre 100 y 300 mg/L. los máximos en este caso están comprendidos entre 50 y 550 mg/L, aunque en estos extremos no hay casi valores están casi todos situados en el centro de la normal.

Con respecto a esta distribución espacial **(Figura A4.6.6)**, los contenidos más bajos, entre 0 y 140 mg/L están situados en el barranco de Arguineguín, en este caso los contenidos en bicarbonatos han sufrido una pequeña disminución. Los contenidos en bicarbonatos aumentan hacia el centro del Macizo de Amurga y Barranco de Tirajana, aquí los contenidos en bicarbonatos de los pozos del Macizo de Amurga y Tirajana aumentan considerablemente hasta llegar a valores mayores de 400 mg/L.

En el año 1994 el mayor contenido en bicarbonatos estaba situado en la desembocadura del barranco de Tirajana con un valor máximo de 350 mg/L, mientras que en el 2004 el mayor contenido se desplazó hacia el Macizo de Amurga, donde los valores aumentaron hasta 414 mg/L.

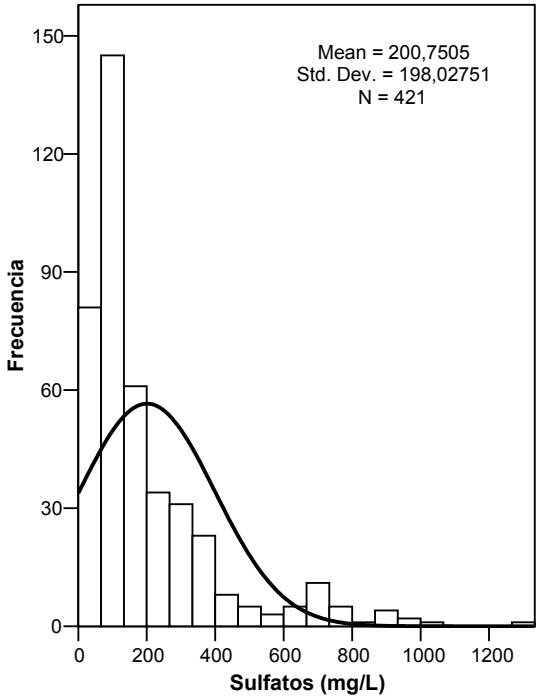


Figura 4.29.- Histograma de los valores de Concentración de Sulfatos (mg/L) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio.

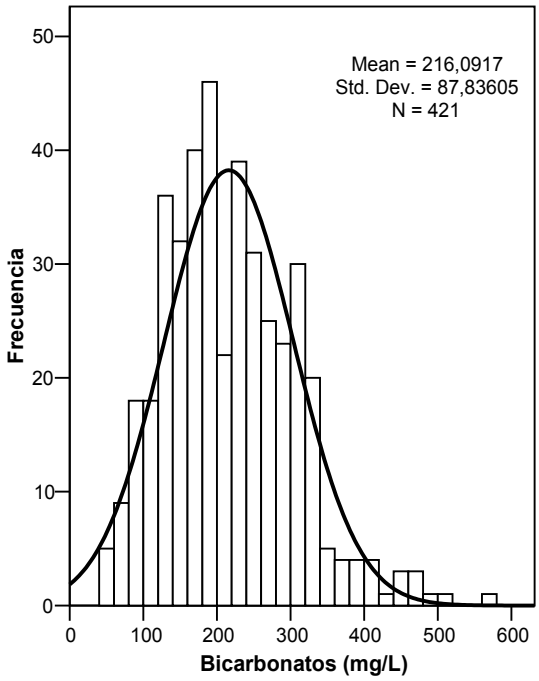


Figura 4.30.- Histograma de los valores de Concentración de Bicarbonatos (mg/L) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio.

4.5.6.7. Sílice

El contenido en sílice en las aguas subterráneas del Macizo de Amurga es bastante mayor que el de las aguas subterráneas de los barrancos de Arguineguín y Tirajana.

En terrenos volcánicos, los contenidos más frecuentes de sílice disuelta en el agua están entre 10 y 40 mg/L **[36]**, que dependen de la salinidad del agua, pH y sobretodo de la Temperatura. En este caso estos valores se encuentran en el barranco de Arguineguín y la desembocadura del barranco de Tirajana, mientras que en el Macizo de Amurga estos valores se superan llegando incluso a 100 mg/L.

No se puede descartar que los mayores contenidos de sílice de las muestras estén relacionadas con los tipos litológicos por los que circulan las aguas subterráneas.

Si se observan los mapas de distribución de sílice **(Figura A4.6.7)** se ve que las concentraciones no varían mucho de un año a otro y que aumentan hacia la ladera oeste del Barranco de Tirajana en el Macizo de Amurga.

El histograma de los valores de la concentración de sílice del área de estudio (Figura 4.31) muestra una distribución normal en torno a valores cercanos a 40 mg/L, con la mayoría de los casos situados entre 30 y 50 mg/L, mientras que los valores máximos están comprendidos entre 10 y 100 mg/L.

4.5.6.8. Magnesio

Las distribuciones de la concentración de magnesio en los años 1994, 2001 y 2004 se muestran en la **Figura A4.6.8**.

Las concentraciones más bajas de magnesio, entre 0 y 100 mg/L están presentes en el barranco de Arguineguín y zona alta del Macizo de Amurga, mientras que los valores más elevados, entre 200 y 700 mg/L, están situados en las aguas subterráneas del barranco de Tirajana.

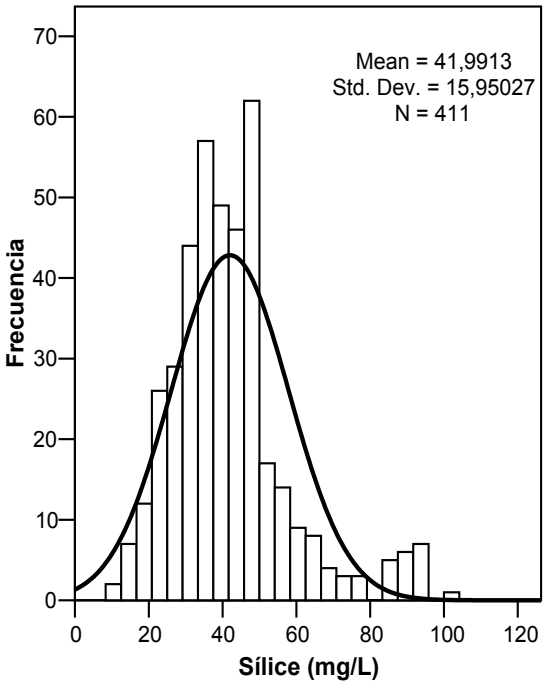


Figura 4.31.- Histograma de los valores de Concentración de Sílice (mg/L) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio.

Según este mapa de isolíneas, tanto en el año 1994 como en el 2004 las concentraciones de magnesio en las aguas subterráneas aumentan hacia la parte media y alta del barranco de Tirajana, con un máximo de 661 mg/L en el 1994 y de 713 mg/L en el 2004. En cambio en el barranco de Arguineguín las concentraciones de Magnesio disminuyen casi a la mitad desde 1994 hasta 2004, con una concentración media de 80 mg/L en 1994 y de 45 mg/L en 2004.

El histograma de los valores de la concentración de magnesio del área de estudio (Figura 4.32) muestra una distribución normal en torno a valores cercanos a 150 mg/L, aunque la mayoría de los casos están situados alrededor de los 50 mg/L, y los valores máximos están comprendidos entre 10 y 800 mg/L.

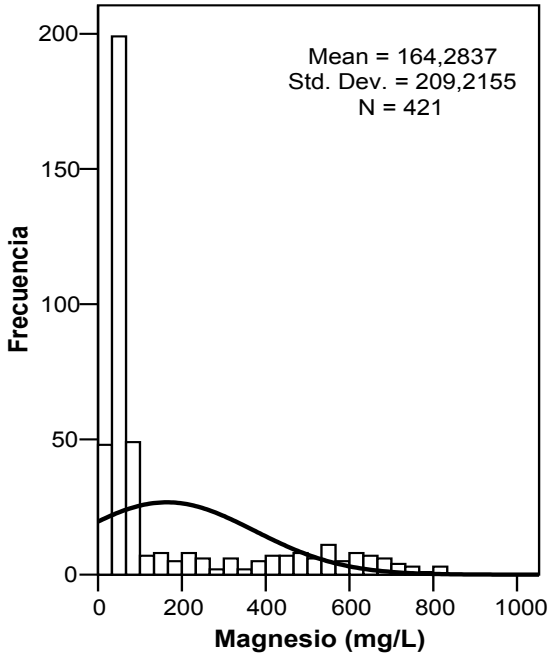


Figura 4.32.- Histograma de los valores de concentración de Magnesio (mg/L) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio

4.5.7. Relaciones iónicas

Las relaciones iónicas permiten comprender las relaciones físico-químicas que afectan a las aguas subterráneas en su camino desde las áreas de recarga hasta los puntos de descarga, y tienen una relación directa con los materiales a través de los cuales circula el agua.

Para evaluar la tendencia de algunas relaciones a medida que aumenta la salinidad se han hecho las gráficas de los valores de las relaciones frente a la concentración de cloruros. Las relaciones calculadas son las siguientes: rNa/rCl, rNa/rK, rSO_4/rCl, rMg/rCl, rMg/rCa, rSO_4/rCa, rCl/r(CO_3 + HCO_3), Cl/B (molar), Cl/F (molar) y rCl/rBr (r = meq/L). En el **Anexo A4.6** se presentan las variaciones geográficas de dichas relaciones (isolíneas), junto a las isolíneas de los iones mayoritarios.

4.5.7.1. rNa/rCl

El valor de esta relación está asociado a la existencia de procesos de cambios de bases, debido a que el cloruro no le afecta la retención del terreno y el ion sodio sí, pudiéndose intercambiar con los átomos de Calcio presentes en los minerales de alteración como los carbonatos y arcillas. El valor de esta relación también puede verse alterado por la meteorización que afecta a algunos silicatos, que podrían liberar sodio al agua **[35]**. En el agua de mar esta relación tiene un valor aproximado de 0,85. En el agua subterránea el valor de esta relación es más elevado, alcanzando un valor de 0,99 en el Macizo de Amurga y un valor de 0,86 en el barranco de Arguineguín. Mientras que las aguas subterráneas del barranco de Tirajana, tienen un valor menor que el del agua de mar, con un valor de 0,38. Los valores más elevados del Macizo de Amurga podrían ser explicados por un aporte de sodio por la alteración de las plagioclasas. En la Figura 4.33 se ha representado la relación rNa/rCl frente rCl, donde se observa que en general al aumentar la concentración de cloruro en el agua el valor de la relación es menos disperso y se sitúa por debajo del valor calculado para la relación marina, para las aguas de Tirajana, mientras que para las aguas de Amurga, a mayores concentraciones del ion cloro se sitúan en torno a la relación marina. Así, los valores de la relación rNa/rCl en muestras de los pozos de Amurga y Arguineguín a concentraciones menores del ion cloro, presentan una mayor dispersión. En las muestras del barranco de Tirajana estos valores son más bajos y se aproximan al valor marino a medida que disminuye la concentración de cloruro.

4.5.7.2. rNa/rK

En agua dulce los valores más frecuentes de esta relación se suelen comprender entre 3 y 250, mientras que en el agua marina varía entre 40 y 50 **[35]**. En el agua subterránea se observa que a medida que aumenta la concentración de cloruros aumenta la relación rNa/rK (Figura 4.34), exceptuando a los pozos situados en el barranco de Tirajana, donde la relación permanece alrededor de 20 en el 75% de las muestras. Así, los valores medios que se alcanzan en las aguas subterráneas de Tirajana, Amurga y Arguineguín son de 31, 34 y 32 respectivamente.

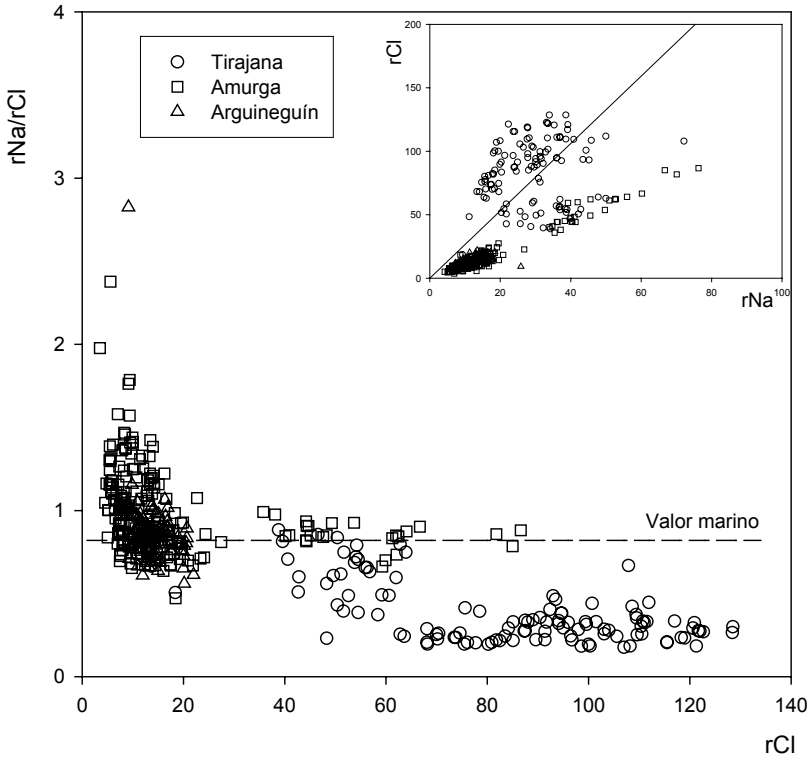


Figura 4.33.- Representación de las relaciones rCl frente rNa y rNa/rCl frente rCl, para las muestras de pozos del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga. (r = meq/L)

En líneas generales se observa un aumento de la relación a medida que aumenta la salinidad del agua, aunque hay excepciones. De tal manera que en las aguas menos salinas el valor de la relación varía entre 2 y 57, y las aguas más salinas, por lo general, también están por debajo de 50. Casi todas las muestras están por debajo de la relación marina. Los valores más elevados de esta relación obtenidos por las muestras del Macizo de Amurga y algunas de Tirajana pueden ser explicados por la interacción agua-roca, donde después de haberse alterado los silicatos, el potasio es el compuesto que se adsorbe por los minerales de alteración.

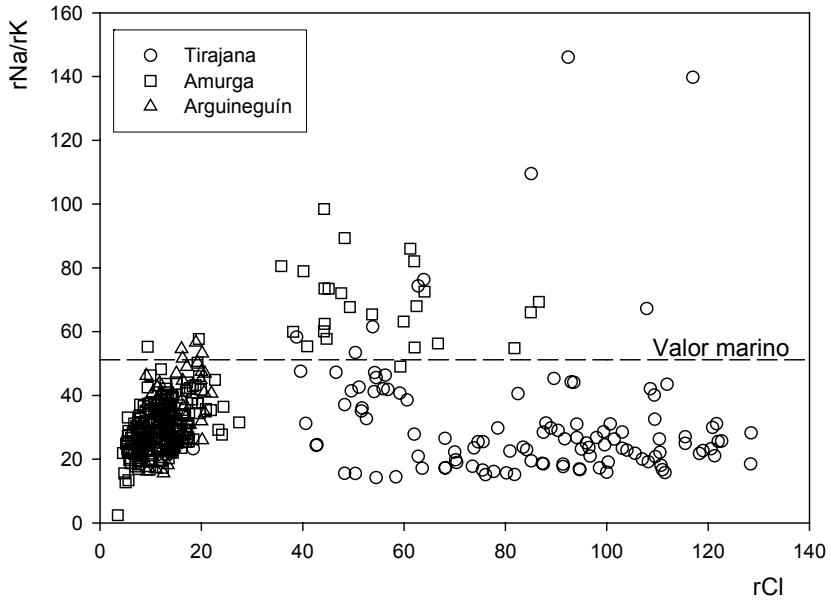


Figura 4.34.- Representación de la relación rNa/rK frente a rCl de las aguas de los pozos del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga. (r = meq/L)

4.5.7.3. rSO_4/rCl

Esta relación ayuda a distinguir entre la contaminación marina y la que proviene de retornos de riego **[35]**. El valor de esta relación en agua de mar es de 0,11, mientras que en las aguas subterráneas de Tirajana el valor medio obtenido es de 0,12, en las de Amurga es ligeramente mayor de 0,19 y en las de Arguineguín es de 0,14.

La Figura 4.35 muestra la relación rSO_4 frente a rCl, donde se observa que la mayoría de las muestras de los pozos de Amurga y Arguineguín se acercan a la relación marina. Con respecto a las muestras de las aguas de Tirajana, estas tienen una mayor dispersión. A partir de esta relación se deduce que el sulfato y el cloruro de las aguas de los pozos pueden provenir del aerosol marino, aunque para las muestras de los pozos de Tirajana que siguen una tendencia diferente, tienen un valor más elevado para un origen solamente meteórico. También se

observa que algunas muestras tienen un aumento de los contenidos de sulfatos independientemente de la concentración de cloruros.

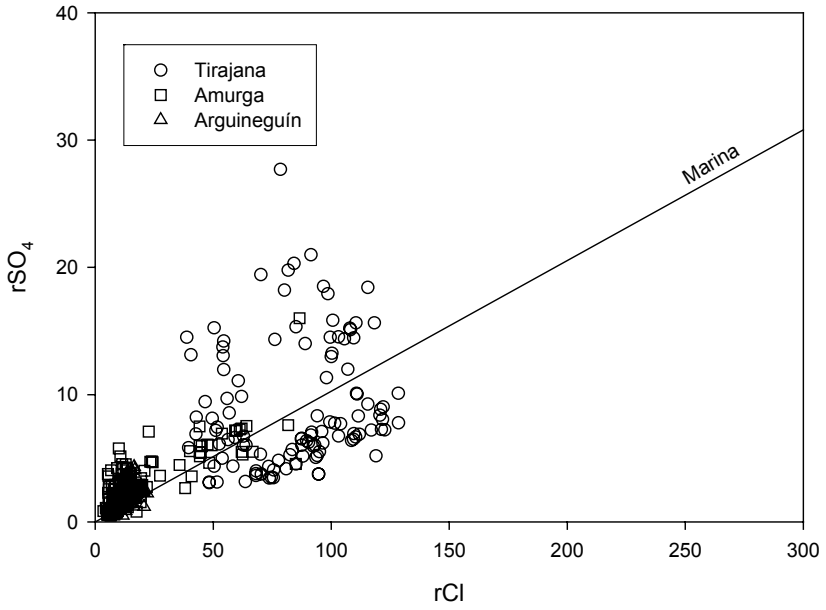


Figura 4.35.-Representación de la relación rSO_4 frente a rCl en las aguas de los pozos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L)

La Figura 4.36 muestra la relación rSO_4/rCl frente rCl en las muestras de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. Se destacan muestras de los pozos y sondeos de toda el área de estudio que presentan una relación menor que la de agua de mar, por lo que no se puede descartar reducción de sulfatos como consecuencia de contaminación orgánica, aunque no hay análisis de concentración de amonio para descartar o no esta opción. Se observa que a medida que aumenta la concentración de cloruros en las aguas, el valor de la relación rSO_4/rCl se aproxima a la recta de la relación rSO_4/rCl para el agua de mar, excepto para muestras de Tirajana con una elevada concentración de iones cloruro y sulfato. A partir de estos resultados se deduce que las muestras tienen (origen distinto al meteórico) una componente marina importante. Se descarta que los elevados contenidos en sulfatos de las aguas de Amurga estén relacionados con contaminación agrícola, pues no se detectan contenidos importantes de NO_3

en estas aguas, pero sí podría ocurrir con las aguas de Tirajana, donde la contaminación por nitratos es más importante.

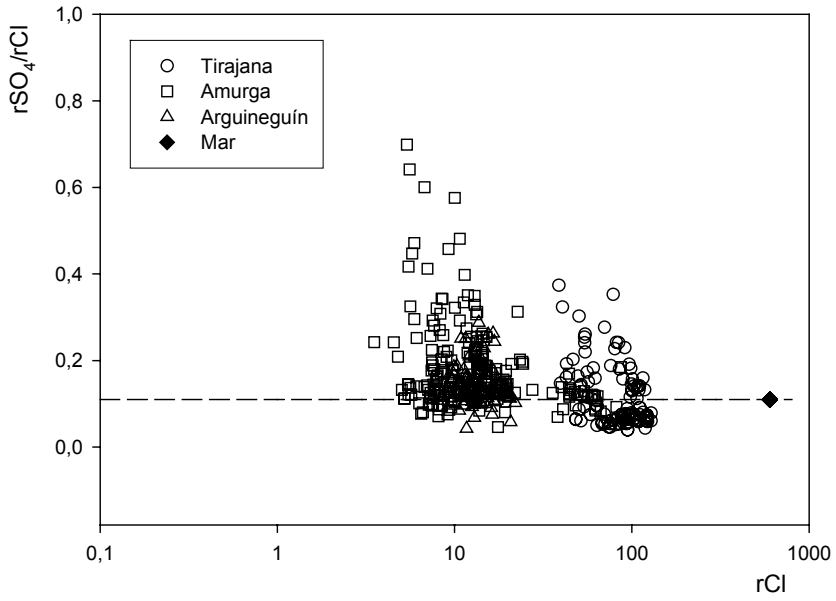


Figura 4.36.- Representación de la relación rSO_4/rCl frente a rCl en las aguas de los pozos de Tirajana, Amurga y Arguineguín (r = meq/L).

La distribución espacial de esta relación (Figura 4.37) muestra que los valores más altos, donde domina el sulfato, se sitúan en la ladera oeste del barranco de Tirajana y hacia el norte de la zona de estudio. Por otro lado los valores intermedios y más bajos están situados en el barranco de Arguineguín y de Fataga (Oeste del Macizo de Amurga), zona donde domina el cloruro, que está de acuerdo con el tipo de agua de la zona, donde la mayoría son de tipo Cl-Na.

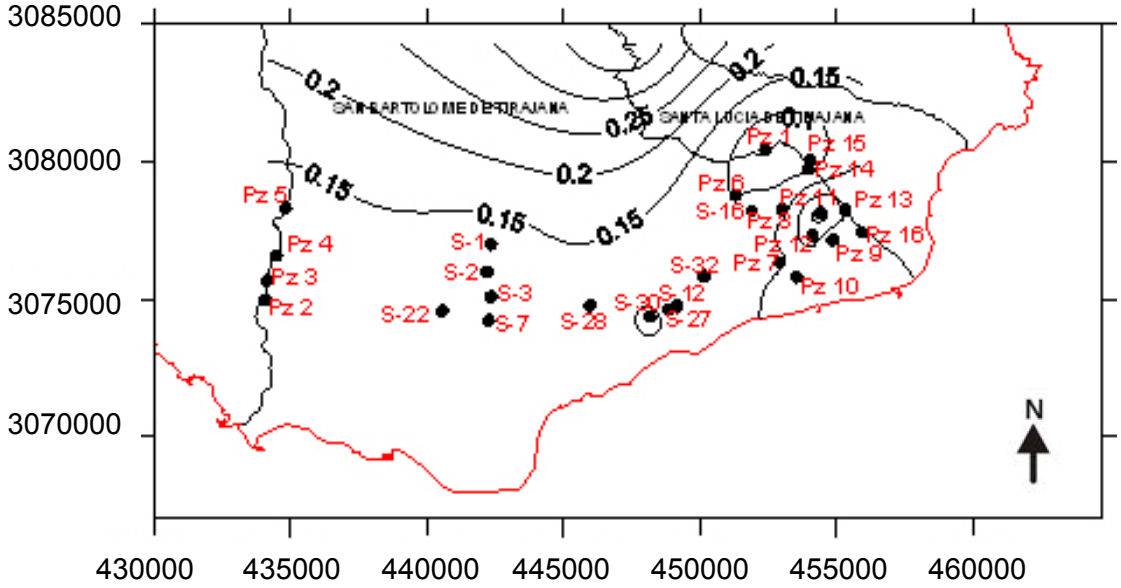


Figura 4.37.- Distribución espacial de la relación rSO_4^{2-}/rCl^- en toda la zona de estudio. (r = meq/L)

4.5.7.4. rMg/rCl

Debido a la elevada concentración de magnesio en el agua de mar esta relación tiene cierto interés para evaluar la posible mezcla de agua de origen meteórico con agua marina (≈ 0,2). Aunque el estudio de esta relación se debe tomar con precaución debido a posibles aportes de magnesio al agua como consecuencia de la alteración de silicatos magnésicos **[35]**. En la Figura 4.38 se representa la relación rMg/rCl, donde se observa que las muestras de los pozos de Arguineguín y Amurga se aproximan al valor marino. Esta aproximación con el valor de la relación marina se puede atribuir a la aportación del aerosol marino del agua de lluvia, que traspasaría esta marca al agua de recarga, aunque podrían tener otro origen diferente del marino. A partir del estudio de la relación de rMg/rCl frente rCl (Figura 4.38) se observa que las muestras de Amurga tienden a aproximarse al valor de esta relación del agua de mar a medida que aumenta la concentración de cloruro en el agua. La mayor dispersión de estas muestras puede deberse a la menor mineralización de las mismas, lo que hace resaltar la interacción agua-roca, que incide en una mayor aportación de magnesio al agua como consecuencia de la alteración de silicatos magnésicos. Con respecto a las

muestras de Tirajana la relación rMg/rCl es mayor que la relación del agua de mar, por tanto se puede pensar que la aportación del magnesio no sea debido al aerosol marino, sino que también sea debido a la interacción agua-roca.

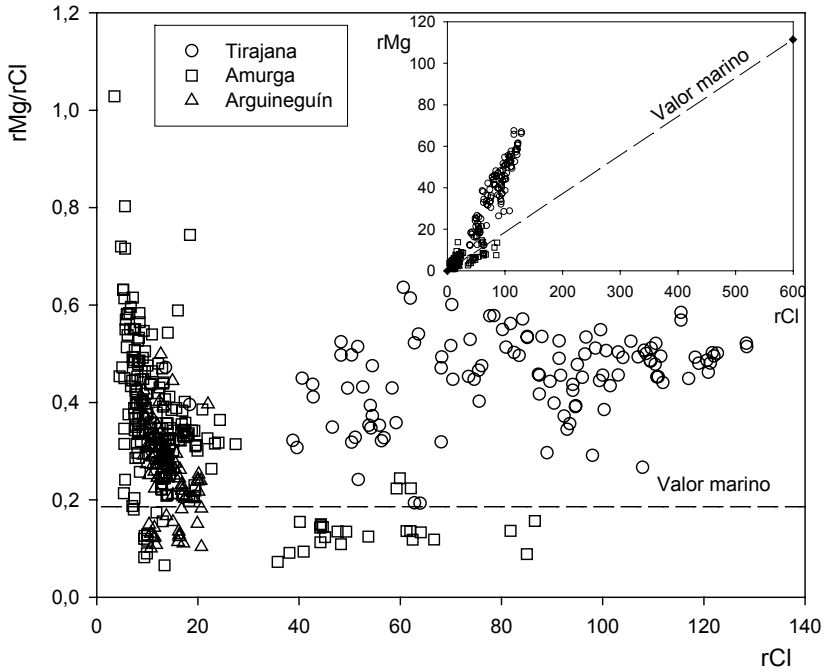


Figura 4.38.-Representación de las relaciones rMg frente rCl y rMg/rCl frente rCl, para las muestras de pozos del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga. (r = meq/L).

4.5.7.5. rSO_4/rCa

El estudio de la relación rSO_4/rCa tiene como objetivo establecer posibles orígenes del sulfato en el agua subterránea. La Figura 4.39 presenta la relación rSO_4/rCa, donde se observa que no existe una relación de ambos iones en las muestras de pozos y sondeos. En algunas muestras de Amurga y Tirajana se observa una pequeña relación entre ambos, a concentraciones bajas. La Figura 4.40 presenta la relación rSO_4/rCa frente a rCl donde se observa que la mayoría de las muestras están por debajo de la relación marina, se mantiene constante

entorno a 1, únicamente algunas muestras de Amurga sobrepasan la relación marina, debido a la elevada concentración de sulfatos.

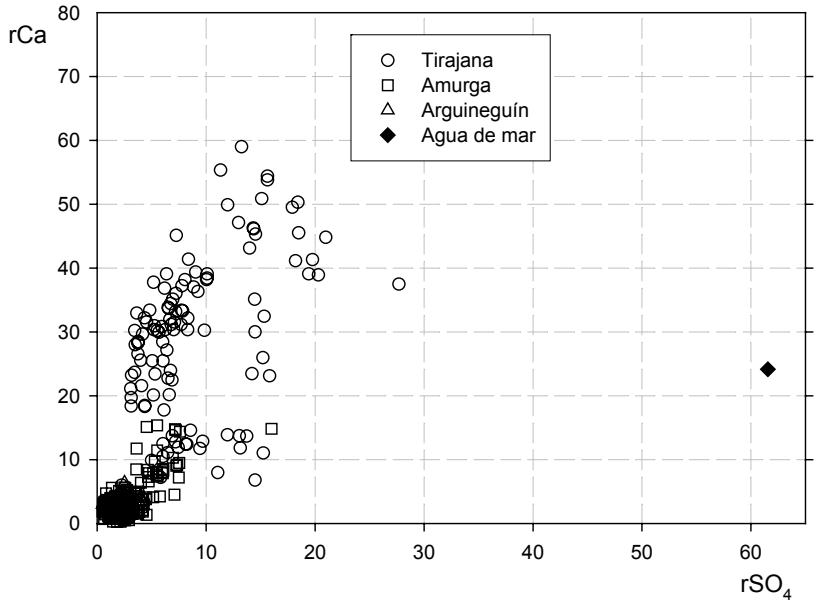


Figura 4.39.- Representación de la relación rCa frente rSO_4 para las muestras de agua de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L).

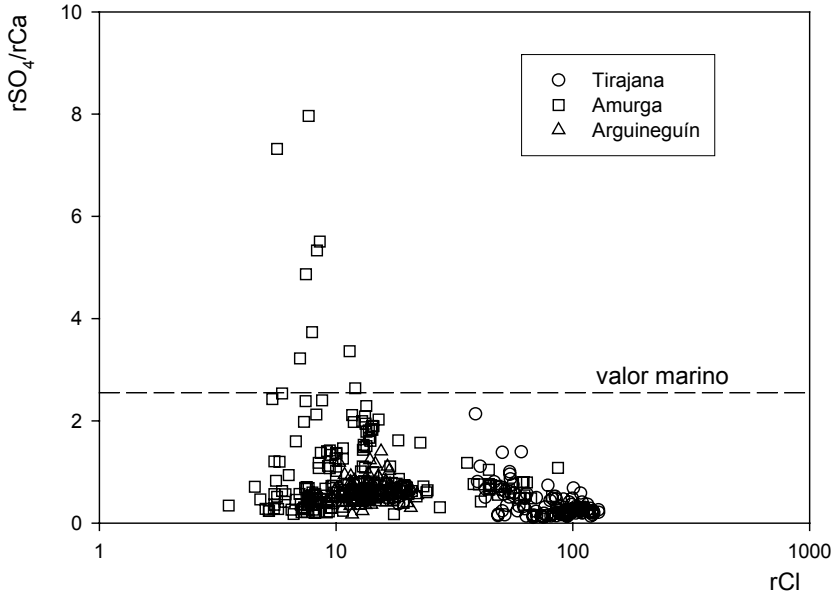


Figura 4.40.- Representación de la relación rCa/ rSO_4 frente rCl para las muestras de agua de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L).

4.5.7.6. rMg/rCa

El valor de esta relación en el agua de mar está en torno a 5, mientras que en las aguas continentales puede variar entre 0,3 y 1,5 **[35]**. Existen varios factores que influyen en esta relación, pero normalmente los valores superiores a 1 son típicos de terrenos silicatados magnésicos como los basaltos.

Los valores mayores a 1 en las muestras de Tirajana y Amurga comprenden el 85%, mientras que para las muestras de Arguineguín el 65% de los valores son mayores que 1. En la Figura 4.41 se representa la relación rMg/rCa frente al contenido de cloruros. Se observa que los valores de la relación por encima de 3 se alcanzan en las muestras de los pozos de Amurga, aunque sólo son el 10% de las mismas. Se observa que para las muestras de Tirajana y para las muestras de Amurga con mayor salinidad, la relación permanece constante, mientras que para las muestras de Arguineguín y de Amurga menos salinas la relación es más dispersa y en el caso de Amurga algunas sobrepasan la relación marina. En la Figura 4.42 se representan los contenidos de rMg frente a los de rCa. Se observa que todas las muestras siguen una relación lineal, a medida que aumenta el calcio aumenta el magnesio. Aunque muy pocas se aproximan a la recta de la relación marina.

La distribución espacial de esta relación en 1994, 2001y 2004 se representa en la **Figura A4.6.18**. Los valores mayores de 1 se mantuvieron casi constantes durante todo el periodo de muestreo, durante el año 1994 los valores mayores de 1 eran el 70%, en 2001 subieron al 74% y en el 2004 volvieron a ser el 70%. La zona con predominio del magnesio está situada en la ladera oeste del barranco de Tirajana, esta zona es donde se concentran los valores más altos, aunque van disminuyendo con los años, pasan de un máximo de 5 en 1994 a un máximo de 2 en 2004.

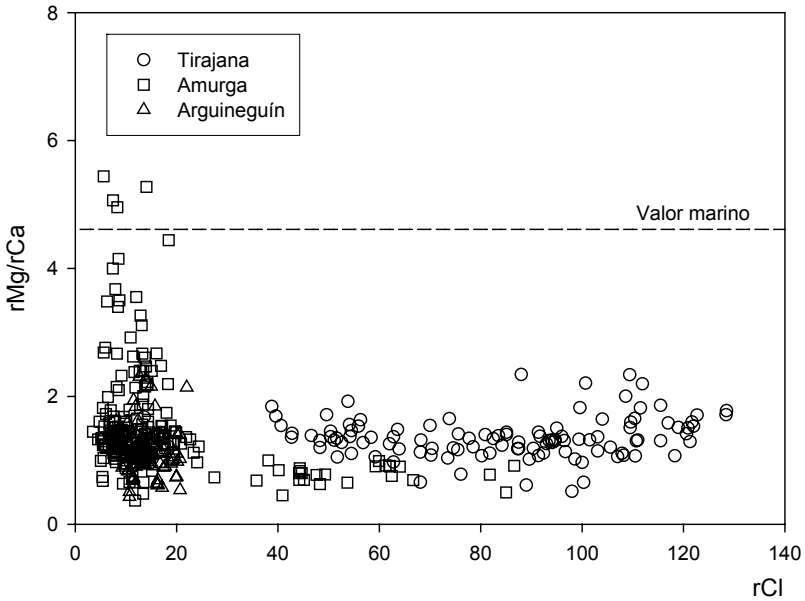


Figura 4.41.- Representación de la relación rMg/rCa frente rCl para las muestras de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L).

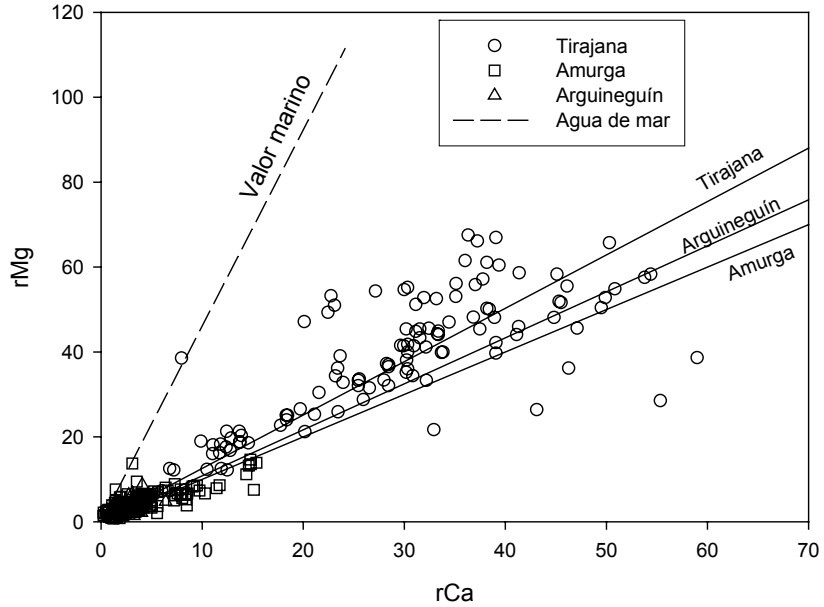


Figura 4.42.- Representación de la relación rMg frente al rCa para las muestras de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L).

4.5.7.7. rCl/r(HCO_3+CO_3)

En aguas continentales tiene normalmente un valor entre 0,1 a 5 a pH mayores de 7. En agua de mar varía entre 20 y 50 **[35]**. Por tanto esta relación es útil en la caracterización de la intrusión marina, ya que un aumento continuo de esta relación indicaría un posible proceso de incorporación selectiva de cloruro y cambios bruscos de esta relación pueden señalar los límites entre aguas de distintos orígenes **[36]**. Este valor se debe tomar con precaución debido a la posibilidad de que existan aportaciones de CO_2 de origen profundo que modificaría su valor, aunque no produciría una variación inmediata. En Amurga y Arguineguín el valor medio de esta relación es de 6 y 7 respectivamente. El valor de la relación para las aguas de Amurga está dentro de lo esperado para las aguas de origen continental, en los extremos del Macizo, en el Barranco de Fataga y la ladera oeste del Barranco de Arguineguín. En el centro del Macizo de Amurga la relación está más próxima a la de agua de mar, con valores que varían entre 16 y 54. Con respecto a las aguas de Arguineguín la relación varía entre 1,6 y 19, mientras que para las aguas de Tirajana varía entre 5 y 61, con un valor medio de 25. La Figura 4.43 muestra la relación rCl/r(HCO_3+CO_3) frente a rCl, donde se observa que a medida que aumenta la concentración de cloruros en el agua, el valor de la relación rCl/r(HCO_3+CO_3) aumenta rápidamente. La distribución de los puntos tiende a aproximarse a la composición del agua de mar, y en muy pocos casos se supera el valor de esta relación.

4.5.7.8. Cl/F (molar)

La concentración de flúor en agua de mar varía entre 0,6 y 0,7 mg/L, mientras que en las aguas subterráneas puede variar entre 0,1 y 10 mg/L **[35]**. La Figura 4.44 presenta la relación Cl/F frente a Cl (molar) para las muestras de los pozos y sondeos analizados durante el año 2004. El flúor sólo se analizó en el año 2004, en las dos campañas realizadas en abril y septiembre.

Se observa que la relación para las muestras de Tirajana y alguna muestra de Amurga obedece a un origen distinto al meteórico, su origen podría ser una mezcla de agua de origen meteórico con agua de mar; mientras que las muestras de Arguineguín y el resto de las de Amurga lo más seguro es que tengan un origen meteórico.

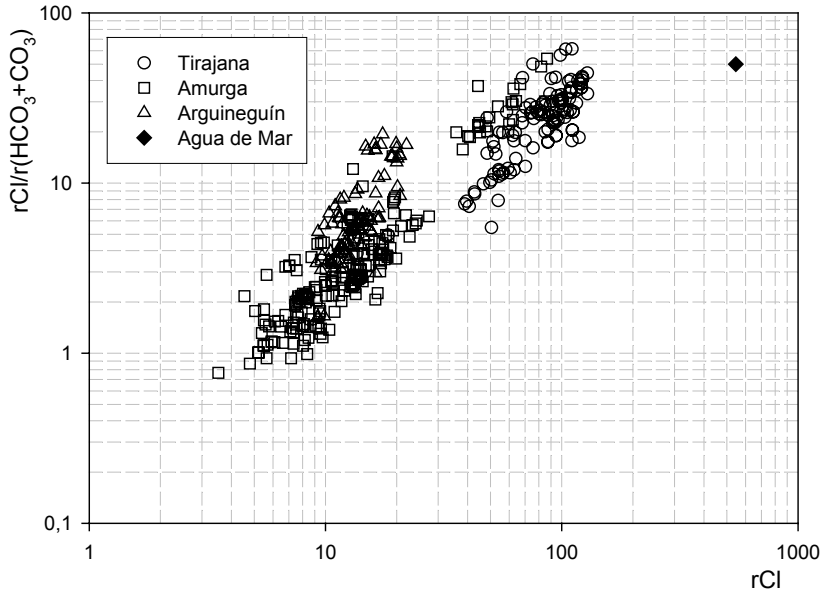


Figura 4.43.- Representación de la relación rCl/r (HCO_3+CO_3) frente al rCl para las muestras de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L).

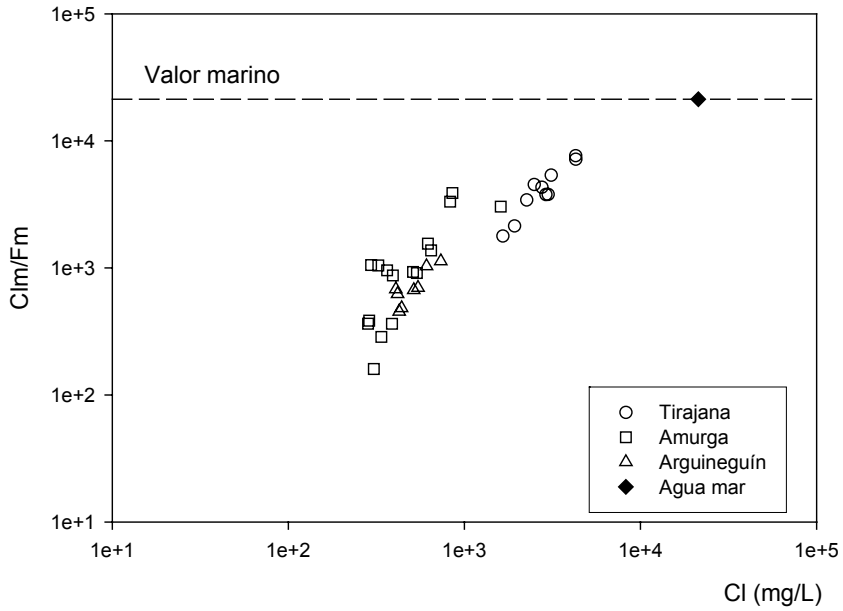


Figura 4.44.- Representación de la relación Cl/F (razón molar) frente a Cl (mg/L) para las muestras de pozos y sondeos de la zona de estudio durante el año 2004.

4.5.7.9. rCl/rBr

El estudio del bromo y de esta relación tiene como objetivo establecer el origen de la salinidad de las aguas subterráneas. En la presente tesis no se ha analizado este componente, pero sí hay datos del área estudiada realizados por el IGME en el 2003 **[62]**.

El comportamiento del ion bromo es igual al del cloro con contenidos bastante bajos, en general menores de 0,01 mg/L en aguas dulces y 65 mg/L en agua de mar. Para su estudio se usa la relación rCl/rBr, que según estudios realizados por Custodio y Herrera y Davis y col. **[63, 64]**, toma un valor de:

- 655 ± 4 para agua de mar no contaminada, cuando existe contaminación por los gases de quemado de gasolina, disminuye esta relación.

- 50-650, para agua de lluvia continental

- 650-1000 para agua de lluvia costera

- Los gases volcánicos aportan haluros y la relación está entre 650-900

Se realizaron análisis del ion bromuro a siete sondeos del Macizo de Amurga, 3 en el barranco de Fataga y 4 en el Macizo de Amurga propiamente dicho (Tabla 4.11). Los valores obtenidos para la relación varían entre 686 y 845, estos valores son un poco mayores que los de la relación para agua de mar.

Para evaluar el valor de la relación rCl/rBr respecto al aumento de la salinidad del agua se ha representado la relación rCl/rBr frente a Cl (mg/L) (Figura 4.45). Existe una diferencia en salinidad y características químicas del agua entre los pozos del Barranco de Fataga (menos salinos y con posible aporte de CO_2 volcánico) y los del Macizo de Amurga (más salinos y sin aporte claro de CO_2 volcánico). En el Macizo de Amurga el valor de la relación rCl/rBr que es de 700±15 responde a la intensa evapoconcentración de una lluvia afectada por un aerosol marino generado en medio árido. No parece haber relación con la salinidad. En el Barranco de Fataga el valor es de 830±15, que indica que al

aerosol marino se adiciona un efecto secundario que parece estar en el aporte de CO2 volcánico profundo.

Tabla 4.11.- Análisis químicos de Cl y Br de sondeos del Macizo de Amurga [62].

Zona	Topónimo	Fecha muestreo	Laboratorio	Br (mg/L)	Cl (mg/L)	rCl/rBr
Bco. Fataga	S-1	Mar-01	IGME	0,59	326	822
Bco. Fataga	S-2	Mar-01	IGME	0,87	326	845
Bco. Fataga	S-3	Mar-01	IGME	1,24	449	817
Amurga	S-12	Mar-01	IGME	5,34	1944	690
Amurga	S-27	Mar-01	IGME	5,3	1654	715
Amurga	S-31	Mar-01	IGME	4,06	1239	686
Amurga	S-35	Mar-01	IGME	8,01	2518	707

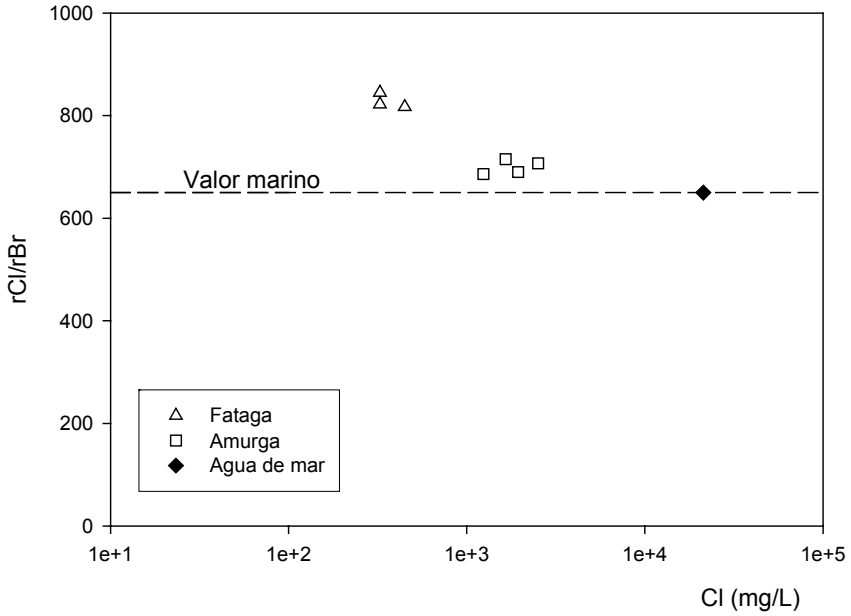


Figura 4.45.- Representación de la relación rCl/rBr frente a Cl (mg/L) de las aguas de sondeos del Macizo de Amurga.

4.5.8. Interacción Agua subterránea-Roca

La composición de las aguas subterráneas está ligada al tipo de roca por la que se encuentra rodeada y dependiendo de la naturaleza de ambos ocurrirán diferentes fenómenos que cambiarán las características originales tanto del agua como de la roca.

Con el objeto de analizar la relación entre las rocas que forman el acuífero de Amurga y las aguas subterráneas se ha usado el programa de modelación WateQ4f 2.63 **[41, 42]**. Este programa ha sido realizado en lenguaje FORTRAM y calcula la distribución de las especies acuosas, las actividades de los iones y los índices de saturación de los minerales que indican la tendencia de las aguas naturales a disolverlos o precipitarlos, a partir de datos medidos como: pH, Eh, oxígeno disuelto, alcalinidad y análisis químicos de las muestras de agua.

Este modelo asume el equilibrio homogéneo de las fases acuosas, excepto para las especies redox. No se asume el equilibrio con respecto a las solubilidades de los minerales. En esencia, los resultados del programa se utilizan para examinar la tendencia de una muestra de agua a alcanzar el equilibrio.

4.5.8.1. Estados de saturación

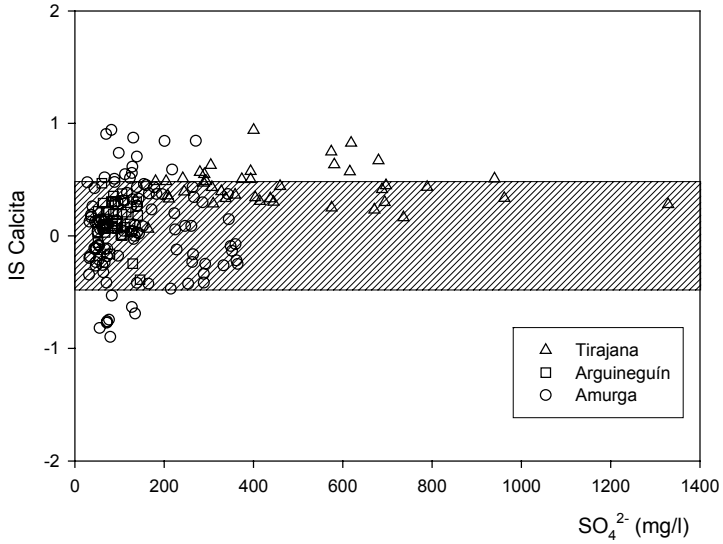
Un agua está en equilibrio con un determinado mineral cuando su índice de saturación (logarítmico) es igual a 0. Considerando las incertidumbres de los valores analíticos medidos, hemos calificado el estado de equilibrio cuando el índice de saturación varía entre -0,5 y +0,5. Para valores mayores de +0,5 se considera sobresaturación y para valores inferiores de -0,5 subsaturación.

El cálculo del índice de saturación se ha realizado con el programa Wateq4f, Versión 2.63 **[41, 42]** y los análisis corresponden a los datos tomados en las campañas del 1994 al 2004. Los minerales seleccionados para la determinación de su índice de saturación corresponden a la calcita, dolomita, aragonito, yeso, magnesita, calcedonia, sílice amorfa y cuarzo **(Tabla A4.7.1)**. Estos minerales son los típicos de neoformación en la roca donde está contenida el agua subterránea. En el **Anexo A4.7** se presentan los resultados de los índices de saturación de los

minerales seleccionados, la fuerza iónica de cada uno, la presión de CO_2 y los valores del Log [H_4SiO_4], log<Na>+pH, log<K>+pH, log<Ca>+2pH y log<Mg>+2pH, datos usados en las gráficas de estabilidad, para cada uno de los pozos y sondeos en todo el periodo de muestreo.

Todas las muestras de agua de los pozos del barranco de Arguineguín se encuentran subsaturadas en yeso, y en equilibrio con la calcita y dolomita. Las aguas del Macizo de Amurga se encuentran, también, subsaturadas en yeso y con respecto a la calcita (Figura 4.46), en general se encuentran en equilibrio, salvo el pozo 11 que está sobresaturado (condiciones de precipitación) y los sondeos 3 y 22 que se encuentran subsaturados en calcita (condiciones de disolución). Con respecto a la dolomita, solamente el pozo 11 y 12 se encuentran sobresaturados, mientras que los sondeos situados en el tramo inferior del barranco de Fataga están subsaturados en dolomita (Figura 4.47). En el barranco de Tirajana, las muestras están subsaturadas en yeso, excepto el pozo 16, que está en equilibrio, se encuentran en equilibrio con la calcita, excepto el pozo 13 que está sobresaturado y sobresaturado en dolomita.

Con respecto al Aragonito (Figura 4.48), éste se encuentra en equilibrio en la mayor parte de las aguas analizadas, los puntos donde el aragonito está saturado se localiza en el Barranco de Tirajana y Macizo de Amurga, aunque no se dan las condiciones favorables para que precipite este mineral. Casi todas las aguas de la zona de estudio se encuentran en equilibrio con la magnesita (Figura 4.49) exceptuando las aguas del pozo 11 que está saturado en magnesita, situado en la zona este del Macizo de Amurga, y los puntos del Macizo de Amurga central, que están subsaturados en Magnesita (Figura 4.49). No es claro el origen de esta saturación, pero puede que esté relacionado con la alteración de la serpentina, mineral abundante en las lavas del Complejo Basal **[2]**.



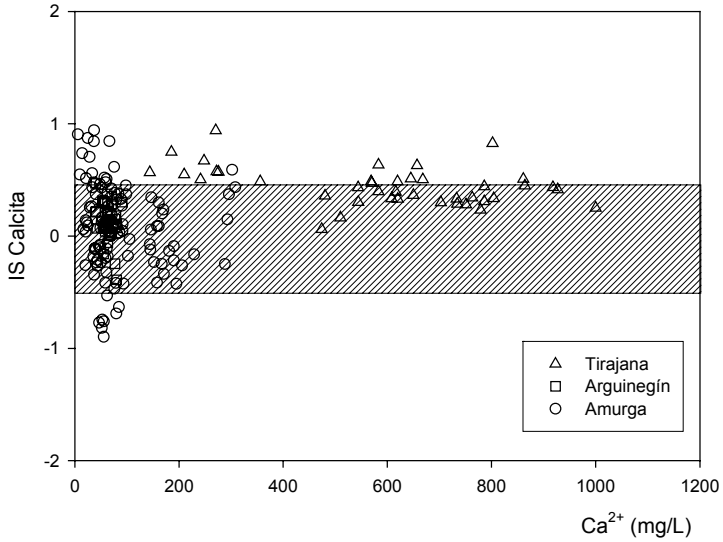


Figura 4.46.- Relación entre el índice de saturación de la calcita y la concentración de sulfato (mg/l) y la concentración de calcio (mg/L), para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga.

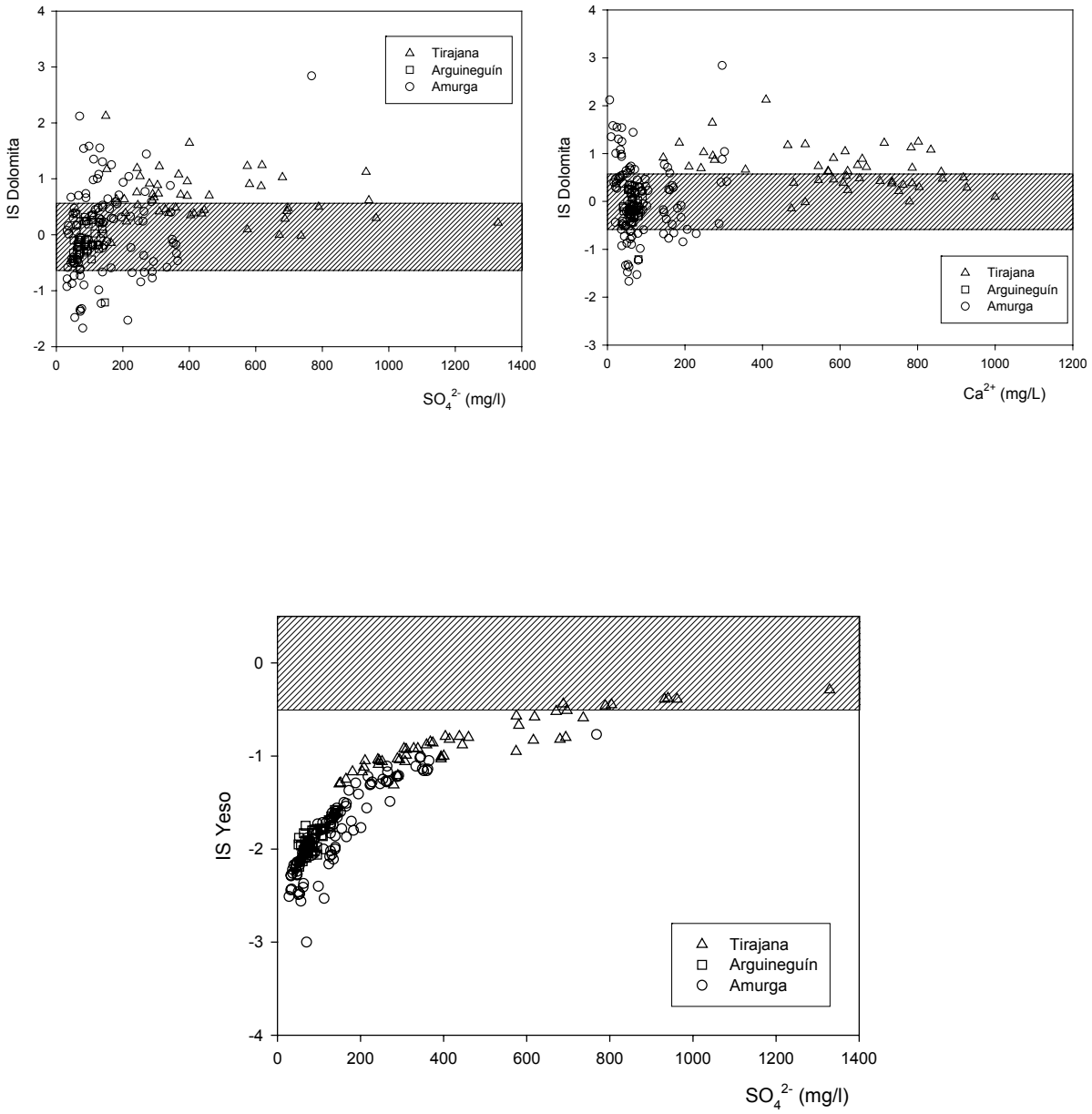


Figura 4.47.- Relación entre los índices de saturación de la dolomita y la concentración de sulfato y calcio (mg/L) y el yeso y la concentración de sulfato (mg/l) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga

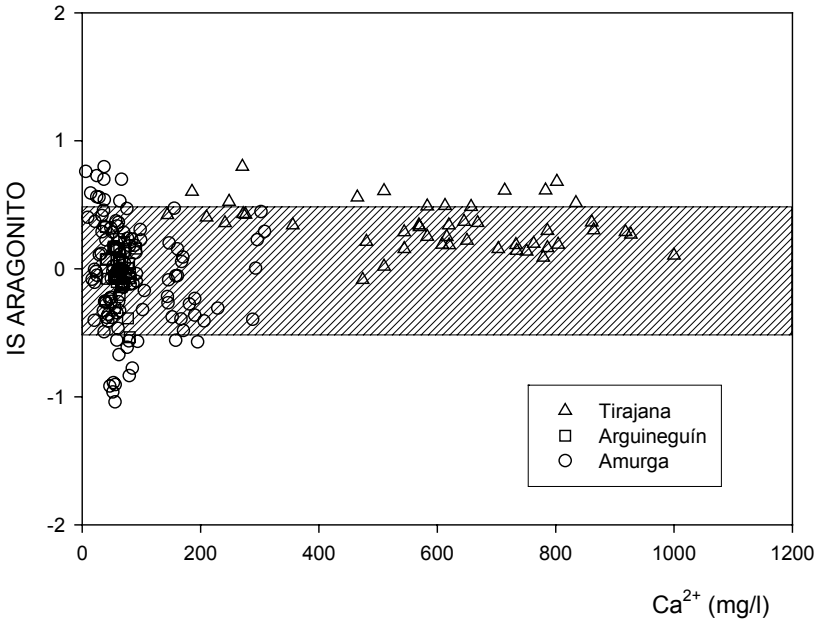


Figura 4.48.- Relación entre los índices de saturación del Aragonito y la concentración de calcio (mg/L) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga.

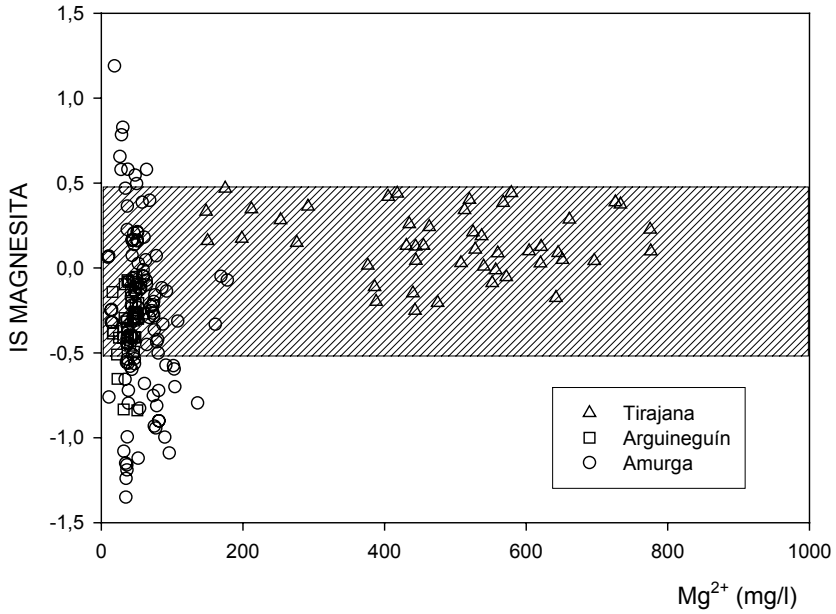


Figura 4.49.- Relación entre los índices de saturación de la Magnesita y la concentración de magnesio (mg/l) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga.

Todas las muestras están sobresaturadas en cuarzo (Figura 4.50), aunque las condiciones de precipitación del cuarzo no se alcanzan en un ambiente sub-superficial sin altas presiones y temperaturas. El estudio del índice de saturación de la sílice amorfa (Figura 4.51) revela valores en equilibrio para algunos puntos situados en el Macizo de Amurga, y subsaturados para todos los demás puntos de los barrancos de Tirajana y Arguineguín y Macizo de Amurga, por tanto, tampoco existe precipitación de sílice amorfa. En el caso de la Calcedonia (Figura 4.52), la mayoría de las muestras se encuentran en equilibrio y solamente los pozos situados en la zona alta del barranco de Tirajana, pozo 1 y pozo 6, están sobresaturados.

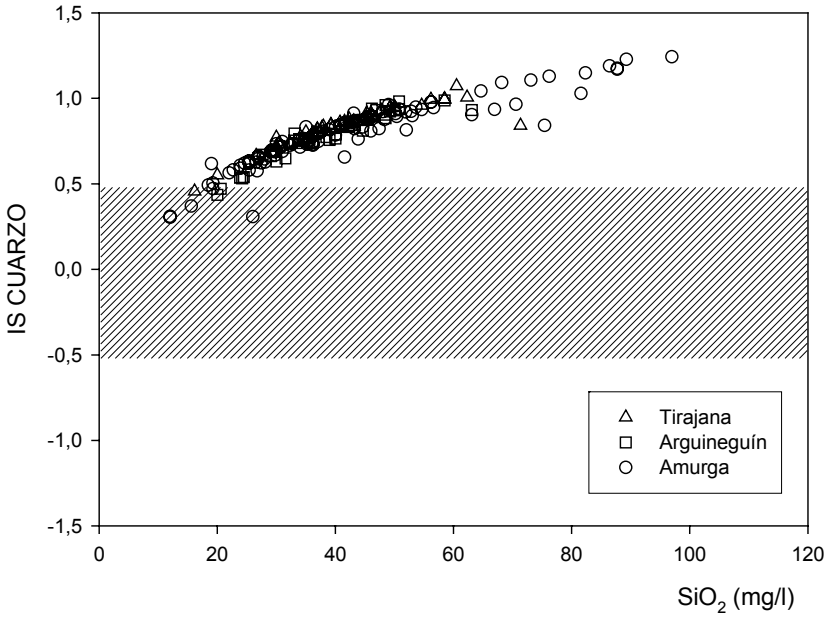


Figura 4.50.- Relación entre los índices de saturación del Cuarzo y la concentración de sílice (mg/L) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga.

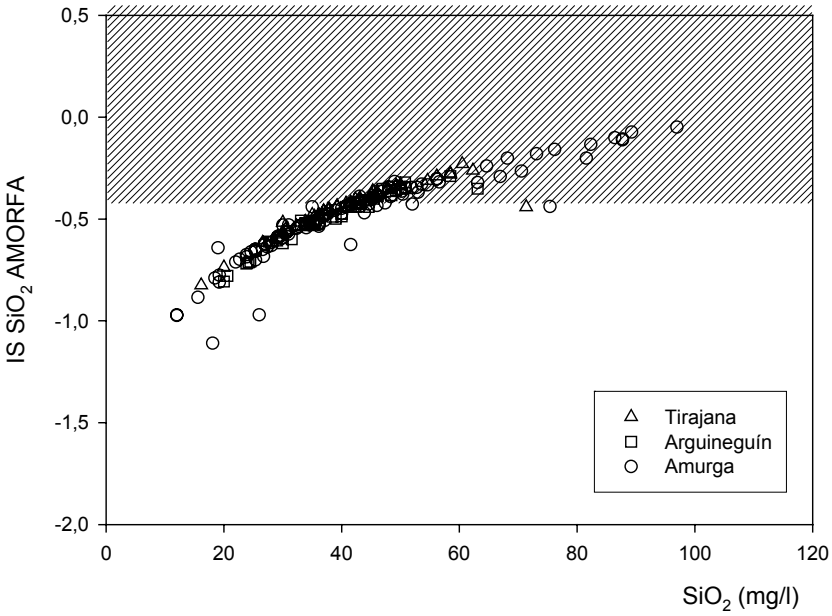


Figura 4.51.- Relación entre los índices de saturación de la Sílice Amorfa y la concentración de sílice (mg/L) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga.

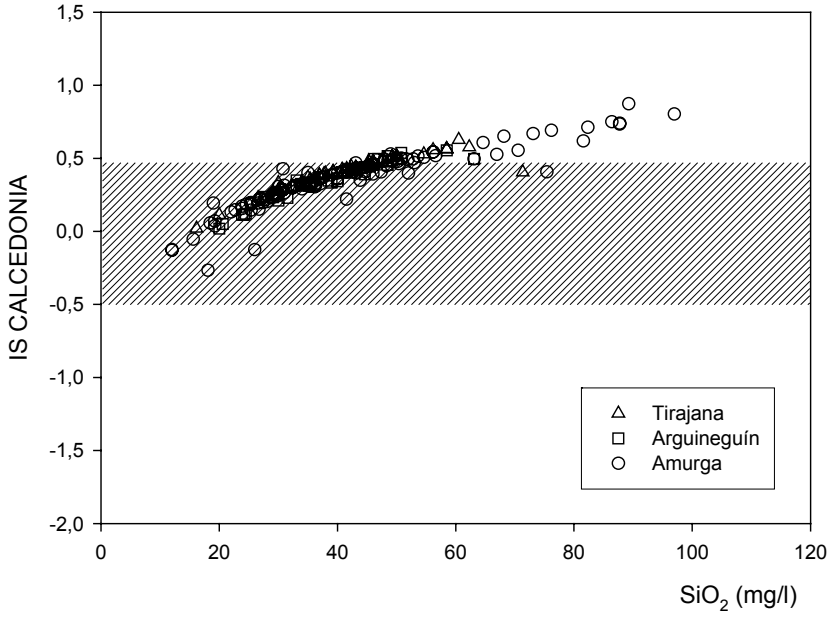


Figura 4.52.- Relación entre los índices de saturación de la Calcedonia y la concentración de sílice (mg/L) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga.

4.5.8.2. Diagramas de equilibrio de las fases silicatadas

La disolución e hidrólisis de los minerales silicatados cumplen relaciones del tipo:

$$Silicatos + H_2O + H^+ \leftrightarrow Arcillas + Hidróxidos + Cationes \qquad (4.3)$$

junto con la reacción:

$$H_2CO_3 \leftrightarrow HCO^-_3 + H^+ \qquad (4.4)$$

Este fenómeno depende de la disponibilidad de hidrogeniones, la temperatura del agua y el tiempo y las condiciones de residencia del agua en el acuífero.

En un sistema abierto al CO_2, el aporte de H^+ no está limitado y la alteración de los minerales primarios de la roca depende de la estabilidad de la solución frente a las diferentes especies minerales. La progresión de la hidrólisis no está limitada más que por la solubilidad de los minerales silicatados.

La secuencia de estabilidad creciente es:

Olivino Plagioclasa/Ca
Augita Plagioclasa/Ca-Na
Hornblenda Plagioclasa/Na-Ca
Biotita Plagioclasa/Na
Feldespato
Moscovita

En un sistema cerrado al CO_2, el pH del agua aumenta por un consumo de los iones H^+ provocado por la liberación de los cationes, alcanzándose el equilibrio químico si no hay nuevos aportes.

Las secuencias de alteración de los aluminosilicatos alcalinos (feldespatos) y ferromagnésicos (piroxenos, anfíboles) siguen el orden de aparición siguiente:

Feldespatos → sericita → vermiculita → montmorillonita → caloinita → gibosita

M^x(Fe,Mg) → clorita → vermiculita → montmorillonita → caolinita → goetita.

El estado de equilibrio entre las disoluciones, los minerales primarios y los productos de neoformación están definidos por el sentido de los equilibrios termodinámicos de las reacciones y a partir de las constantes de equilibrio definidas para las reacciones típicas de disolución de los minerales aluminosilicatados, se construyen los ***diagramas de estabilidad*** de los silicatos para los sistemas CaO, MgO, Na_2O y K_2O.

La solubilidad del cuarzo viene caracterizada por los diferentes equilibrios químicos de las formas del Sílice en disolución, con diferentes valores de k (a 25ºC) **[65, 66],** según si el sílice está en forma de cuarzo, en forma de sílice amorfa o en sus diferentes estados hidratados.

Estas reacciones de disolución de las diferentes formas de sílice muestran que en la gama de pH de las aguas naturales (entre 6 y 9), la forma disuelta es $Si(OH)_4$. La solubilidad del cuarzo en forma de SiO_2 es de 6 mg/l a 25ºC, por lo que la sílice disuelta en el agua proviene fundamentalmente de las formas amorfas **[12, 37]**.

La Figura 4.53 y 4.54 presentan los diagramas de estabilidad de las aguas subterráneas con los silicatos a 25ºC, tomados de Tardy y Langmuir **[67, 68]**. También se presentan las líneas de solubilidad para el cuarzo y la sílice amorfa a 20ºC. Estos diagramas han sido confeccionados a partir de los valores de log[SiO_4H_4], log<Na>+pH, log<K>+pH, log<Ca>+2pH y log<Mg>+2pH, calculados por medio del programa WATEQ4F **[42]**.

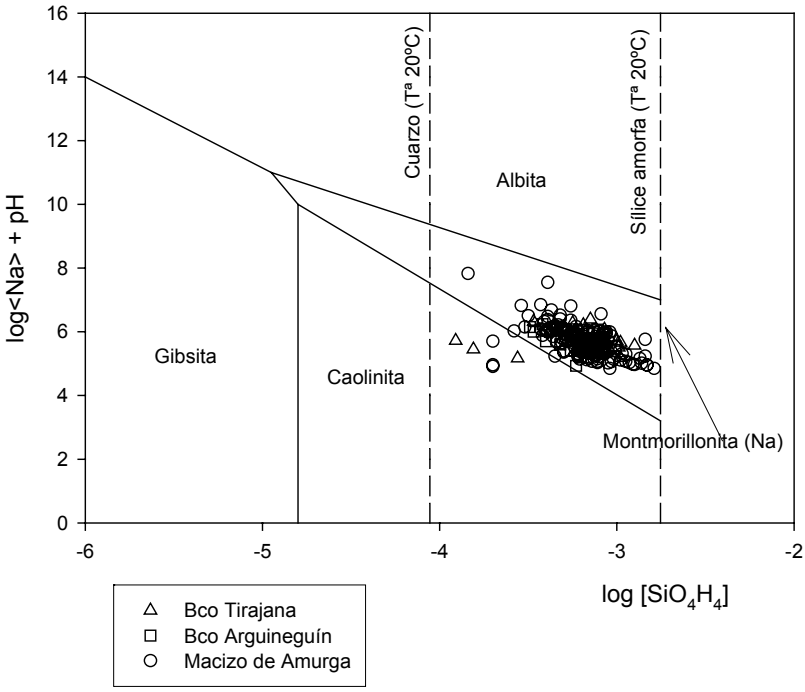
En todos los gráficos se observa que los puntos se sitúan entre los campos de estabilidad del cuarzo y la sílice amorfa, confirmando los resultados obtenidos a partir de los índices de saturación que indican que las aguas se encuentran sobresaturadas en cuarzo y subsaturadas en sílice amorfa. Aunque las aguas del Macizo de Amurga se aproximan un poco más a la línea de saturación de la sílice amorfa respecto a las demás aguas.

En el diagrama de estabilidad del feldespato sódico (Figura 4.53(a)) los puntos representativos de las aguas del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga se encuentran en el campo de estabilidad de la montmorillonita ($(Na,Ca)_{0.3}(Al,Mg)_2(OH)_2Si_4O_{10}.nH_2O$), siendo el mineral que posiblemente se haya formado por la alteración del feldespato sódico ($NaAlSi_3O_8$). Hay excepciones, tres puntos del barranco de Tirajana y otros tres puntos en el Macizo de Amurga que se encuentran en el campo de estabilidad de la caolinita ($Al_4(OH)_8Si_4O_{10}$).

En el diagrama de estabilidad del feldespato potásico ($KAlSi_3O_8$) (Figura 4.53 (b)) los puntos quedan agrupados en el campo de estabilidad de la microclina ($KAlSi_3O_8$), pasando algunos puntos al campo de la caolinita. Por lo tanto las aguas se encuentran sobresaturadas respecto a la microclina.

En el diagrama de estabilidad de los silicatos magnésicos (Figura 4.54 (b)) los puntos se encuentran en el campo de estabilidad de la montmorillonita magnésica (arcilla de silicato); exceptuando algunos puntos del barranco de Tirajana y macizo de Amurga que se sitúan en el campo de estabilidad de la caolinita. Una situación similar se observa en el diagrama de estabilidad del feldespato cálcico (Figura 4.54 (a)), donde los puntos se encuentran agrupados en el campo de estabilidad de la montmorillonita cálcica, a excepción de unos puntos del barranco de Tirajana y Macizo de Amurga, situados en el campo de estabilidad de la caolinita. Tanto la montmorillonita como la caolinita son minerales muy típicos como producto de la alteración de rocas volcánicas.

(a)



(b)

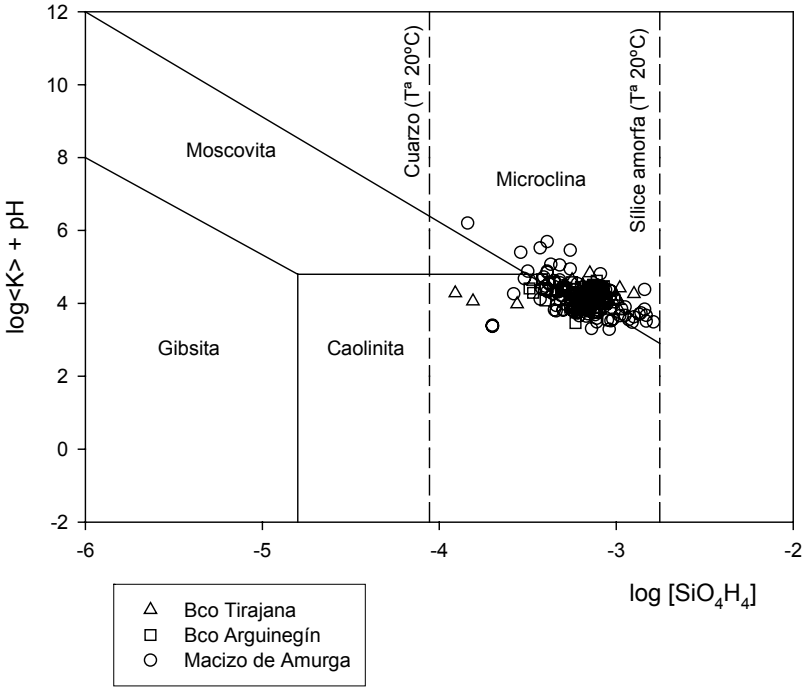
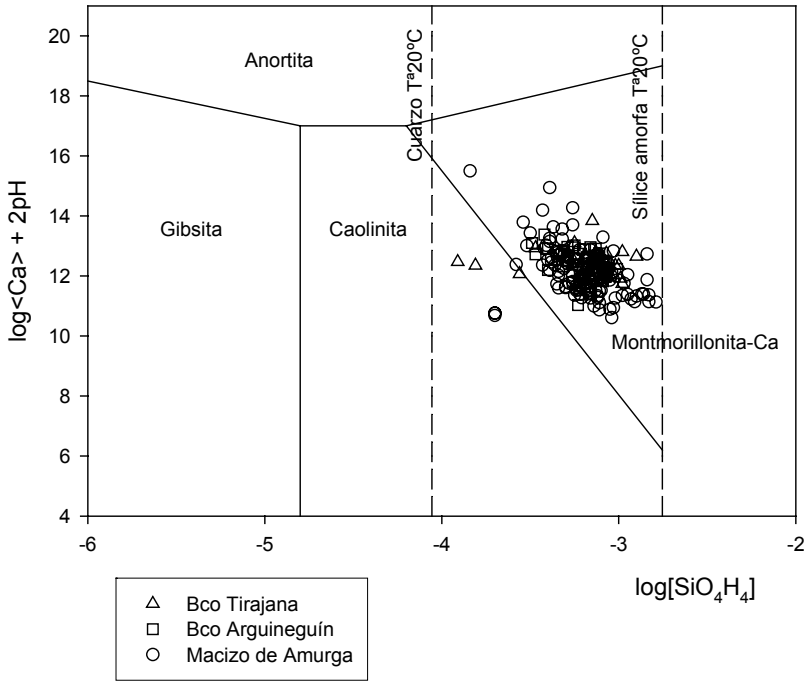


Figura 4.53.- Diagrama de estabilidad del feldespato sódico (a) y del feldespato potásico (b) para las muestras del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga.

(a)



(b)

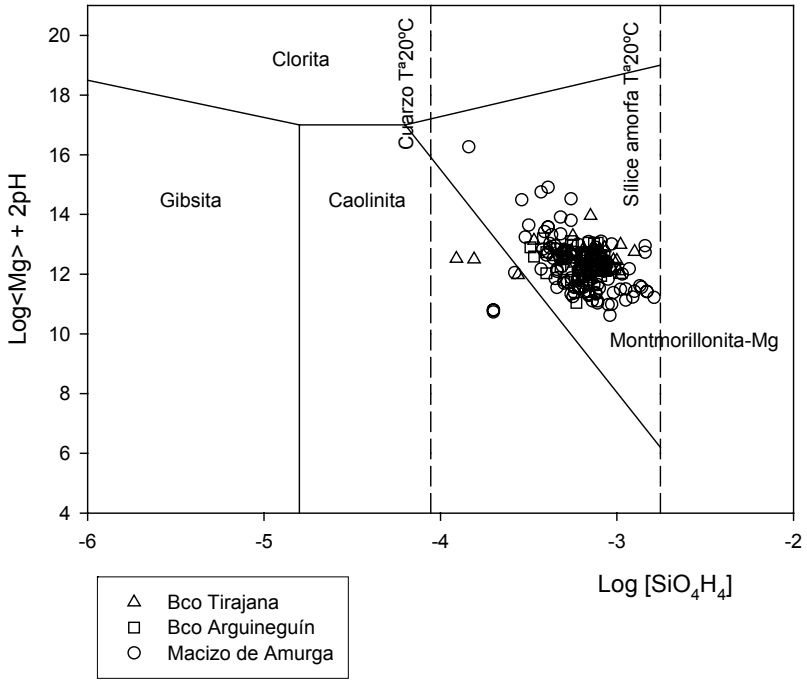


Figura 4.54.- Diagrama de estabilidad del feldespato cálcico (a) y de la clorita (b) para las muestras del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga

4.5.8.3. Presión parcial de CO_2

La presión de CO_2 es un parámetro que depende del pH y la temperatura. A partir de estos valores y de las medidas de alcalinidad, con el programa WATEQ4F **[42]** se ha calculado la presión parcial de CO_2 y el total de componentes del sistema carbonatado presentes en el sistema. El valor de pCO_2 calculado es muy sensible a los valores de pH.

En el **Anexo A4.7** se presentan los valores de presión parcial de CO_2 de todos los pozos y sondeos, donde se observa que las presiones parciales de CO_2 varían de bajas a moderadas, con valores entre 1,25E-5 y 3,4E-2. En general los valores de presión parcial de CO_2 menores corresponden a muestras tomadas en pozos del Barranco de Arguineguín y algunos puntos del macizo de Amurga occidental (barranco de Fataga).

4.5.9. Análisis multivariante

Para el estudio de las relaciones entre las distintas variables fisicoquímicas de las muestras se utilizó el análisis Cluster y el análisis de Componentes Principales (ACP), cuyas características teóricas básicas más importantes se resumen en el **apartado 4.3**. El propósito del análisis de conglomerados (cluster en terminología inglesa) es el de agrupar las observaciones de forma que los datos sean muy homogéneos dentro de los grupos (mínima varianza) y que estos grupos sean lo más heterogéneos posible entre ellos (máxima varianza). De este modo obtenemos una clasificación de los datos multivariante con la que podemos comprender mejor los mismos y la población de la que proceden. El análisis de componentes principales, es una técnica matemática lineal que reduce la dimensionalidad de un conjunto de datos sin que se pierda demasiada información.

Debido a las diferencias químicas entre las aguas de las distintas zonas del área de estudio, su aplicación se ha realizado por separado para el Barranco de Tirajana, Macizo de Amurga y Barranco de Fataga y de Arguineguín por otro lado.

Barranco de Tirajana

Para la aplicación del análisis cluster y de componentes principales se ha contado con un total de 51 muestras, repartidas entre las campañas del 1999 y 2004. Las variables seleccionadas son: sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro, sulfato, bicarbonato y sílice.

La Figura 4.55 presenta el dendograma con los resultados del análisis cluster obtenido mediante la correlación de las variables citadas anteriormente. La Tabla 4.12 presenta la matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster o de conglomerados. Se distingue un conglomerado principal compuesto por los iones magnesio y cloruro (r = 0,97), al que a una distancia mayor se le une el ion calcio (r = 0,88) formando un nuevo conglomerado. A estos tres iones se le une a poca distancia el potasio (r = 0,75) y por último el sulfato y el sílice se unen con unos coeficientes de correlación muy bajos de 0,26 y 0,02 respectivamente. Un segundo conglomerado bien definido serían el sodio y el bicarbonato (r = 0,39), aunque su coeficiente de correlación no es muy bueno. Podríamos definir como un conglomerado bien definido, al grupo magnesio-cloruro-calcio-potasio, por un lado y al grupo sodio-bicarbonato por otro lado. La sílice y el sulfato con coeficientes muy bajos estaría más complicada su definición.

El análisis de componentes principales indica la existencia de tres componentes principales que explican el 86,8 % de la varianza total (I: 48,95%, II: 24,2% y III: 13,65%). La Tabla 4.13 presenta los coeficientes de estructura, donde se observa que las variables con mayor peso sobre la primera componente son el magnesio, cloruro, calcio y potasio, el sílice se podría incluir en esta componente aunque a una distancia mayor; Sobre la segunda componente el sodio y bicarbonato y la tercera componente está asociada a la variable sulfato. La Figura 4.56 presenta las tres componentes en espacio factorial rotado.

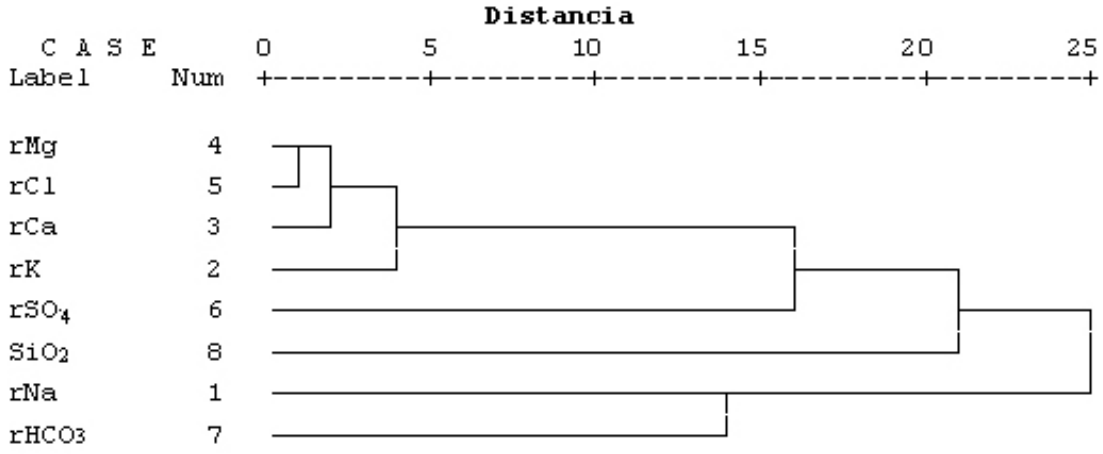


Figura 4.55.- Dendograma de variables del Barranco de Tirajana (r =meq/L) (SiO_2 en mg/L) a partir de la matriz de distancia euclídea.

Tabla 4.12.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del barranco de Tirajana (r = meq/L).

Variable	Archivo matricial de entrada							
	rNa	**rK**	**rCa**	**rMg**	**rCl**	**rSO_4**	**$rHCO_3$**	**SiO_2 (mg/L)**
rNa	1,000	0,388	-0,205	0,002	0,186	0,142	0,394	-0,315
rK	0,388	1,000	0,659	0,771	0,829	0,256	-0,298	0,069
rCa	-0,205	0,659	1,000	0,909	0,844	0,403	-0,538	0,108
rMg	0,002	0,771	0,909	1,000	0,966	0,224	-0,546	0,184
rCl	0,186	0,829	0,844	0,966	1,000	0,155	-0,463	0,154
rSO_4	0,142	0,256	0,403	0,224	0,155	1,000	0,101	-0,394
$rHCO_3$	0,394	-0,298	-0,538	-0,546	-0,463	0,101	1,000	-0,456
SiO_2 (mg/L)	-0,315	0,069	0,108	0,184	0,154	-0,394	-0,456	1,000

El análisis de componente principales (ACP) muestra, al igual que en el análisis cluster, que el magnesio, cloruro, calcio y potasio muestran una estrecha relación, que puede ser debida a la aportación litológica de las rocas ígneas de composición básica, coincidiendo con el tipo de agua de la zona que es clorurada-cálcico-magnésica. Por otro lado la segunda y tercera componente posiblemente estén

relacionadas con el agua de recarga, aunque para corroborarlo se debería analizar el agua de lluvia.

Tabla 4.13.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Barranco de Tirajana. (r = meq/L).

Variable	Componente		
	1	2	3
rCl	0,972	0,083	-0,046
rMg	0,969	-0,114	0,011
rCa	0,888	-0,343	0,222
rK	0,881	0,324	0,024
rNa	0,134	0,945	0,101
$rHCO_3$	-0,551	0,561	0,346
rSO_4	0,261	-0,053	0,863
SiO_2 (mg/L)	0,194	-0,321	-0,765

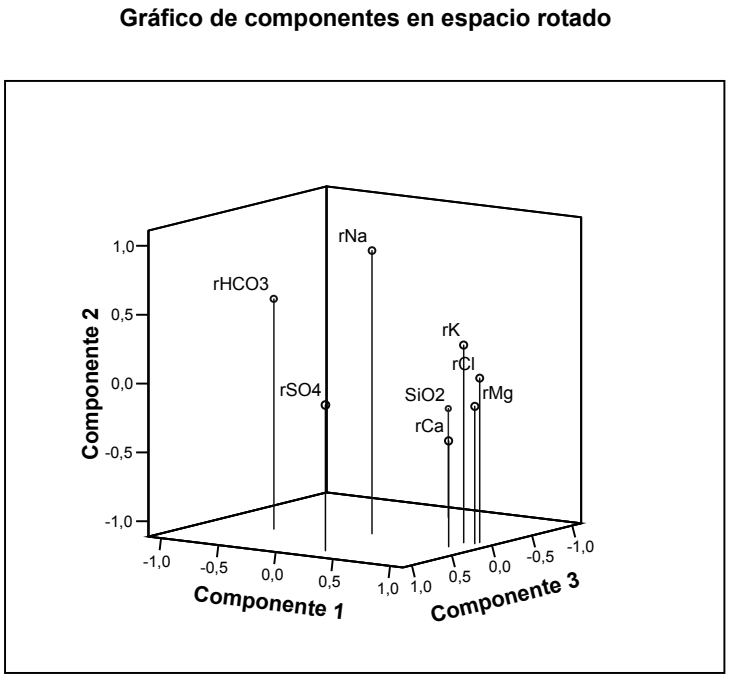


Figura 4.56.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del barranco de Tirajana (r = meq/L).

Macizo de Amurga

Para el estudio de análisis cluster y componentes principales de las muestras del Macizo de Amurga, fue necesario separar la aplicación de estos métodos para los pozos situados en el barranco de Fataga, otra para los pozos situados en el Macizo de Amurga central y otra para los pozos situados en la parte oriental del Macizo de Amurga debido a su diferencia de salinidad. Las variables seleccionadas son las mismas que las seleccionadas para el barranco de Tirajana.

- Macizo de Amurga oriental

Para el análisis cluster y de componentes principales se ha contado con un total de 79 muestras entre las campañas de 1999 y 2004.

En la Figura 4.57 se presenta el dendograma con los resultados del análisis cluster obtenido mediante la correlación de las variables citadas anteriormente. La Tabla 4.14 presenta la matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster o de conglomerados. En el dendograma resultante se presentan dos grupos principales con un nivel de correlación muy bajo (negativo). En el primer grupo está el par sodio-sulfato con un coeficiente de correlación de 0,84, al que se le une el potasio (r = 0,78). Por otro lado, el par calcio y magnesio (r = 0,82) y a una distancia mayor el cloruro (r = 0,76) se unen al primer conglomerado compuesto por el sodio-sulfato-potasio a una distancia mayor, con un coeficiente de 0,53. El segundo grupo está constituido por las variables bicarbonato y sílice con un coeficiente de correlación de 0,48.

El análisis de componentes principales indica la existencia de dos componentes principales que explican el 77,9 % de la varianza total (I: 56,5% y II: 21,4%). La Tabla 4.15 presenta los coeficientes de estructura, donde se observa que las variables con mayor peso sobre la primera componente son el magnesio, calcio, cloruro, y potasio; Y sobre la segunda componente el sulfato y el sodio. El bicarbonato contribuye más sobre la primera componente que sobre las segunda, aunque la contribución es muy pequeña, mientras que el sílice no contribuye sobre ninguna de las dos componentes, se podría considerar una variable independiente.

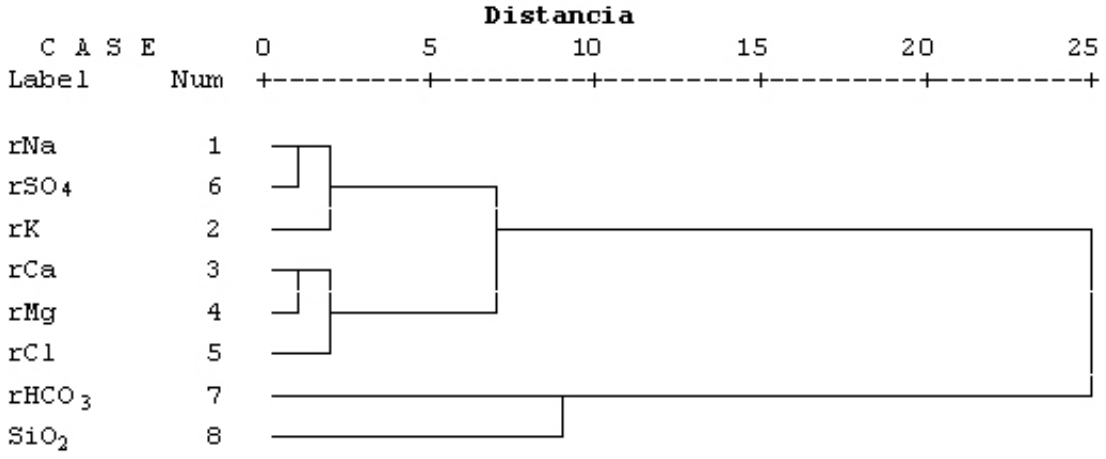


Figura 4.57.- Dendograma de variables del Macizo de Amurga oriental (r = meq/L), (SiO_2 en mg/L) a partir de la matriz de distancia euclídea.

Tabla 4.14.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del Macizo de Amurga oriental (r = meq/L).

Variable	Archivo matricial de entrada							
	rNa	**rK**	**rCa**	**rMg**	**rCl**	**rSO_4**	**$rHCO_3$**	**SiO_2 (mg/L)**
rNa	1,000	0,803	0,340	0,493	0,795	0,835	-0,139	-0,584
rK	0,803	1,000	0,537	0,547	0,753	0,765	-0,187	-0,501
rCa	0,340	0,537	1,000	0,820	0,706	0,299	-0,002	-0,012
rMg	0,493	0,547	0,820	1,000	0,810	0,363	0,026	-0,085
rCl	0,795	0,753	0,706	0,810	1,000	0,658	-0,183	-0,402
rSO_4	0,835	0,765	0,299	0,363	0,658	1,000	-0,329	-0,610
$rHCO_3$	-0,139	-0,187	-0,002	0,026	-0,183	-0,329	1,000	0,481
SiO_2 (mg/L)	-0,584	-0,501	-0,012	-0,085	-0,402	-0,610	0,481	1,000

Tabla 4.15.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Macizo de Amurga oriental. (r = meq/L).

Variable	Componente	
	1	2
rMg	0,930	-0,024
rCa	0,891	-0,099
rCl	0,866	0,393
rK	0,690	0,569
SiO_2 (mg/L)	-0,066	-0,880
rSO_4	0,465	0,771
rNa	0,607	0,665
r HCO_3	0,142	-0,658

La Figura 4.58 presenta las dos componentes en espacio factorial rotado, donde se observa que las variables con más peso sobre la primera componente corresponden al calcio, magnesio, cloruro y potasio; mientras que a la segunda componente se encuentran más próximas las variables el sodio y el sulfato, quedando desplazadas las variables bicarbonato y sílice. La primera componente puede ser debida a la aportación litológica de las rocas ígneas de composición básica y ultrabásica de la zona (Fonolitas), mientras que la segunda componente puede ser debida a los retornos de riego, debido a una componente antropogénica.

- Macizo de Amurga central

Para el análisis cluster y de componentes principales se ha contado con un total de 25 muestras entre las campañas de 2001-02 y 2003-04, ya que para los sondeos situados en esta zona las muestras sólo son de estas campañas.

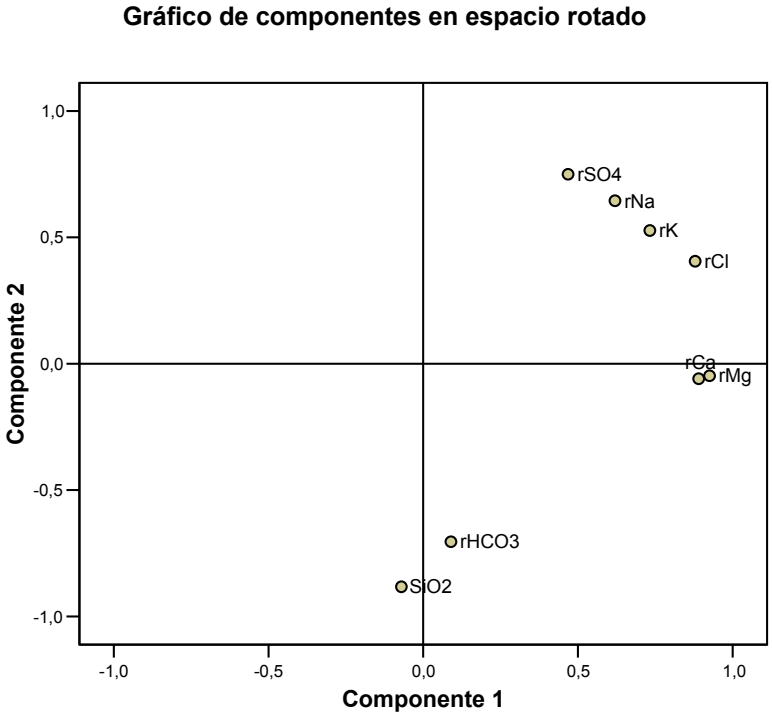


Figura 4.58.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del Macizo de Amurga oriental (r = meq/L).

En la Figura 4.59 se presenta el dendograma con los resultados del análisis cluster obtenido mediante la correlación de las variables estudiadas. La Tabla 4.16 presenta la matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster o de conglomerados. En el dendograma resultante no se ven claramente los grupos principales presentados, pero se puede distinguir un conglomerado principal formado por el sodio y el cloro con un coeficiente de correlación de 0,94, al que se le une a una distancia mayor el potasio (r = 0,86). Otro conglomerado importante es el formado por el calcio y el magnesio, con un coeficiente de 0,88. Este grupo se une al grupo citado anteriormente a una distancia mayor, con un coeficiente de correlación de 0,66. Este grupo está bien definido, a partir de aquí las distancias son mucho mayores con coeficientes muy bajos, difíciles de interpretar. El sulfato se uniría a este grupo principal con un coeficiente de r = 0,53, luego el sílice con un coeficiente de 0,21 y por último el bicarbonato (r = 0,02).

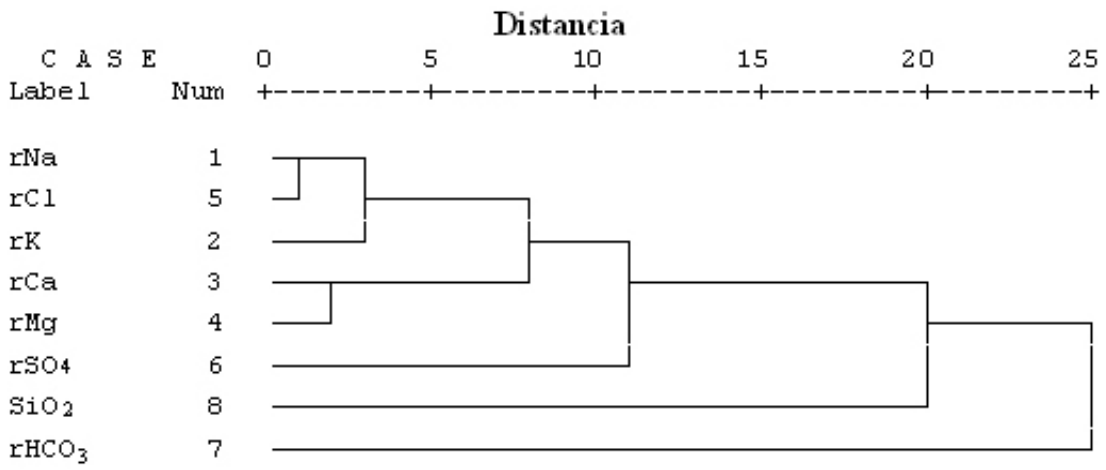


Figura 4.59.- Dendograma de variables del Macizo de Amurga central (r = meq/L), (SiO_2 en mg/L) a partir de la matriz de distancia euclídea.

Tabla 4.16.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del Macizo de Amurga central (r = meq/L).

Variable	Archivo matricial de entrada							
	rNa	**rK**	**rCa**	**rMg**	**rCl**	**rSO_4**	**$rHCO_3$**	**SiO_2 (mg/L)**
rNa	1,000	0,856	0,636	0,486	0,940	0,608	-0,182	0,078
rK	0,856	1,000	0,739	0,580	0,861	0,408	-0,093	0,148
rCa	0,636	0,739	1,000	0,882	0,832	0,478	0,315	0,297
rMg	0,486	0,580	0,882	1,000	0,690	0,595	0,269	0,461
rCl	0,940	0,861	0,832	0,690	1,000	0,582	0,046	0,138
rSO_4	0,608	0,408	0,478	0,595	0,582	1,000	-0,276	0,121
$rHCO_3$	-0,182	-0,093	0,315	0,269	0,046	-0,276	1,000	0,033
SiO_2 (mg/L)	0,078	0,148	0,297	0,461	0,138	0,121	0,033	1,000

El análisis de componentes principales indica la existencia de tres componentes principales que explican el 87 % de la varianza total (I: 56,3%, II: 18,2% y III: 12,6%). La Tabla 4.17 presenta los coeficientes de estructura, donde se observa que las variables con mayor peso sobre la primera componente son el cloruro, el sodio, el potasio, el calcio, el magnesio, y el sulfato; Sobre la segunda componente el sílice y sobre la tercera componente el bicarbonato.

La Figura 4.60 presenta las tres componentes en espacio factorial rotado, donde se observa que las variables con más peso sobre la primera componente son todas las variables excepto el sílice y el bicarbonato. Estas dos variables corresponden a la segunda y tercera componente respectivamente. Se observa que las variables que más influyen en la primera componente son el cloruro, el sodio y el potasio, estos son los iones cuyo origen es esencialmente marino. Las otras dos componentes seguramente provienen de la disolución de la roca circundante, a la aportación litológica de las rocas ígneas, silicatos principalmente.

Tabla 4.17.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Macizo de Amurga central (r = meq/L).

Variable	Componente		
	1	2	3
rCl	0,973	0,079	0,056
rNa	0,934	-0,032	-0,202
rK	0,900	0,041	-0,027
rCa	0,824	0,336	0,369
rMg	0,684	0,586	0,277
rSO_4	0,648	0,275	-0,389
SiO_2 (mg/L)	0,024	0,939	-0,013
$rHCO_3$	-0,018	0,052	0,965

- Barranco de Fataga (Amurga occidental)

Para el análisis cluster y de componentes principales se ha contado con un total de 17 muestras entre las campañas de 2001-02 y 2003-04, en este caso los muestreos también son solamente de estos años.

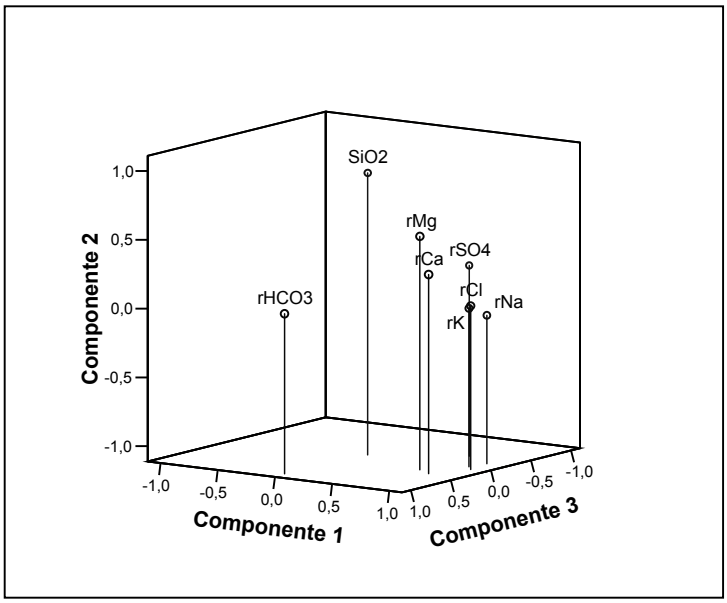


Figura 4.60.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del Macizo de Amurga Central (r = meq/L).

En la Figura 4.61 se presenta el dendograma con los resultados del análisis cluster obtenido mediante la correlación de las variables estudiadas. La Tabla 4.18 presenta la matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster o de conglomerados. En el dendograma resultante se presentan dos grupos principales con un bajo nivel de correlación. En el primer grupo está el par calcio-magnesio con un coeficiente de correlación de 0,96, al que se le une el cloruro (r = 0,94), a una distancia mayor (r = 0,87) se les une el sulfato; y por último, el potasio se une con un coeficiente de correlación de 0,66. El segundo grupo está constituido por el grupo sodio-bicarbonato (r = 0,46) al que se le une el sílice con un coeficiente de correlación de 0,21.

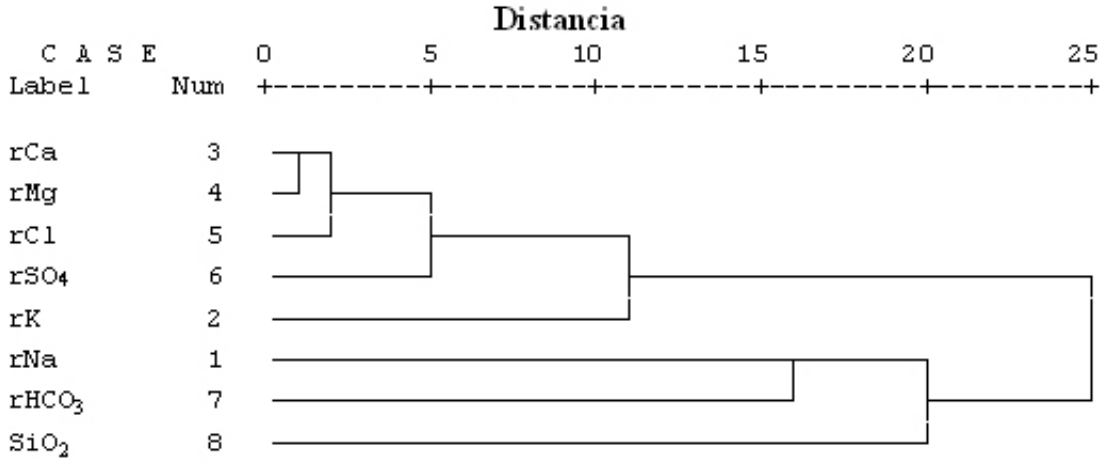


Figura 4.61.- Dendograma de variables del Barranco de Fataga a partir de la matriz de distancia euclídea (SiO_2 en mg/L; r = meq/L)

Tabla 4.18.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del Barranco de Fataga (r = meq/L).

Variable	Archivo matricial de entrada							
	rNa	**rK**	**rCa**	**rMg**	**rCl**	**rSO_4**	**$rHCO_3$**	**SiO_2 (mg/L)**
rNa	1,000	0,174	0,013	0,050	0,289	0,489	0,459	0,100
rK	0,174	1,000	0,619	0,724	0,671	0,644	-0,309	0,150
rCa	0,013	0,619	1,000	0,958	0,931	0,831	-0,809	-0,308
rMg	0,050	0,724	0,958	1,000	0,941	0,835	-0,723	-0,254
rCl	0,289	0,671	0,931	0,941	1,000	0,932	-0,622	-0,323
rSO_4	0,489	0,644	0,831	0,835	0,932	1,000	-0,443	-0,055
$rHCO_3$	0,459	-0,309	-0,809	-0,723	-0,622	-0,443	1,000	0,328
SiO_2 (mg/L)	0,100	0,150	-0,308	-0,254	-0,323	-0,055	0,328	1,000

El análisis de componentes principales indica la existencia de dos componentes principales que explican el 81 % de la varianza total (I: 60% y II: 21%). La Tabla 4.19 presenta los coeficientes de estructura, donde se observa que, al igual que con el análisis cluster, las variables con mayor peso sobre la

primera componente son el cloruro, el sulfato, el magnesio, el calcio y el potasio; Y sobre la segunda componente son el sodio, el bicarbonato y la sílice.

La Figura 4.62 presenta las dos componentes en espacio factorial rotado, donde se observan los dos grupos bien definidos. El sodio, sílice y bicarbonato están situados en la zona de la segunda componente y el cloro, sulfato, calcio, magnesio y potasio en la primera componente. Se puede deducir que el origen del grupo de iones formado por la primera componente no es marino, sino que puede ser debida a la aportación litológica de las rocas ígneas de composición básica y ultrabásica de la zona. Ya que el mayor o menor grado de correlación de cada ion con el cloruro indica la mayor o menor influencia del ion de origen marino de las muestras, y en este caso sólo los iones calcio, magnesio y sulfato tienen un elevado grado de correlación.

Tabla 4.19.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Barranco de Fataga (r = meq/L)

Variable	Componente	
	1	2
rCl	0,972	-0,156
rSO_4	0,961	0,127
rMg	0,930	-0,311
rCa	0,903	-0,397
rK	0,779	0,114
rNa	0,367	0,810
$rHCO_3$	-0,539	0,777
SiO_2 (mg/L)	-0,129	0,562

Barranco de Arguineguín

Para la aplicación del análisis cluster y de componentes principales se ha contado con un total de 43 muestras, entre las campañas del 1999 y 2004. Las

variables seleccionadas son: sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro, sulfato, bicarbonato y sílice.

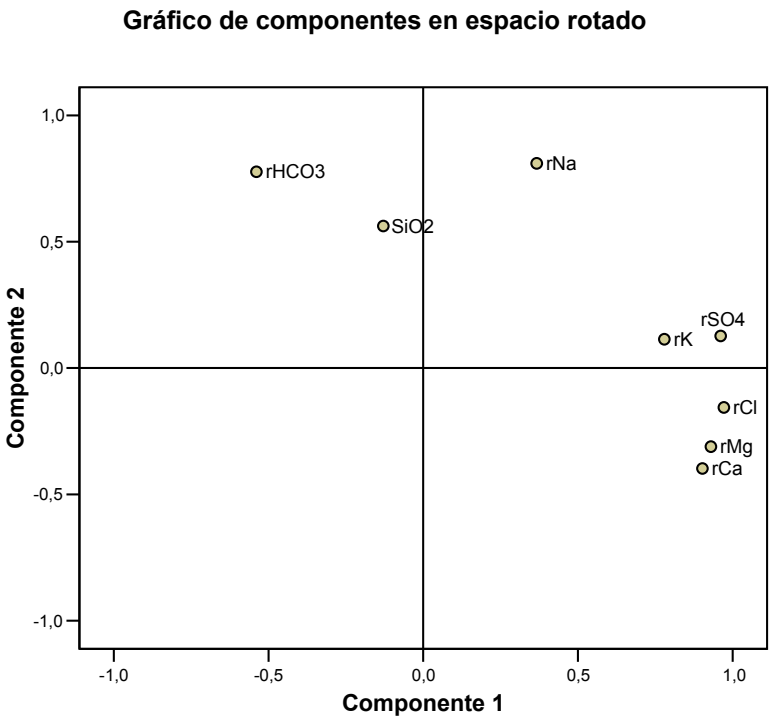


Figura 4.62.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del Barranco de Fataga (r = meq/L).

En la Figura 4.63 se presenta el dendograma con los resultados del análisis cluster obtenido mediante la correlación de las variables citadas anteriormente. La Tabla 4.20 presenta la matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster o de conglomerados. En el dendograma resultante se presentan dos grupos principales a una distancia bastante grande. En el primer grupo está el par sodio-cloruro con un coeficiente de correlación de 0,86. Por otro lado tenemos el par potasio y sulfato con un coeficiente de correlación bastante más pequeño de 0,46. Y estos dos conglomerados se unen a una distancia grande con un coeficiente de r = 0,29. El segundo grupo está constituido por las variables bicarbonato y sílice con un coeficiente de correlación de 0,65.Otro par por el que está formado es el calcio y el magnesio con un coeficiente de correlación de 0,54 y estos dos conglomerados se unen a una distancia mayor, con un coeficiente de correlación de 0,26.

Al realizar el análisis cluster podemos deducir que el origen de los de iones del primer grupo no es marino, debido a que el grado de correlación que tienen los iones con el cloruro es muy bajo. El origen podría ser debido a la aportación litológica de las rocas ígneas situadas en esta zona de estudio. De todas formas, necesitamos el análisis de componentes principales para aclararlo, ya que en este caso los coeficientes de correlación son muy bajos en todos los casos.

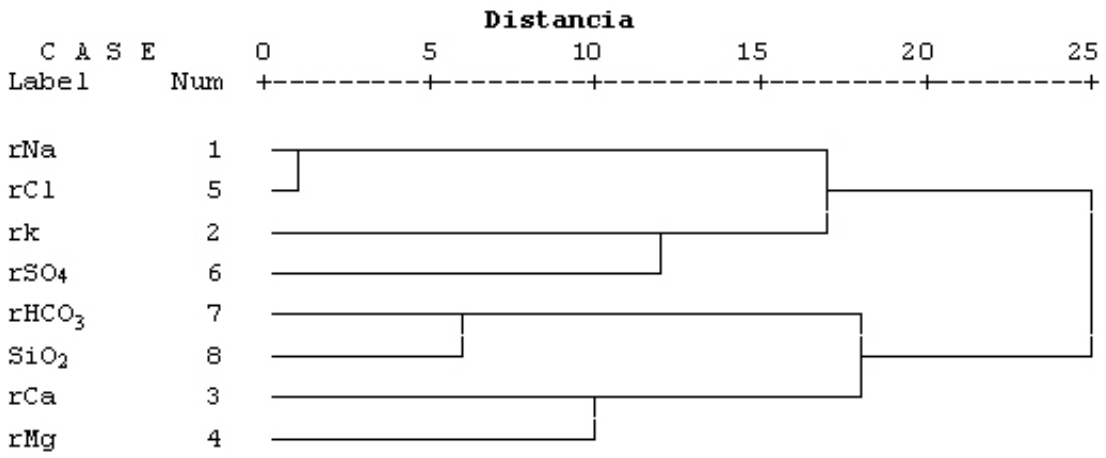


Figura 4.63.- Dendograma de variables del Barranco de Arguineguín a partir de la matriz de distancia euclídea (SiO_2 en mg/L; r = meq/L)

El análisis de componentes principales indica la existencia de tres componentes principales que explican el 82 % de la varianza total (I: 37,3%, II: 30,3% y III: 14,4%). La Tabla 4.21 presenta los coeficientes de estructura, donde se observa que las variables con mayor peso sobre la primera componente son el bicarbonato y el sílice; Sobre la segunda componente las variables con mayor peso son el potasio y el sulfato; Y sobre la tercera componente son el calcio y el magnesio (Figura 4.64). Se observa que, a diferencia del análisis cluster, el cloruro y el sodio contribuyen muy poco sobre las componentes. El cloruro tiene más peso sobre la tercera componente y el sodio sobre la segunda, aunque no influyen mucho sobre ninguna de las componentes. Se podría deducir que el origen del grupo de iones no es marino.

Tabla 4.20.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del Barranco de Arguineguín (r = meq/L).

Variable	Archivo matricial de entrada							
	rNa	**rK**	**rCa**	**rMg**	**rCl**	**rSO_4**	**$rHCO_3$**	**SiO_2 (mg/L)**
rNa	1,000	0,231	0,118	-0,141	0,857	0,392	-0,578	-0,434
rK	0,231	1,000	0,015	0,381	0,154	0,458	0,233	0,345
rCa	0,118	0,015	1,000	0,535	0,495	0,259	-0,003	-0,004
rMg	-0,141	0,381	0,535	1,000	0,121	0,270	0,454	0,573
rCl	0,857	0,154	0,495	0,121	1,000	0,393	-0,601	-0,320
rSO_4	0,392	0,458	0,259	0,270	0,393	1,000	-0,176	0,052
$rHCO_3$	-0,578	0,233	-0,003	0,454	-0,601	-0,176	1,000	0,654
SiO_2 (mg/L)	-0,434	0,345	-0,004	0,573	-0,320	0,052	0,654	1,000

Tabla 4.21.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Barranco de Arguineguín. (r = meq/L)

Variable	Componente		
	1	**2**	**3**
$rHCO_3$	0,893	0,062	0,077
rNa	-0,802	0,451	0,079
SiO_2 (mg/L)	0,792	0,327	0,151
rCl	-0,751	0,339	0,481
rK	0,189	0,891	-0,018
rSO_4	-0,223	0,730	0,221
rCa	-0,114	-0,012	0,947
rMg	0,471	0,359	0,719

Gráfico de componentes en espacio rotado

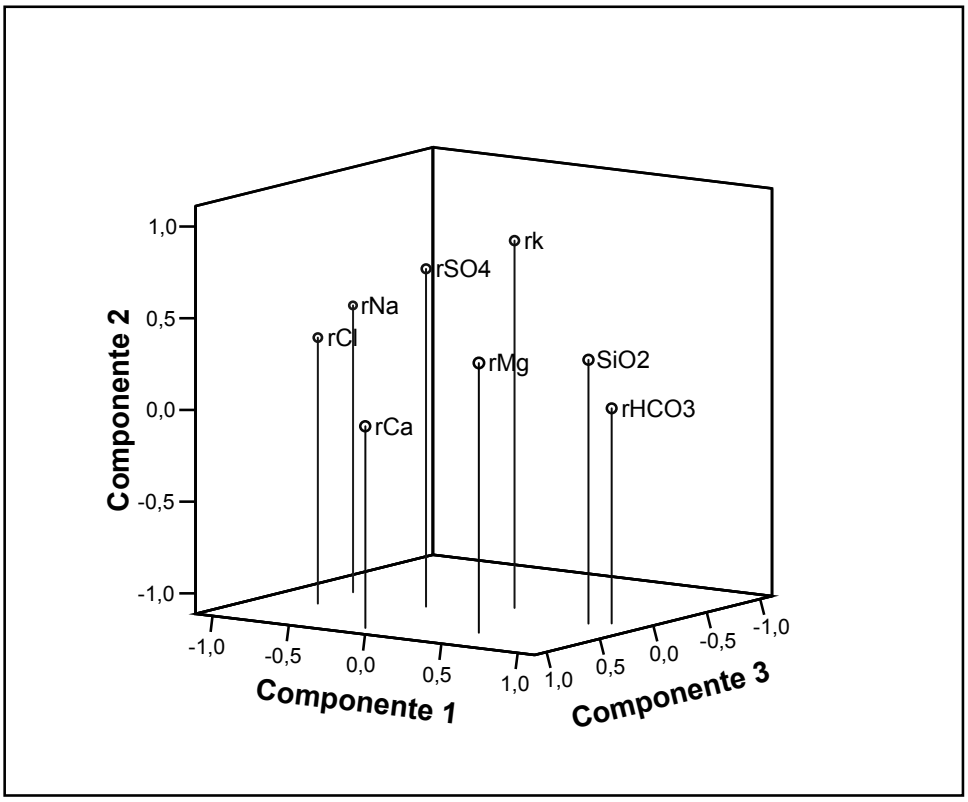


Figura 4.64.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del Barranco de Arguineguín (r = meq/L).

5. COMPUESTOS ORGÁNICOS

5.1. Introducción

El control analítico, tanto del agua superficial como subterránea es una operación necesaria, que se ha extendido debido a la exigencia tanto de la normativa vigente, como de la demanda social **[69]**. El establecimiento de la calidad química del agua se basa en su comparación con indicadores comunes, de acuerdos con los requerimientos de uso de dicha agua. Sin embargo cuando se trata de gestionar un acuífero, o en su caso una masa de agua subterránea, de forma sostenible es necesario tener en cuenta otras consideraciones, como es la tendencia en la evolución de la calidad del agua y en caso necesario tomar medidas para frenar dicha tendencia e incluso invertirla. Para ello es necesario tener la referencia de la calidad inicial o natural, que constituye el objetivo a alcanzar. De la misma forma ante un acuífero contaminado las medidas a adoptar tendrán como objetivo el recuperar dicha calidad de referencia o calidad de base. Así pues el establecer la línea de base o de referencia de la calidad natural de las aguas subterráneas, es un elemento estratégico fundamental para la gestión sostenible de los acuíferos **[70]**. Esta estrategia es la adoptada por la Unión Europea en su directiva sobre política del agua, **[71]** y desarrollada en la Comisión Europea **[72].**

Controlar la calidad de las aguas subterráneas es más caro y difícil que hacerlo con las superficiales. En España existen más de 11 000 puntos de análisis y en 6000 de ellos hay controles periódicos de la calidad **[73]**. Los principales problemas de los acuíferos son de contaminación difusa. Principalmente por contaminación con nitratos y por invasión de agua salada. Además un problema importante, también es la contaminación por compuestos orgánicos debido tanto a las actividades agrícolas (pesticidas), como a las actividades industriales (HAPs, etc.). Las contaminaciones puntuales no son un grave problema, exceptuando algunas zonas muy concretas en núcleos industriales o junto a grandes poblaciones.

Los plaguicidas se pueden definir como sustancias que sirven para combatir los parásitos de los cultivos, del ganado, de los animales domésticos y del hombre y su ambiente **[74]**.

El uso generalizado de los plaguicidas en la agricultura, así como en la industria, caminos, carreteras, vías férreas y en uso doméstico, puede llegar a producir un empobrecimiento de la biodiversidad, contaminar las aguas subterráneas y superficiales y amenazar la salud humana, tanto por exposición directa como a través de sus residuos en alimentos o en aguas potables.

Atendiendo a su movilidad, la contaminación por plaguicidas puede tener lugar en el aire, suelo, agua y biosfera **[75]**. La contaminación en y a través del **aire** tiene importancia especial cuando se trata de aplicaciones por medios aéreos, afectando no sólo a los operarios, sino que los tratamientos extensivos por avión pueden incidir tanto en la salud humana como en la fitotoxicidad a cultivos, y en buena extensión a la fauna ornitológica al ser sometida a nubes contaminantes que reducen en buena parte sus posibilidades de supervivencia. Además, las partículas más livianas pueden ser arrastradas a zonas lejanas del punto de tratamiento, lo que explica la presencia de residuos de insecticidas en zonas que nunca fueron tratadas. Tal es el caso de los compuestos organoclorados (OCs) o de algunos bifenilos policlorados (PCBs), los cuales han sido detectados en la fauna de zonas subantárticas **[76]**.

Por lo que respecta a la contaminación en el **suelo**, se debe tanto a tratamientos específicos (insecticidas del suelo, desinfectantes, tratamientos de surco o de semillas, y de modo especial herbicidas de pre-siembra y pre-emergencia), como también por contaminación proveniente de otros tratamientos, como los aéreos, cuando los residuos volátiles caen al suelo o son arrastrados por la lluvia. Muchos plaguicidas (la mayoría de ellos herbicidas polares, derivados fosfóricos y carbámicos, etc.) se degradan rápidamente en el suelo y sus residuos desaparecen en un corto plazo de tiempo. Sin embargo, la aplicación de derivados clorados de difícil eliminación lleva consigo una elevada persistencia en el medio ambiente. Debido a estos riesgos, las legislaciones de muchos países actuales consideran que el uso de tales derivados clorados está prohibido o sujeto a restricciones.

El **agua** es una vía muy importante a través de la cual los plaguicidas se extienden por el medio ambiente, bien por el uso de plaguicidas destinados a la higiene pública (por ejemplo la lucha contra larvas de mosquitos en charcas y aguas estancadas), o indirectamente por la movilización de contaminaciones de

aire y suelos (por ejemplo, arrastres por agua de lluvia). De este modo, el plaguicida disuelto en el agua puede ser desplazado horizontalmente, por escorrentía superficial, o verticalmente a través de la zona no saturada (lixiviación) pudiendo alcanzar el agua subterránea; durante su paso a través del suelo, el plaguicida puede quedar adsorbido, y/o sufrir transformaciones químicas o microbianas (dependiendo de la reactividad intrínseca de sus grupos funcionales), así como degradación, proceso que reduce o elimina la presencia del plaguicida en el medio ambiente.

La preocupación por los efectos nocivos derivados de la utilización de plaguicidas en las actividades agrícolas es una constante de nuestra sociedad actual. Como ya es conocido, la isla de Gran Canaria tiene una gran tradición en cultivos intensivos, con lo que el consumo de estos productos de síntesis es muy elevado. Además, el número de plaguicidas usados en la actualidad es muy alto y su composición química muy variada, con lo que los efectos tóxicos y los problemas ambientales derivados de su amplia utilización en la agricultura son complejos y muy variados.

En el estudio del comportamiento de los plaguicidas en el compartimento biótico se pueden distinguir tres procesos diferenciados: *bioconcentración*, *bioacumulación* y *biomagnificación*. La **bioconcentración** es el proceso por el que un compuesto entra en un organismo acuático directamente desde el agua a través de las agallas o de los tejidos epiteliales; la **bioacumulación** incluye tanto la bioconcentración como los procesos de entrada de residuos químicos a través de la comida; mientras que la **biomagnificación** hace referencia a la totalidad de procesos por los cuales la concentración tisular de un compuesto químico bioacumulado se incrementa a medida que este material pasa a través de dos o más nivel tróficos.

La Unión Europea ha propuesto una lista de los productos considerados más peligrosos para el Medio Ambiente popularmente conocida como **Lista Negra**, formada por 39 plaguicidas (76/464/EEC) **[77, 78]**. De todos los plaguicidas que la forman (Tabla 5.1), 19 de ellos pertenecen a la familia de los organofosforados (OPs), 8 son plaguicidas organoclorados (OCs), 2 triazinas, 2 fenilureas y 5 fenoxiácidos. Si bien *clorpirifos* no está incluido en esta Lista Negra, cabe destacarlo porque, junto con *dimetoato* son dos de los plaguicidas organofosforados más utilizados en Europa en los últimos tiempos.

Según datos de la UNEP (United Nations Environment Programme Chemicals), y en relación a los **contaminantes orgánicos persistentes** (POPs, Persistent Organic Pollutants), la Tabla 5.2 muestra la producción y el uso permitido de algunos compuestos organoclorados que se encuentran en proceso de eliminación, según datos de la Conferencia de Plenipotenciarios para el Convenio de Estocolmo sobre POPs **[79]**.

Tabla 5.1.- Plaguicidas listados en la Directiva 76/464/ECC de la Contaminación causada por ciertas sustancias peligrosas descargadas en el medio acuático de la comunidad **[77, 78]**. En negrita los plaguicidas estudiados en el presente trabajo.

Aldrin	Disulfonton	Monolinuron
Atrazina	**Endosulfan**	Omeotato
Azinfos etil	**Endrin**	Oxidemeton/metil
Azinfos metil	Fenitrotion	**Paration etil**
Clordane	Fention	**Paration metil**
Coumafos	**Heptaclor**	Phoxim
2,4-D	HCB	Propanilo
DDT	Linuron	Pirazona
Demeton	**Malation**	Simazina
Diclorpop	MCPA	2,4,5,-T
Diclorvos	Mecropop	Triazofos
Dieldrin	Metamidofos	Troclorfon
Dimetoato	Mevinfos	Trilufalina

Tabla 5.2.- Producción y uso permitido para algunos plaguicidas OCs en proceso de eliminación según datos de la Conferencia del Convenio de Estocolmo [80].

Plaguicidas	Producción	Uso
Aldrin	Ninguna	Ectoparasiticida local Insecticida
Clordano	Sólo la permitida	Ectoparasiticida local Insecticida Termicida en edificios y presas Termicida en carreteras Aditivo para adhesivos de contrachapado
DDT*	Finalidad aceptable: Uso en la lucha contra los vectores de algunas enfermedades. Exención específica: Intermediario en la producción de dicofol. Intermediario.	Finalidad aceptable: Uso en la lucha contra los vectores de algunas enfermedades. Exención específica: Producción de dicofol. Intermediario.
Dieldrin	Ninguna	En actividades agrícolas
Endrin	Ninguna	Ninguno
Heptaclor	Ninguna	Termicida Termicida en estructuras de casas Termicida subterráneo Tratamiento de la madera Cajas de cableado subterráneo
HCB	Sólo la permitida	Intermediario Solvente en plaguicidas Intermediario en un sistema cerrado limitado a un emplazamiento.
Mirex	Sólo la permitida	Termicida
PCBs	Ninguna	Fabricación de transformadores Plaguicidas
Toxafeno	Ninguna	Ninguno

Producto en restricción.

Como puede observarse en la Tabla 5.2, de la lista de los 10 compuestos orgánicos persistentes (POPs), solamente el uso de *endrin* y *toxafeno* está totalmente prohibido. La Conferencia permite el uso de los plaguicidas (*HCB* y *DDT*) como intermediarios para la producción de otro material considerado como no POP, puesto que no se espera que cantidades significativas del producto químico lleguen a las personas y al medio ambiente durante la producción y uso en un sistema cerrado y limitado a un emplazamiento. Por otra parte, el uso de DDT es el único sujeto a restricción, de manera que cada parte que produzca y/o utilice DDT registrará esa producción y/o utilización para el control de vectores de enfermedades (por ejemplo la malaria), de conformidad con las recomendaciones y directrices de la **OMS** (Organización Mundial de la Salud) sobre la utilización de DDT, y producirá y/o utilizará DDT cuando no disponga de alternativas locales seguras, eficaces y asequibles.

Este capítulo presenta la caracterización orgánica de las aguas subterráneas del área de estudio, haciendo un estudio de pesticidas Organoclorados, PCBs, pesticidas Organofosforados y HAPs.

Para el estudio de los compuestos orgánicos se ha utilizado un *Cromatógrafo de de Gases-Masas Varian CP-3800*, que permite la identificación de múltiples compuestos orgánicos en diferentes fases (sólida, líquida y gaseosa). En sí no se diferencia de otro cromatógrafo de gases, ya que desde el punto de vista técnico consta de los mismos componentes, destacándose este por el sistema de detección que posee, un detector masas/masas.

5.2. Evaluación de la exposición a compuestos orgánicos persistentes

Las aguas subterráneas son una de las principales fuentes de suministro para uso doméstico y para el riego en muchas partes de España y del mundo. En España alrededor de la tercera parte del agua que se usa en las ciudades y la industria y la cuarta parte de la que se usa en agricultura son aguas subterráneas. En muchos lugares en los que las precipitaciones son escasas e irregulares pero el clima es muy apto para la agricultura son un recurso vital y una gran fuente de riqueza, ya que permiten cultivar, productos muy apreciados en los mercados internacionales **[80-82]**.

En este apartado se van a estudiar los contaminantes orgánicos persistentes. Estos contaminantes son mezclas y compuestos químicos a base de carbono, que incluyen compuestos químicos industriales como los plaguicidas y HAPs **[83]**. Estos compuestos orgánicos liberados al medio ambiente pueden viajar a través del aire y el agua hacia regiones muy distantes de su fuente original. Pueden concentrarse en los organismos vivos aún en regiones alejadas de donde son usados o emitidos. La actividad en la que el consumo de plaguicidas es mayor es la **agricultura**. Las cosechas se ven afectadas por una gran diversidad de plagas así como por la competencia de las malas hierbas. Además, la introducción por el agricultor de especies nuevas más productivas genera desequilibrios ecológicos que tienen como consecuencia la proliferación de plagas debidas a la desaparición de los predadores naturales. El *sector agrícola* es considerado como el grupo poblacional con más alto riesgo de exposición a estos contaminantes tóxicos, como consecuencia de la elevada importancia que ha ido adquiriendo en los países desarrollados el uso de insecticidas, fungicidas, molusquicidas, bactericidas, herbicidas y fumigantes.

Pero no solamente el sector agrícola se encuentra expuesto a plaguicidas, diferentes grupos y sectores de la población en general también están expuestos a ellos, aunque en distinto grado. Uno de los riesgos para la *población general* es la exposición a largo plazo provocada por la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos como consecuencia de los tratamientos fitosanitarios, así como por los contaminantes ambientales. Debe tenerse en cuenta que todos los plaguicidas, como biocidas que son, tienen una cierta toxicidad y, por tanto, sus residuos en los productos vegetales tratados pueden suponer un riesgo para la salud de los consumidores si superan unos determinados límites. Debido a esto, se debe respetar el período de seguridad para la recolección: tiempo que debe transcurrir entre el tratamiento fitosanitario y la recolección de los productos a consumir **[84]**.

El grupo poblacional constituido por *manipuladores de plaguicidas,* en cualquier punto de su ciclo productivo y durante su uso agrícola, sufre una importante exposición a largo plazo, si no se toman las medidas de protección adecuadas. En este apartado se incluyen los trabajadores de la industria que manufactura estos productos, los aplicadores de plaguicidas, los trabajadores agrícolas y los ganaderos que también utilizan insecticidas para combatir los parásitos del ganado. Además de la exposición en el momento de la aplicación, es necesario

considerar el período de reentrada, que es el tiempo que ha de transcurrir entre la aplicación y la reentrada a zonas tratadas, aunque se desconocen o no se aplican estos períodos en muchos casos **[84]**.

5.2.1. Toxicología humana

Prácticamente todos los plaguicidas son tóxicos para los mamíferos, en mayor o menor grado; por ello, su manejo acarrea unos riesgos de intoxicación que deben ser tenidos en cuenta, especialmente en las personas que los manipulan y los aplican.

Los efectos de los plaguicidas en el hombre, es decir, el cuadro toxicológico que provocan, no dependen solamente de la clase y dosis del tóxico y de la forma de las exposiciones, sino también de la naturaleza de los coadyuvantes (p.e. disolventes). Es muy importante la sensibilidad particular del individuo; las mujeres son, generalmente, más sensibles que los hombres. Por otra parte, los niños, las mujeres gestantes, los ancianos y los enfermos con rutas metabólicas alteradas, son especialmente sensibles a la actividad tóxica de los plaguicidas **[85]**.

La toxicidad de los plaguicidas presenta distintos aspectos según su trascendencia. Por lo que a sus efectos más inmediatos se refiere, se consideran tres clases de toxicidad, cuya determinación previa mediante estudios de experimentación animal es hoy día obligada, cada vez que un nuevo producto se presenta en el mercado:

1. Toxicidad oral aguda. Se refiere a la ingestión “de una sola vez” de un producto tóxico y se expresa en términos “dosis letal media” LD-50 que significa *la cantidad de tóxico que es necesario ingerir de una sola vez para producir la muerte del 50% de los animales en ensayo* **[75]**. Esta dosis suele expresarse en miligramos de plaguicida por kilogramo de peso del animal ensayado. En este tipo de ensayo el *efecto punto final* que se mide es la muerte del animal.

La LD-50 oral aguda da una idea de la toxicidad relativa de los plaguicidas y extrapolando más o menos razonablemente estos resultados puede deducirse una LD-50 teórica para los seres humanos, aunque la extrapolación sea puramente orientativa puesto que suele variar de una especie a otra.

2. Toxicidad subaguda. Se refiere a exposiciones repetidas durante un mes o menos. Aquí el efecto que se toma en consideración no es la muerte del animal. Puesto que las dosis administradas son más bajas que en la exposición aguda, los efectos son también menos extremos y se registran todas las alteraciones producidas en todos los tejidos y fluidos corporales. Este tipo de experimentación permite obtener el llamado NOAEL (No Observable Adverse Effect Level), la dosis máxima a la que ninguno de los animales muestra efectos tóxicos, que es una medida cuantitativa de la toxicidad de un compuesto, y también presenta una amplia variabilidad con respecto a la especie ensayada. Teóricamente, el NOAEL hallado experimentalmente en animales permite obtener una estimación de los niveles a los que el agente ensayado será tóxico para el hombre.

3. Toxicidad dérmica. Se refiere a los riesgos tóxicos debidos al contacto y absorción del plaguicida por la piel. Al igual que la anterior se expresa en términos de LD-50 y en miligramos/kilo peso. Estos ensayos se efectúan por aplicación del producto sobre la piel afeitada del animal de ensayo.

4. Toxicidad crónica. Está provocada por la acción prolongada e inadvertida de dosis pequeñas, pero ineficaces en toma única del producto. Se expresa como partes por millón de tóxico presente en la dieta alimenticia, durante los días que se especifiquen (siempre en un periodo largo de tiempo), y que produce los efectos que se señalen. Se establece incorporando el producto estudiado a la dieta de varios lotes de animales, en una proporción determinada; después se observan los efectos producidos (mortandad, alteraciones metabólicas o en el desarrollo, etc.) en espacios de tiempo determinados. Un ensayo de este tipo es el que permite evaluar la carcinogenicidad de los agentes químicos frente a los animales estudiados.

Aparte de estas toxicidades que deben considerarse básicas, hay que tener en cuenta otros riesgos como son las reacciones inesperadas de hipersensibilidad o alergia, cuya intensidad no depende de la dosis del producto estudiado y, cuyos síntomas, no son específicos, es decir, son diferentes del cuadro sintomático del producto causante. También en caso de manejo negligente o uso impropio, son frecuentes los síntomas de intoxicaciones por inhalación o por penetración en piel, boca u ojos. Asimismo, también hay estudios que relacionan a los plaguicidas con la neurotoxicidad, mutagénesis, carcinogenia y reproducción.

La Industria, comercio y empleo de los plaguicidas está regulado en España por la "Reglamentación Técnico-Sanitaria" que clasifica, según la peligrosidad para las personas, a los diversos productos autorizados en:

a) de baja peligrosidad (antiguamente categoría A)
b) nocivos (antiguamente categoría B)
c) tóxicos (antiguamente categoría C)
d) muy tóxicos (antiguamente categoría D)

La Tabla 5.3 muestra los valores de la LD-50 aguda en mg/Kg peso de los plaguicidas según su grado de peligrosidad **[86]**. Estas toxicidades están referidas siempre al producto formulado.

Tabla 5.3.- Clasificación y valores de LD-50 (mg Kg^{-1}) de los plaguicidas según grado de peligrosidad aguda

	POR VÍA ORAL		**POR VÍA DÉRMICA**	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Muy tóxicos	<5	<25	<10	<50
Tóxicos	5-50	25-200	10-100	50-400
Nocivos	50-500	200-2000	100-1000	400-4000
Baja peligrosidad	>500	>2000	>1000	>4000

El proceso de inducción de cáncer en mamíferos producidos por los compuestos orgánicos, involucra un grupo de enzimas que son capaces de convertir los compuestos xenobióticos lipofílicos (incluidos los HAPs) en productos solubles en agua. Estas enzimas son las "Mixes Function Oxidasas" (MFO) que pertenecen al grupo citocromo P450. Este sistema enzimático es estimulado dentro de un organismo por exposición a compuestos lipofílicos persistentes. Exposiciones repetidas a estos compuestos dan como resultado la inducción de cantidades incrementadas de esas enzimas. La capacidad de inducción de esas enzimas depende de cada organismo. Los mamíferos, por ejemplo tienen una gran capacidad inductiva, y como resultado una buena capacidad de degradación de

compuestos lipofílicos persistentes. Otros, sin embargo, como los peces, tienen una capacidad muy limitada de inducción de MFO, y por tanto una capacidad limitada de degradación.

El proceso de transformación de compuesto lipofílico a soluble en agua supone la inserción de un átomo de oxígeno en la estructura del compuesto en forma de epóxido, con la consiguiente hidrólisis que lo transforma en didriol epóxido. Esta es la forma en que los compuestos orgánicos son capaces de unirse a zonas de moléculas como ADN o hemoglobina, y tienen la capacidad de causar un tumor. Aunque hay que tener en cuenta, que esta reacción puede llevar más o menos tiempo, y que es un mecanismo que no se conoce en profundidad.

5.3. Metodología Analítica para la determinación de los compuestos orgánicos persistentes en aguas subterráneas.

La elevada toxicidad de los compuestos orgánicos presentes en el medio ambiente obliga a disponer de métodos analíticos fiables, rápidos, económicos y suficientemente sensibles que permitan el control de los compuestos tóxicos en diversos tipos de muestras, sobre todo en muestras biológicas de origen humano. La Química Analítica frente al análisis de residuos de plaguicidas tiene ante sí un reto importante, ya que existe una fuerte demanda social exigiendo el control de todo tipo de contaminantes en el medio ambiente. Por otro lado, sólo es posible establecer legislaciones restrictivas sobre niveles de contaminantes cuando existan métodos adecuados para su análisis. En la Tabla 5.4 se presentan los límites establecidos por el RD-140/2003 **[69]**, para algunos de los compuestos orgánicos persistentes objeto de estudio.

En el **análisis ambiental** están bien definidos los métodos de toma de muestras, de análisis, los parámetros y sus límites máximos permitidos. Generalmente, la determinación de plaguicidas en agua no se puede realizar de forma directa en la muestra, excepto en la microextracción en fase sólida (SPME), sino que son necesarias una serie de etapas previas que constituyen el proceso analítico:

1. Toma de muestra: almacenamiento y conservación

2. Preparación de la muestra (etapa de extracción y separación, etapa de purificación y etapa de pre-concentración)

3. Determinación instrumental.

Tabla 5.4.- Límites establecidos por el RD-140/2003 [70] para algunos de los compuestos orgánicos objeto de estudio.

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
Benzo(a)pireno	0,010 µg/L	
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,10 µg/L	Suma de: Benzo(b)Fluoranteno Benzo(ghi)Perileno Benzo(k)Fluoranteno Indeno(1,2,3-c,d)Pireno
Total Plaguicidas	0,50 µg/L	Suma de: insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, acaricidas, alguicidas, rodenticidas, molusquicidas orgánicos, metabolitos, productos de degradación o reacción y los productos relacionados como los reguladores de crecimiento
Plaguicida individual	0,10 µg/L	Excepto: Aldrín → 0,03 µg/L Dieldrin → 0,03 µg/L Heptacloro → 0,03µg/L Heptacloro epóxido → 0,03 µg/L

5.3.1. Toma de muestras

La toma de las muestras es una operación delicada, que condiciona tanto los resultados analíticos, como su interpretación posterior. El objetivo principal de la toma de las muestras es la obtención de una porción de material, cuyo volumen sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio, sin que por ello, deje de representar con exactitud al material de donde procede. Este objetivo implica que las muestras sean tratadas de forma que no se produzcan alteraciones significativas en su composición, antes de que se realicen los análisis correspondientes **[43]**.

Existen una serie de precauciones básicas para la toma de muestras, entre las que se encuentra la de lavar el envase dos o tres veces con el agua que se va a recoger antes de llenarlo con la muestra, a menos que dicho recipiente contenga un conservante o un declorante. Además, para el análisis de compuestos orgánicos debe llenarse el envase por completo **[87]**.

Otro aspecto de vital importancia, es el tipo de envase que se debe usar en la toma de muestras. En general, los recipientes son de plástico ó vidrio, y según los parámetros que se determinen, puede resultar preferible uno u otro de estos materiales (Tabla 5.5). En cualquier caso, los recipientes usados deben asegurar, una vez tapados, la estabilidad de la muestra y su protección ante cualquier tipo de contaminación **[87]**.

Tabla 5.5.- Resumen de requerimientos especiales para toma de muestras.

PARÁMETRO	ENVASE	MÉTODO DE CONSERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO
Compuestos orgánicos	V (D)	Refrigerar 2-5ºC	7 días

V (D) = vidrio, lavado con disolventes orgánicos

En pozos hay que tomar las muestras después de unas horas de funcionamiento. Cuando se muestrea más de un pozo en una zona, se debe descontaminar todo el equipo antes de usarlo en otro pozo. Cuando se colocan pesos en las cuerdas, no use pesos de plomo.

Para el caso de pozos que tengan algún tipo de dispositivo tal como una motobomba de gasolina o eléctrica ésta bombeará el agua de pozo a un contenedor el cual puede ser un tanque o un sistema, este tipo de contenedores tienen algún tipo de llave o grifo en la cual puede ser tomada la muestra. En este caso las consideraciones a tomar en cuenta son las siguientes:

- Para muestras con análisis Físicos y Químicos, antes de tomar la muestra se deberá dejar correr el agua para desalojar el agua que pueda estar estancada en la tubería, prosiguiendo a tomar la muestra en el recipiente de muestreo.

- Para muestras con análisis de Compuestos Orgánicos, en el muestreo para los análisis de compuestos orgánicos se adoptan las mismas reglas que para físicos y químicos, en el caso especifico de compuestos orgánicos volátiles y trihalometanos el flujo de la llave será disminuido para evitar la agitación, burbujeo y derrame de la muestra, llenando completamente el vial, al cerrarlo se verificará que no exista el burbujeo en el interior. Deberá verificarse la ausencia de burbujas.

5.3.2. Preparación de la muestra

En la etapa de **preparación de la muestra** se incluye generalmente un paso de extracción de los plaguicidas o metabolitos y otro alternativo de purificación, que debe ser lo suficientemente efectiva para separar a los analitos de los interferentes que están formando parte de la matriz.

Se deben considerar algunos factores para la elección de la técnica de extracción a desarrollar, principalmente los relacionados con el tipo de matriz objeto de estudio. Típicamente, la mayoría de los procedimientos publicados en la bibliografía requieren la extracción de los plaguicidas mediante **disolventes orgánicos** o mediante **extracción en fase sólida (SPE) [88, 89].**

La extracción con disolventes orgánicos, o más comúnmente conocida como **extracción líquido-líquido** (LLE), es una de las técnicas de tratamiento de muestra más ampliamente utilizada para la determinación de plaguicidas debido a su simplicidad puesto que no precisa de ningún tipo de instrumentación compleja.

Una de las variables a tener en cuenta en el proceso de extracción es el disolvente orgánico utilizado como extractante. Es frecuente el uso de hexano como disolvente para la extracción de **plaguicidas organoclorados** (OCs) **[90, 91]**. También se usan, en muchas ocasiones, mezclas de hexano con etil acetato (4:1, v/v) **[92]**, con diclorometano **[88, 93]***, y* especialmente en igual proporción con éter etílico o dietílico para la determinación de compuestos OCs **[94]**. Otros disolventes utilizados son diclorometano con etil acetato (90:10, v/v) **[95]**, Éter de petróleo con diclorometano en una proporción 70:30 (v/v) **[95]**, metanol **[96]** y ciclohexano **[97]**.

Para la preparación de las muestras de este estudio se ha realizado la extracción **líquido-líquido**, usando una mezcla de **hexano** y **éter dietílico** en una proporción 50:50 (v/v).

5.3.3. Determinación instrumental

La elección de la técnica analítica para la **determinación instrumental** depende de una variedad de factores incluyendo coste, disponibilidad, selectividad, sensibilidad, propiedades de los analitos y capacidad de análisis. En el caso de los plaguicidas e hidrocarburos, esta determinación se lleva a cabo mediante técnicas cromatográficas, *cromatografía de gases (**GC**)* o *cromatografía líquida de alta resolución (**HPLC**)*, acopladas a detectores que permitan la obtención de una sensibilidad y selectividad adecuadas. Aunque una gran variedad de detectores, especialmente el de *captura de electrones (ECD)* o el de *nitrógeno fósforo (NPD)*, han sido tradicionalmente utilizados, actualmente tiene mucha más importancia la ***espectrometría de masas (MS)*** como sistema de detección en el análisis multiresidual de plaguicidas mediante GC o LC.

El detector de Captura de electrones (ECD) (Figura 5.1) consiste en una cavidad con dos electrodos y una fuente (radioactiva) emisora de partículas ß (electrones). La fuente emisora de electrones normalmente es ^{63}Ni. Las colisiones

entre el gas portador y las partículas ß generadas producen un plasma con electrones que son atraídos hacia el ánodo, generando una corriente eléctrica que es registrada **[98]**. Cuando eluye algún analito por la columna, el compuesto puede capturar algunos de los componentes del plasma, disminuyéndose la corriente que llega al ánodo. Esta disminución será proporcional a la concentración de analito eluido. Los factores de respuesta de este detector son función del tipo y número de átomos electronegativos que existen en la estructura del analito, por ejemplo, la respuesta del detector a un hidrocarburo clorado puede ser un millón de veces mayor que la respuesta al correspondiente hidrocarburo no clorado **[98]**. El inconveniente es la gran insensibilidad que tiene a analitos poco electronegativos y que el detector tiene una fuente emisora de radioactividad que ha de ser tratada como tal.

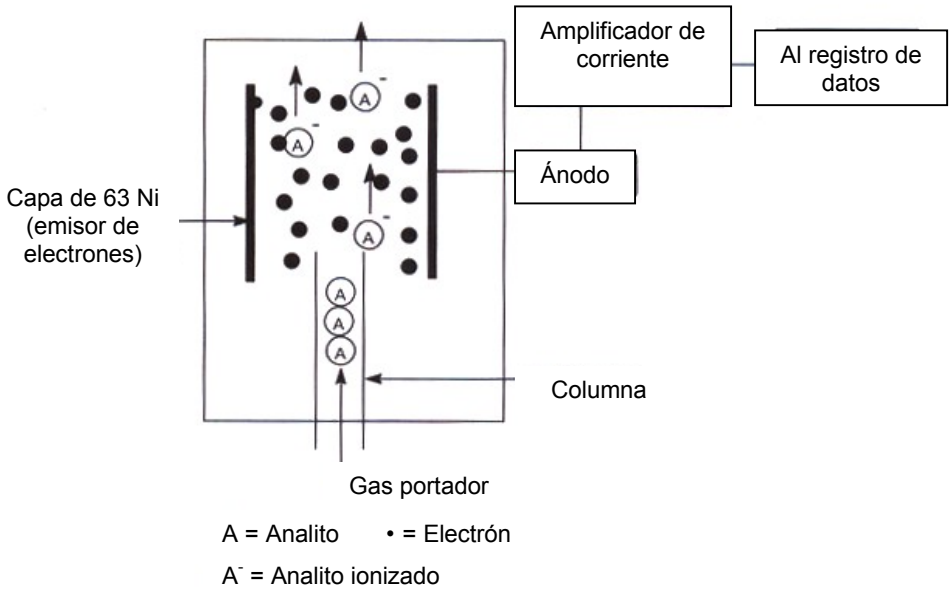


Figura 5.1.- Detector de captura electrónica.

El detector de fósforo-nitrógeno (NPD) (Figura 5.2) es similar a un detector de ionización a la llama, la diferencia con este es que la ionización no se lleva a cabo en una llama. Los iones se producen en una capa gaseosa que rodea a una esfera cerámica muy caliente que contiene silicato de rubidio, y estos iones son conducidos mediante un campo eléctrico hacia el colector, donde la corriente generada se amplifica para producir una respuesta.

En cambio, la técnica de espectrometría de masas (MS) se presenta como una herramienta confirmatoria básica en todo laboratorio de análisis de plaguicidas, especialmente en matrices complejas, que permite identificar y cuantificar los compuestos y elucidar la estructura química de algunas moléculas. Además, el uso de MS permite mejorar la cuantificación empleando la técnica de la **dilución isotópica** mediante patrones marcados análogos a los analitos a estudiar.

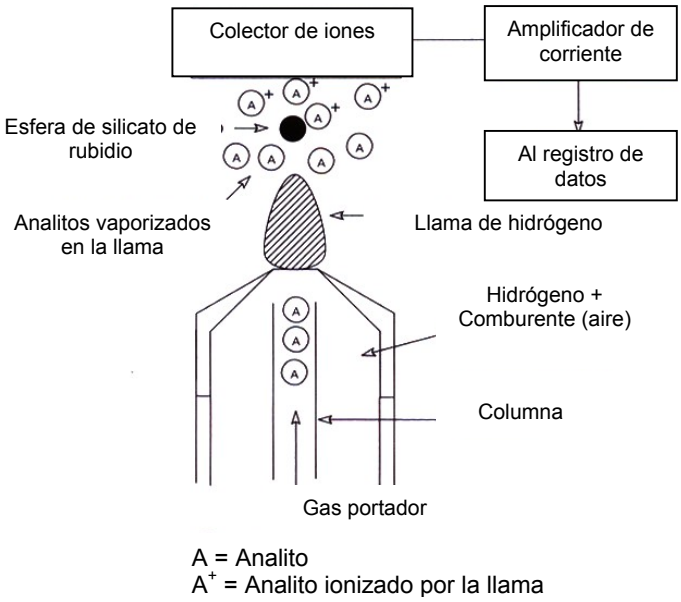


Figura 5.2.- Detector de fósforo-nitrógeno (NPD)

La Figura 5.3 representa la estructura fundamental de un espectrómetro de masas. La zona del aparato donde se introduce la muestra, se evapora, y las moléculas de analito se ionizan y se aceleran se llama fuente de ionización. Los iones acelerados pasan desde la fuente de ionización al analizador de masas, donde se separan los iones de distinta masa de modo que los iones de diferente masa (en realidad masa/carga (m/z)) llegan al detector de iones a diferentes tiempos (se encuentran sometidos a un alto vacío con el objetivo de dar a los iones la oportunidad de pasar por todo el instrumento sin sufrir cambios producto de la interacción con las moléculas de aire). Estos generan una corriente eléctrica que

se amplifica en un multiplicador de electrones produciendo la señal de salida. La intensidad de la corriente recibida se representa frente a la relación m/z que la genera para producir el espectro de masas **[98]**.

Debido a la necesidad de determinar concentraciones extremadamente bajas de analitos en las muestras, ha surgido el interés por incrementar la sensibilidad en el método de detección. Una solución podría ser el uso de MS en modo de ***selected ion monitoring (SIM)***, el cual aumenta la sensibilidad pero reduce la información cualitativa del espectro en *full scan* **[99, 100]**, ya que en lugar de barrer todas las masas (m/z) monitoriza sólo unas pocas de ellas. El uso de ***ionización química negativa en masas (NCI-MS)*** también ha sido recomendado por algunos autores para la determinación de HAPs y pesticidas organofosforados en agua **[101, 102]**.

Más recientemente, técnicas como la ***espectrometría de masas de alta resolución (HRMS)*** *y* ***espectrometría en tándem masas (MS/MS)*** han sido satisfactoriamente aplicadas para la determinación de plaguicidas y/o metabolitos en agua **[103-106]**. Ambas técnicas son consideradas altamente específicas y sensibles. En general, la sensibilidad de MS/MS es menor que la de HRMS porque hay una considerable pérdida de iones en el proceso de transformación MS/MS. Sin embargo, mediante MS/MS se obtiene más información estructuralmente específica, lo cual conlleva a una disminución del ruido de fondo en el análisis de las muestras compensando la pérdida de iones.

Un espectrómetro de masas-masas es un espectrómetro de masas con más de un analizador. El modo de operar clásico de un MS-MS se encuentra en la Figura 5.4. La muestra es inicialmente fragmentada y el primer analizador selecciona un ion dado **[98]**. A continuación, el ion seleccionado pasa a la nueva cámara de fragmentación, donde se generan iones más pequeños que son analizados por el segundo analizador. Gracias a la doble fragmentación, los espectros obtenidos son muy útiles en la determinación de las estructuras de los analitos.

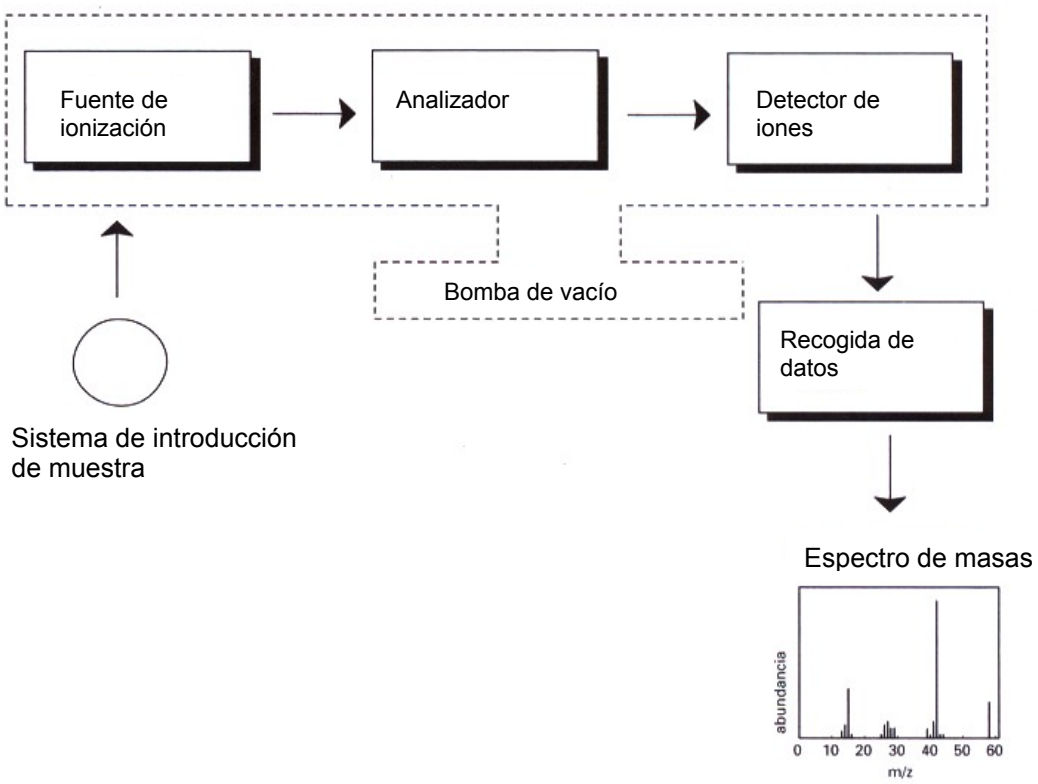


Figura 5.3.- Estructura de un espectrómetro de masas

Otro modo de trabajo de los MS-MS consiste en que el primer analizador no selecciona ningún ion, sino que deja pasar a todos. En cambio, el segundo analizador está programado para detectar sólo un ion o bien un grupo de ellos. Un tercer modo de trabajo implica que ambos analizadores estén constantemente detectando un rango de *m/z* fijado. Sin embargo, el segundo analizador está programado para registrar señales que difieran en un cierto número de las señales enviadas por el primer analizador. En el cuarto modo de trabajo de los MS-MS ambos analizadores están registrando señales de un solo ion o grupo de iones. Se usa para detectar la presencia de compuestos cuyo patrón de fragmentación está muy bien definido y sirve para confirmar inequívocamente la presencia de un compuesto en una matriz muy compleja.

En nuestro caso el analizador es una **trampa de iones** (Figura 5.5), que tiene un alto grado de selectividad/especificidad, ya que es la única capaz de generar información espectral. Existen algunas publicaciones que usan la trampa iónica en modo masas **[107-109]** para el análisis de HAPs, PCBs, etc., aunque su mayor uso es para el control de doping en deportistas **[110, 111]**.

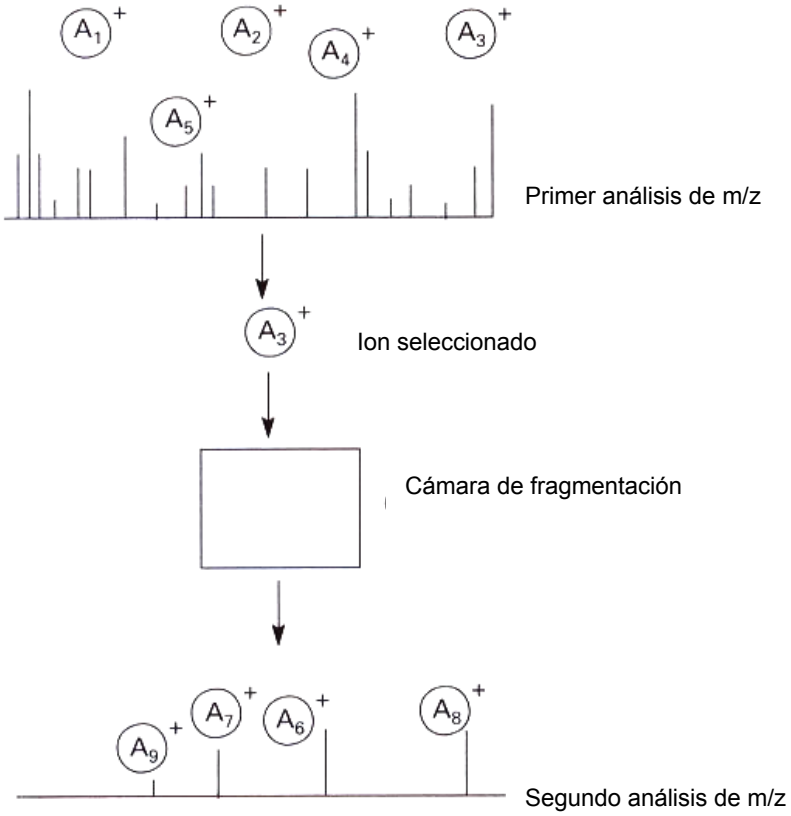


Figura 5.4.- Funcionamiento de un sistema de MS-MS

El método de ionización por el que se introduce la muestra al equipo es por medio de impacto electrónico (EI). Con la trampa de iones y a partir de un ion precursor obtenido en una primera fragmentación se obtienen de una segunda fragmentación los iones producto. Esta segunda fragmentación se lleva a cabo a través de la denominada disociación mediante colisión inducida **[98]**.

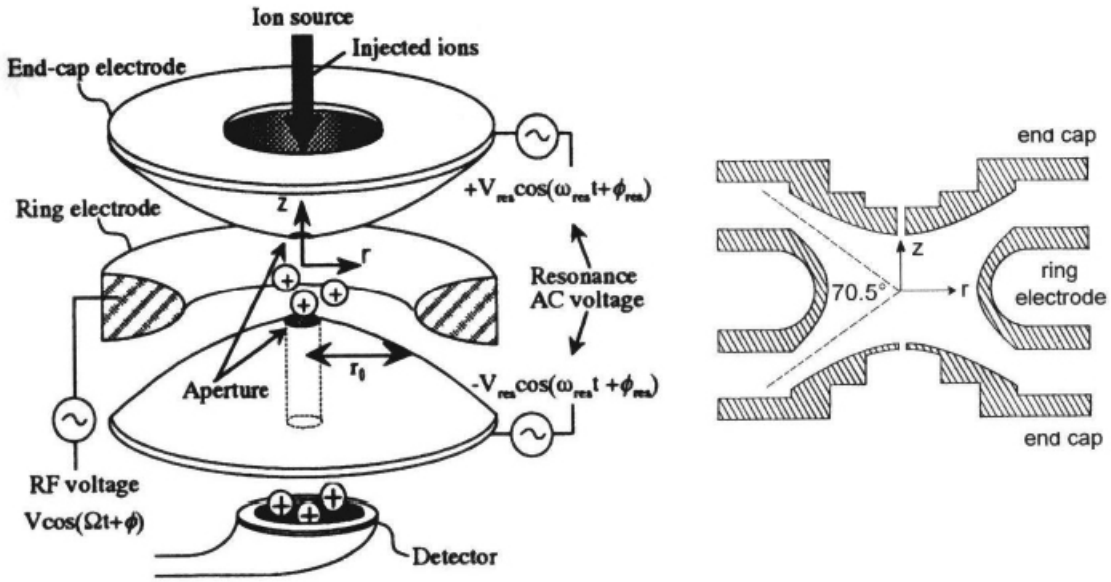


Figura 5.5.- Esquema de la Trampa de Iones

La habilidad de estos instrumentos para atrapar los iones y manipularlos más bien en el tiempo que en el espacio, le ha dado algunas ventajas a esta técnica con relación a los espectrómetros de masas tradicionales en los cuales los iones pasan a través del instrumento como un haz de iones. El concepto básico de atrapamiento de un ión dentro de un dispositivo de trampa de iones ha sido representado de tres formas diferentes: la trampa de iones cuadrupolar, que utiliza un campo eléctrico oscilante para atrapar los iones, la trampa que usa un campo magnético para realizar el atrapamiento y aquella que usa una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes para el atrapamiento de los iones. La trampa de iones normalmente está llena de helio a una presión de 1 mtorr. Las colisiones con el helio hacen que disminuya la energía cinética y sirven para guiar las trayectorias hacia el centro de la trampa, atrapando los iones inyectados. Los iones que están más lejos del centro son atrapados por medio de un potencial, rf fundamental (potencial de 1,1 MHz aplicado en el electrodo. La amplitud de este potencial determina el rango de valores de m/z que se pueden atrapar), que se aplica en el electrodo. Que un ion sea atrapado o no depende de los valores de su masa y carga, del tamaño de la trampa de iones, de la frecuencia de oscilación, del potencial, rf y de la amplitud de voltaje del electrodo. La dependencia del movimiento del ion con todos estos parámetros se describe por medio del

parámetro adimensional *qz (parámetro que determina la estabilidad de la trayectoria del ion).*

Como se ha visto, los espectros de masas pueden llegar a ser bastante complejos. Se puede obtener mucha información sobre la estructura química del analito ya que el espectro de masas obtenido de un CG es una "huella dactilar" del analito.

Esta característica de los espectros de masas permite la creación de colecciones de espectros que se agrupan por familias de moléculas. Por ejemplo, existen librerías de plaguicidas, de drogas de abuso, etc. Existen aplicaciones informáticas que comparan los espectros de masas obtenidos en el cromatograma con los de las librerías y ofrecen porcentajes de similitud entre ambos.

5.4. Selección de los compuestos orgánicos a analizar

Una de las etapas previas para empezar un estudio analítico es la selección de un número determinado de plaguicidas a estudiar atendiendo a sus características químicas y a su importancia como contaminantes del medio que se desea investigar.

Es bien conocida la importante actividad agrícola que se desarrolla en la zona sur de la isla de Gran Canaria. Según datos obtenidos de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, del Gobierno de Canarias **[112]**, los productos más utilizados actualmente para el control de las plagas y enfermedades en cítricos son los que se muestran en la Tabla 5.6. Como puede observarse en la tabla, los plaguicidas más utilizados en Gran Canaria para combatir las plagas pertenecen a diferentes campos de aplicación tales como acaricidas (*bromopropilato, hexitiazox*), fungicidas (*captan, ziram*), molusquicidas (*metaldehido*), y en mayor medida insecticidas pertenecientes a diferentes familias: carbamatos *(metiocarb, benfuracarb*, *pirimicarb*), Organoclorados (*endosulfan*) y Organofosforados (*fosmet, triclorfon, clorpirifos, fenitrotion, metidation, metil azinfos, malation, dimetoato, metil pirimifos*, entre otros).

Tabla 5.6.- Plaguicidas más utilizados en Gran Canaria para combatir las plagas.

Plaga	**Materia activa**
Abolladura	Captan Tiram Ziram Metiram
Acaro rojo	Fenbutestan Hexitiazox Fenazaquin Tebufenpirad
Acaro de las maravillas	Bromopropilato Endosulfan Piridafention
Agusanado	Fenitrotion Fosalon
Araña roja	Fenazaquin Hexitiazox Tetradifon
Caparreta	Fosmet Metidation Piriproxifen
Caracoles y babosas	Metaldehido Metiocarb Sulfato de hierro
Ceratitis	Malation
Chinche roja	Fenitrotion Malation Clorpirifos Triclorfon

Tabla 5.6. (Cont.)- Plaguicidas más utilizados en Gran Canaria para combatir las plagas

Plaga	**Materia activa**
Cochinilla de la tizne	Piriproxifen Metidation Fosmet
Mosca blanca	Alfacipermetrin Bifentrin Buprofezin Metil-pirimifos Malatión Teflunbezurón
Mosca frutas	Azadiractin Cihalotrin Deltametrina Fentión Malatión Triclorfon
Caracoles y babosas	Metaldehido Metiocarb Sulfato de hierro
Ceratitis	Malation
Polilla de la flor	Clorpirifos Endosulfan Metil-azinfos
Pulgones	Benfuracarb Carbosulfan Clorpirifos Dimetoato Pirimicarb
Oidio	Bitertanol Ciproconazol Dinocap Fenarimol

5.4.1. Plaguicidas organoclorados (OCs)

Aunque los plaguicidas OCs fueron uno de los grupos más importantes y de mayor uso hasta la década de los 70 del siglo XX, su persistencia en los distintos niveles de la biosfera es motivo de que aún hoy, en que su uso está estrictamente restringido, sigan estando presentes en el medio ambiente. Además, algunos de los más peligrosos, como DDT, siguen usándose en la lucha contra la malaria, enfermedad cuyos vectores son insectos.

Ejemplos que prueban la persistencia de estos compuestos son los residuos de plaguicidas OCs y PCBs detectados actualmente en animales marinos de zonas subantárticas, como es el caso de residuos de DDT encontrados en pingüinos y focas de la Antártida, donde estos compuestos sólo han podido llegar gracias a las corrientes marinas o aéreas, o a las migraciones de animales intoxicados **[113 – 115]**. También por este motivo, la población aborigen de las regiones polares está expuesta a los compuestos OCs debido a su elevado consumo de mamíferos marinos, principalmente de focas, ballenas, pájaros de mar y peces. Bjerregaard y colaboradores **[116]** realizaron un estudio sobre la exposición de la población Inuit (Groenlandia) a compuestos OCs en función de la edad, sexo y dieta. En algunos casos, las concentraciones de PCBs encontradas han resultado ser más altas que las detectadas en controles de países europeos.

Estos principios activos se emplean, principalmente, en la lucha contra insectos, ácaros, hongos, roedores y malas hierbas. Se aplican tanto en la agricultura como en el ambiente doméstico y han dado lugar a buen número de intoxicaciones, causadas y profesionales. A modo de ejemplo, se muestra la Tabla 5.7, donde se presentan algunos de los plaguicidas detectados con mayor frecuencia en la población, incluyendo también los rangos de concentraciones encontradas.

Tabla 5.7.- Ejemplos de plaguicidas OCs detectados con mayor frecuencia en grupos poblacionales

Plaguicidas	Rango (ng/g lipid wt.) ó (µg/l)	Referencia
p,p'-DDE	169-441	*Newsome y Ryan, 1999*
p,p'-DDT	18.7-24.2	**[117]**
HCB	13-43.5	
α-HCH	0.90-4.39	
β-HCH	18.2-22.6	
γ-HCH	0.90-1.03	
dieldrin	1.09-10.9	
α-HCH	7-9	*Norén y Meironyté, 2000*
β-HCH	110-280	**[118]**
dieldrin	25-76	
p,p'-DDE	1055-2420	
p,p'-DDT	185-1300	
α-HCH	1	*Paumgartten et al., 2000*
β-HCH	270	**[119]**
γ-HCH	5	
HCB	12	
Dieldrin	23	
Heptaclor epóxido	8	
p,p'-DDE	1520	
p,p'-DDD	6	
p,p'-DDT	180	
p,p'-DDE	0.030-23.2	*Lacayo et al., 2000* **[120]**
p,p'-DDT	0-1.595	
dieldrin	0-0.355	
endrin	0-0.280	

Tabla 5.7. (Cont.)- Ejemplos de plaguicidas OCs detectados con mayor frecuencia en grupos poblacionales

Plaguicidas	Rango (ng/g lipid wt.) ó (µg/l)	Referencia
HCB	10-100	*Waliszewski et al., 2001*
α-HCH	20	**[121]**
β-HCH	10-180	
γ-HCH	10	
p,p'-DDE	180-34280	
p,p'-DDD	50	
p,p'-DDT	0.05-4270	
β-HCH	16.25	*Bates et al., 2002* **[122]**
HCB	10.55	
Dieldrin	15.44	
p,p'-DDE	626	
p,p'-DDT	25.58	
HCB	30-300	*Burke et al., 2003* **[123]**
β-HCH	40-200	
γ-HCH	30	
Endosulfan I	10-20	
p,p'-DDE	20-3370	
p,p'-DDD	20-440	
HCB	20-472	*Polder et al., 2003* **[124]**
Lindano	16-1206	
Sum-DDTs	104-4430	

Tabla 5.7. (Cont.)- Ejemplos de plaguicidas OCs detectados con mayor frecuencia en grupos poblacionales

Plaguicidas	Rango (ng/g lipid wt.) ó (µg/l)	Referencia
β-HCH	0.05-1.12	*Erdoğrul et al., 2004* **[125]**
γ-HCH	*0.05-13.5*	
HCB	*0.05-1.13*	
p,p'-DDE	*0.44-313.5*	
p,p'-DDD	*0.05-0.11*	
p,p'-DDT	*0.07-6.52*	
p,p'-DDE	420-6300	*Minh et al., 2004* **[126]**
p,p'-DDD	3-50	
p,p'-DDT	34-6900	
Endosulfan I	*0.5-1*	*Cerrillo et al., 2005* **[127]**
Endosulfan II	*7-26.9*	
Endosulfan ether	*0.66-57.6*	
Endosulfan lactone	*4-5*	
Endosulfan diol	*0.5-1*	
Endosulfan sulfate	*5-14.35*	
o,p'-DDE	*1,75*	*Zumbado et al., 2005* **[128]**
p,p'-DDE	*118*	
o,p'-DDD	*36*	
p,p'-DDD	*31,2*	

Generalmente los plaguicidas OCs son compuestos orgánicos de estructura muy diferente, en la cual se sustituyen uno o varios átomos de H por átomos de Cl. Pueden introducirse en el cuerpo por los órganos respiratorios en forma de polvo o como aerosol, por vía digestiva y a través de la piel. Dan lugar a síndromes hepatorrenales. Se acumulan en el tejido adiposo, donde persisten durante muy prolongados períodos de tiempo y pueden ser, por este mecanismo, origen de intoxicaciones crónicas. No son biodegradables; esto unido a que en determinadas

condiciones se han observado acciones carcinogénicas, ha dado lugar a que se haya prohibido su uso para aplicaciones agrícolas **[85].**

Para llevar a cabo este trabajo, se seleccionó un grupo amplio de 16 plaguicidas OCs (Tabla 5.8), la mayoría de ellos investigados por la EPA (Environmental Protection Agency) **[129]**. Dependiendo de su estructura química, los compuestos estudiados en este trabajo se pueden dividir en diferentes grupos que se citan a continuación.

5.4.1.1. DDT y análogos

Dentro de este grupo se han seleccionado los isómeros p,p' por ser los más activos como insecticidas: *p,p'-DDT* (1,1,1, tricloroetano-2,2-bis (4-clorofenil)etano), *p,p'DDD* (1,1-bis(4-clorofenil)- 2,2,-dicloroetano) y *p,p'-DDE* (1,1-dicloro-2,2- bis(4-clorofenil) etileno).

El *DDT* ha sido el más importante de todos los insecticidas sintéticos, y sigue teniendo interés toxicológico, pues la gran mayoría de los seres vivos, incluido el hombre, estudiados hasta el momento contienen en su tejido adiposo y en el sistema nervioso central, cantidades medibles de este compuesto o sus productos de degradación.

El *DDT* sufre también la fase I de metabolismo: mediante una reacción de dehidrohalogenación tiene lugar la conversión enzimática de *DDT* a *DDE*. Por otra parte, el *DDT* puede también sufrir una decloración reductiva a *DDD*, siendo ésta última menos rápida que la primera. Ambos metabolitos son muy estables, y se estima que pueden perdurar en la naturaleza (y en el tejido adiposo) muchos años.

Tanto el *DDT* como sus dos metabolitos se encuentran en diversos tejidos: en relación con la cantidad global acumulada en tejido adiposo, la concentración en el sistema nervioso central es de alrededor del 1%, en hígado del 9% y en sangre del 0.33%. Puesto que la semivida plasmática más larga es la de *DDE*, cuando la proporción de éste es mayor que la de los otros, puede suponerse que la absorción de *DDT* no es reciente. El ser humano excreta muy lentamente *DDT*, salvo en el supuesto de lactación, pues el elevado contenido graso de la leche la convierte en un excelente vehículo de excreción **[130]**. Se calcula que en

condiciones excepcionales de no absorción de nuevas dosis, son necesarios al menos 20 años para poder eliminar todo el DDT acumulado en el organismo.

5.4.1.2. Hexaclorociclodienos (HCH)

Dentro de este apartado se seleccionaron los 4 isómeros: α, β, δ y γ, éste último es conocido como *Lindano,* que es el de mayor valor comercial y eficacia como insecticida. *HCH* es un importante insecticida que, al contrario de otros organoclorados (OCs), sigue teniendo vigencia. Es un insecticida con potente acción por contacto y por ingestión, cada isómero presenta diferente actividad. Mientras que el isómero γ es el que presenta mayor toxicidad aguda, el β es el de mayor toxicidad crónica, gracias a su mayor estabilidad **[131]**. Estos compuestos se absorben muy bien por la piel, con una tasa de absorción dérmica de un 9,3% **[132]**.

5.4.1.3. Ciclodienos

El grupo de plaguicidas organoclorados (OCs) estudiados con este tipo de estructura son: *Heptacloro* (1,4,5,6,7,8,8- heptacloro- 3a,4,7,7a- tetrahidro- 4,7 metanoindeno) y su metabolito *heptacloro epóxido*; *aldrin* (1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,4, endo-exo 3,8-dimetanonaftaleno) y sus metabolitos *dieldrin* y *endrin*; los dos isómeros, α *y* β-*endosulfan* ((1,4,5,6,7,7-hexacloro-8,9,10-trinoborn-5-en-2,3-ylenebismetileno) sulfito) y su metabolito (–*sulfato*).

Cabe destacar la importancia del *endosulfan*, ya que en España todavía está autorizado en cítricos (Tabla 5.6), así como en algunos otros cultivos. En cuanto al metabolismo, el *endosulfan* se transforma rápidamente por oxidación a *endosulfan-sulfato,* el cual es excretado por la orina o heces **[133]**. En la Figura 5.6 pueden observarse las rutas metabólicas de *α- y β-endosulfan.*

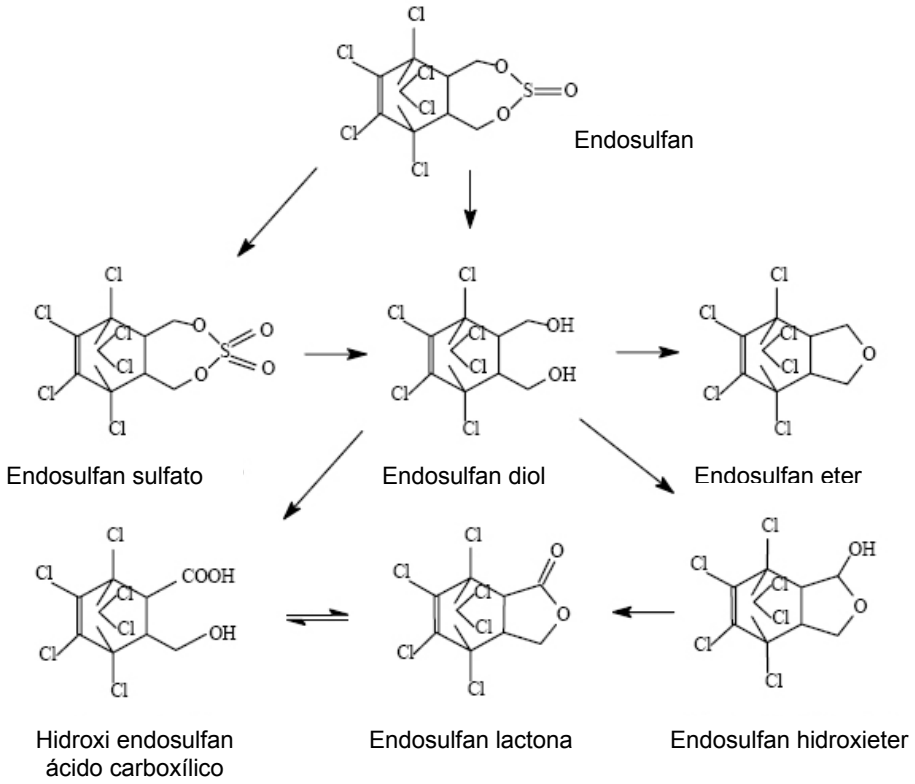
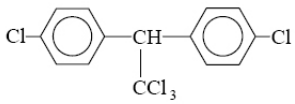
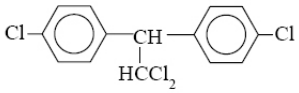
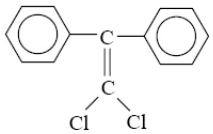
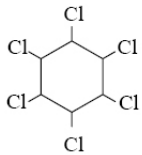
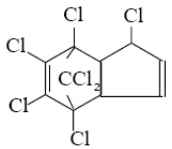


Figura 5.6.- Rutas metabólicas de endosulfan (α y β).

5.4.1.4. Metoxicloro

El Methoxichlor (1, 1,-tricloro-2,2-bis (4-metoxifenil) etano) se usa como insecticida contra moscas, mosquitos, cucarachas, larvas de ácaros y una gran variedad de otros insectos. Se usa en cosechas agrícolas y ganado, y en graneros, depósitos de cereales, jardines domésticos y en animales domésticos.

Tabla 5.8.- Plaguicidas Organoclorados (OCs) seleccionados para el presente estudio

Nombre	Fórmula	$S(H_2O)$ (mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/Kg)	ADI (mg/Kg)	p.v. (mPa)
p,p'-DDT		0,001-0,004	6,38	113-118	0,02	0,025
p,p'-DDD		-	-	-	-	-
p,p'-DDE		-	-	-	-	-
HCHs		7 (γ) 10 (α) 0,2 (β) 10 (δ)	3,72(γ) 3,81(α) 3,80(β) 4,14(δ)	88-270(γ) 1700(α) 2000(β) 1000(δ)	0,008(γ)	5,6(γ)
Heptacloro		0,056	5,38	147-220	0,0001	53

S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

Tabla 5.8.- (Cont.) Plaguicidas OCs seleccionados para el presente estudio

Nombre	Fórmula	$S(H_2O)$(mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/Kg)	ADI (mg/Kg)	p.v. (mPa)
Heptacloro epóxido		0,35	5,40	-	-	-
Aldrin		0,027	6,50	45-60	0,0001	0,7
Endrin		0,23	4,56	10-12	-	2E-5
Dieldrin		0,186	4,32	60-90	0,0001	0,4
Endosulfan (α o β)		0,33	4,74-4,79	70-240	0,006	0,83
Metoxicloro		0,1	3,31	6000	0,1	Muy baja

S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

5.4.1.5. Bifenilos policlorados

Los bifenilos policlorados (PCBs) son compuestos de síntesis que se introdujeron en el mercado por la industria química en 1929. Se utilizaron inicialmente en la fabricación de transformadores y otros equipamientos eléctricos aunque posteriormente ocuparon otras muchas aplicaciones como es el caso del plaguicida *aroclor*, que es una mezcla comercial de diferentes PCBs. Su producción fue prohibida en Estados Unidos en 1977 cuando se descubrió que estaban asociados al incremento de tumores hepáticos en animales de experimentación. Sin embargo, la prohibición no se aplicó a PCBs ya existentes cuyo uso ha continuado hasta nuestros días formando parte de sistemas cerrados como transformadores y aislamientos eléctricos.

El uso de PCBs está restringido a algunos equipos, y se pretende que en 2025 se haya conseguido eliminar **[134]**. Según datos de la Conferencia de Plenipotenciarios para el Convenio de Estocolmo sobre compuestos orgánicos persistentes (POPs) **[134]** su producción está prohibida, aunque todavía siguen en uso con arreglo a las siguientes disposiciones:

a) Utilización solamente en equipos intactos y estancos y en zonas en que el riesgo de liberación al medio ambiente pueda reducirse a un mínimo y la zona de liberación pueda descontaminarse rápidamente.

b) Eliminación del uso en equipos situados en zonas donde se produzcan o elaboren alimentos para seres humanos o para animales.

c) Cuando se utilicen en zonas densamente pobladas, incluidas escuelas y hospitales, adopción de todas las medidas razonables de protección contra cortes de electricidad que pudiesen dar lugar a incendios, e inspección periódica de dichos equipos para detectar toda fuga

d) Velar por que los equipos que contengan PCBs no se exporten ni importen salvo para fines de gestión ambientalmente racional de desechos

e) Excepto para las operaciones de mantenimiento o reparación, no permitir la recuperación para su reutilización en otros equipos que contengan líquidos con una concentración de PCBs superior al 0,005%.

Los PCBs constituyen una clase de hidrocarburos aromáticos clorados, con carácter no insecticida, que pueden acumularse en el medio ambiente y en la materia viva, y cuyas propiedades son muy semejantes a las de los plaguicidas organoclorados (estables, muy persistentes en el medio ambiente y solubles en la grasa). Una de las vías más importantes de exposición humana a PCBs es a través de la alimentación, especialmente en alimentos de origen marino.

Estos compuestos no se encuentran naturalmente en el medio ambiente y representan una mezcla de hidrocarburos bifenílicos con diferente estado de cloración, generalmente muy estables térmica y químicamente, pudiendo existir hasta 210 isómeros por la sustitución de hidrógeno por cloro en el anillo bifenílico. Las mezclas comerciales contienen diferentes isómeros y en cantidades distintas lo que va a determinar sus características específicas, que dependen del número de cloros y la posición relativa de los mismos, y de su persistencia o resistencia al metabolismo.

La nomenclatura de los PCBs se basa en la posición y grado de sustitución en la estructura bifenílica, como se muestra en la Figura 5.7.

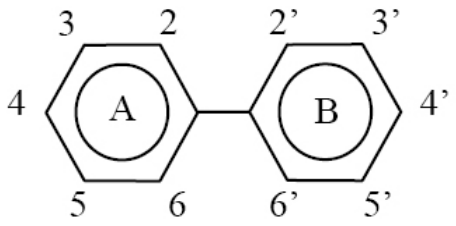


Figura 5.7.- Estructura de los PCBs

Las posiciones sustituibles son las 2, 3, 4, 5, 6 para el anillo A y 2', 3', 4', 5', 6' para el anillo B, pudiendo así llegar a tener hasta diez átomos de cloro, generándose en su fabricación diferentes mezclas de éstos.

Para este trabajo, se seleccionaron quince isómeros de PCBs los cuales son los más comúnmente determinados en el Medio Ambiente: PCB 28 (2,4,4'-trichorobifenil), PCB 31 (2,4',5-Triclorobifenil), PCB 52 (2,2',5,'- tetraclorobifenil), PCB 77 (3,3',4,4'-Tetraclorobifenil), PCB 101 (2,2',4,5,5'- pentaclorobifenil), PCB 105 (2,3,3',4,4'-Pentaclorobifenil), PCB 118 (2,3',4,4',5- pentaclorobifenil), PCB 126 (3,3',4,4',5-Pentaclorobifenil), PCB 128 (2,2',3,3',4,4'-Hexaclorobifenil), PCB 138 (2,2',3,4,4',5'-hexaclorobifenil), PCB 153 (2,2',4,4',5,5'- hexaclorobifenil), PCB 156 (2,3,3',4,4',5-Hexaclorobifenil), PCB 169 (3,3',4,4',5,5'-Hexaclorobifenil), PCB 170 (2,2',3,3',4,4',5-Heptaclorobifenil), PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5'- heptaclorobifenil).

5.4.2. Plaguicidas organofosforados (OPs)

Los plaguicidas OPs, en general, son sustancias biodegradables en la naturaleza, sin tendencia a acumularse en las grasas del organismo, y que forman parte del grupo de insecticidas llamados "de contacto", por adsorberse por medio de los lípidos del exoesqueleto de los insectos. En la actualidad son, posiblemente, los insecticidas más utilizados. Desde la década de los 40 se han sintetizado más de 50000 derivados organofosforados, algunos de los cuales se han usado con fines bélicos (gas nervioso, sarín, etc.) y otros han sido comercializados como insecticidas **[135]**.

En los últimos 20 años los plaguicidas organofosforados han reemplazado a los organoclorados, debido a la elevada toxicidad y capacidad de bioacumulación en la cadena trófica de estos últimos, como consecuencia de sus características químicas.

En general, los compuestos OPs son productos de elevada reactividad química; y al tratarse de compuestos muy activos las dosis necesarias de materia activa son muy bajas. Además, se degradan con facilidad, bien mediante reacciones de hidrólisis que dan lugar a productos inocuos para el medio ambiente, o por reacciones de oxidación, que conducen a metabolitos más o menos tóxicos, pero más fáciles de hidrolizar. Por último, su toxicidad aguda es, en

general, mayor que la de los organoclorados, mientras que la crónica es inferior, ya que tienden a hidrolizarse en lugar de acumularse en las grasas **[136]**.

En los animales de sangre caliente y en el hombre, los compuestos OPs se introducen en el cuerpo por ingestión, contacto por la piel o por los órganos respiratorios, y se distribuyen rápidamente por vía sanguínea. Los insectos toman estos compuestos a través de la piel o el tubo digestivo **[85]**.

Los compuestos organofosforados son ésteres orgánicos del ácido fosfórico. Estos pueden formar alquilos o arilos antes de ser oxidados y uno de los enlaces C-P resultantes puede ser sustituido por un enlace C-O-P. Además el oxígeno puede sustituirse por azufre o por nitrógeno, dando lugar a varios grupos químicos diferentes de los OPs, como los fosfatoésteres, los fosforotioatos O-alquilados o los fosforotioatos S-fosforilados. Por otra parte pueden presentar una gran variedad de radicales, ya que si bien dos de los radicales orgánicos son siempre metilo o etilo, el tercer radical es diferente en cada clase de plaguicida **[136]**.

Los plaguicidas OPs, una vez dentro del organismo, se activan por desulfuración oxidativa, y se transforman los grupos de P=S a P=O **[137]**. Este centro atacado es la acetilcolinesterasa (AchE), enzima encargada de hidrolizar la acetilcolina en colina y ácido acético a nivel de las sinapsis nerviosas. La población afectada por la acción tóxica de estos plaguicidas presenta una actividad enzimática inhibida ya que su AchE se encuentra fosforilada, lo que provoca desde anoxia y dolores de cabeza a dosis bajas, hasta nauseas, contracciones musculares e incluso la muerte por fallo respiratorio y paro cardíaco a mayores dosis **[138, 139]**.

Los plaguicidas OPs seleccionados en el presente trabajo se muestran en la Tabla 5.9, donde se recoge su fórmula molecular, así como algunas de sus propiedades físico-químicas, como datos relativos a su toxicidad para mamíferos (DL-50 para ratas); valores de ADI (Ingestión Diaria Aceptable) según la OMS, que indica la dosis diaria que el hombre puede ingerir sin que existan riesgos apreciables; y datos de sus correspondientes presiones de vapor (p.v.), solubilidades (S) en agua y constantes de partición octanol-agua (Kow) **[140]**.

5.4.3. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

La familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos es un grupo de hidrocarburos que consisten en moléculas que contienen dos o más anillos aromáticos de 6 carbonos fusionados. Normalmente los anillos son de benceno, pero algunos hidrocarburos están basados en estructuras que contienen grupos alquilo (grupo derivado de un alcano por eliminación de uno de sus átomos de hidrógeno. Tienen como fórmula general $\mathbf{C_nH_{2n+1}}$.)

El estudio científico de los HAPs y sus efectos comenzó en 1775, al atribuirse el cáncer padecido por los limpiadores de chimeneas a la exposición al hollín y la ceniza. A lo largo de 30 años se ha demostrado que algunos de los HAPs presentan fuerte potencial cancerígeno **[141]**.

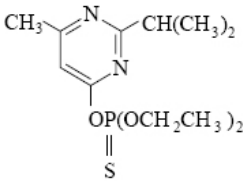
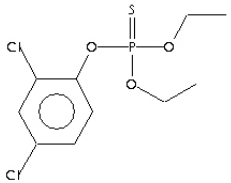
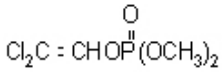
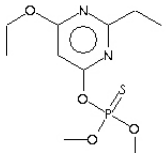
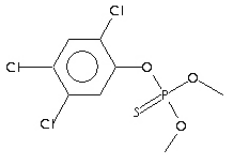
Los HAPs son un grupo de más de 100 compuestos químicos, que han estado siempre presentes porque son compuestos naturales. Sin embargo, el crecimiento industrial ha supuesto un aumento de gran número de contaminantes en el entorno, donde la mayoría se producen por la combustión incompleta del carbón, petróleo, gas y otras sustancias orgánicas. Algunos son de fabricación específica, como el naftaleno empleado como insecticida, pero su producción está en descenso al ser sustituido por compuestos clorados. Se consideran compuestos orgánicos persistentes (COPs) **[142]**, por lo que permanecen en el ambiente durante largos periodos de tiempo sin alterarse. Las propiedades semivolátiles de los HAPs les otorgan gran movilidad. Presentan una baja solubilidad en agua y la mayoría de ellos son lipofílicos (Tabla 5.10).

Tabla 5.9.- Plaguicidas OPs seleccionados para el presente estudio.

Nombre	Fórmula	S (H_2O) (mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/Kg)	ADI (mg/Kg)	p.v. (mPa)
Azinfos metil		28	2,69-2,96	10	0,005	$5x10^{-4}$
Bromofos metil		0,3	5,21	1600-1730	0,04	17
Bromofos etil		0,44	6,15	1000	0,04	17
Carbofenotion		4	5,33	37	0,005	0,04
Clorfenvinphos		145	3,85	10-108	0,0005	1
Clorpirifos		1,4	4,96-5,11	135-165	0,01	2,7

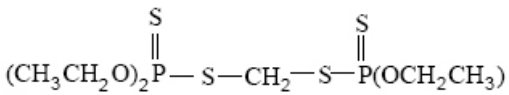
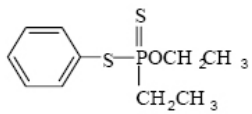
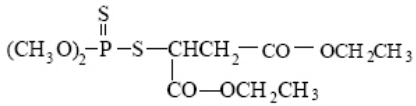
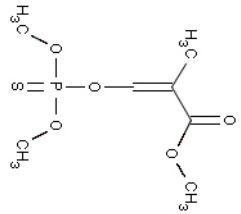
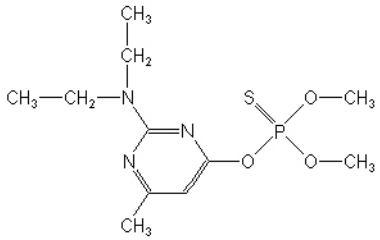
S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

Tabla 5.9. (Cont.)- Plaguicidas OPs seleccionados para el presente estudio.

Nombre	Fórmula	S (H_2O) (mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/ Kg)	ADI (mg/Kg)	p.v. (mPa)
Diazinon		60	3,11-3,3	1250	0,002	12
Diclofention		0,245	5,14	270	-	74,7
Diclorvos		18.000	1,9	24	0,004	$2,1x10^3$
Etrimfos		40	3,3	0,3	0-0,003	6,5
Fenclorfos		1	4,88	625-2823	-	110

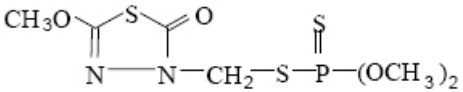
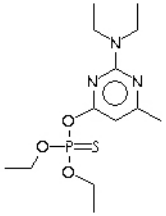
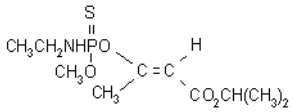
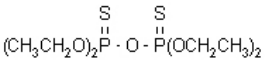
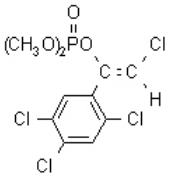
S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

Tabla 5.9. (Cont.)- Plaguicidas OPs seleccionados para el presente estudio.

Nombre	Fórmula	S (H_2O) (mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/Kg)	ADI (mg/Kg)	p.v. (mPa)
Ethion		2	5,07	208	0,002	0,2
Fonofos		13	3,94	5,5-11,5	-	28
Malation		145	2,74-2,94	1375-2800	0,02	5,3
Metacrifos		400	3,0	62,5	0,006	160
Pirimifos metil		5	4,2	1450	0,01	2

S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

Tabla 5.9. (Cont.)- Plaguicidas OPs seleccionados para el presente estudio.

Nombre	Fórmula	S (H_2O) (mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/Kg)	ADI (mg/Kg)	p.v. (mPa)
Metidation		200	2,2	25-54	0,001	0,25
Pirimifos etil		2,3	5	140	0,0002	0,68
Propetamfos		110	3,82	60-564	0,1	1,9
Sulfotep		10	3,99	10	0,001	14
Tetraclorvinfos		11	3,53	480-5000	0,04	0,0056

S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

El interés de los HAPs es debido a la amplia distribución en el medio ambiente y a su posible inducción de cáncer en organismos expuestos. Los HAPs pueden incorporarse al organismo por ingestión, inhalación o absorción dérmica. Debido a su baja solubilidad en agua y elevada en sustancias de naturaleza lipídica, se acumulan en los organismos y en la materia orgánica de partículas y sedimentos, permaneciendo largos periodos de tiempo, garantizando su biodisponibilidad. La lentitud de su degradación da lugar a que estos compuestos se acumulen en plantas, peces e invertebrados acuáticos y terrestres, incorporándose a la cadena alimentaria.

Hay una gran variedad de fuentes naturales de HAPs, entre ellos principalmente los incendios forestales y la actividad volcánica. Debido a la naturaleza esporádica de estos casos, es difícil estimar la aportación de estos focos a la contaminación. Las principales fuentes antropogénicas de mayor contribución a la presencia de HAPs en el entorno son debido a los procesos industriales, calefacciones domésticas, fuentes móviles de emisión (transporte), incineradoras y plantas de generación eléctrica **[143]**.

Las principales fuentes antropogénicas de mayor contribución a la presencia de HAPs en el entorno son debido a los procesos industriales, calefacciones domésticas, fuentes móviles de emisión (transporte), incineradoras y plantas de generación eléctrica. Hoy en día se dispone de datos que conforman un completo inventario de las emisiones de HAPs, pero solamente para algunos compuestos.

Los HAPs se encuentran habitualmente en estado sólido, confiriéndoles su estructura de anillos aromáticos conjugados resistencia a agentes químicos y otro tipo de ataques. La solubilidad al agua decrece según aumenta su peso molecular y el tamaño de la molécula, con el consiguiente aumento del carácter lipofílico. Los HAPs presentan todos ellos carácter lipofílico, y por ello son bioacumulados y concentrados en sedimentos y suelos en una extensión que dependerá de su persistencia en cada medio.

La diferencia de persistencia de los distintos compuestos es la que va a decidir sobre la mayor o menor capacidad de bioacumulación de cada uno de ellos. La persistencia del compuesto aumenta al aumentar el tamaño de la molécula **[144]**. Por ejemplo, el naftaleno de peso molecular bajo indica su escasa capacidad de

bioacumulación. Por otro lado, compuestos de mayor peso molecular, como el benzo (a) pireno, son altamente persistentes y por tanto bioacumulables.

Los HAPs también se forman debido a una mala combustión. Si la materia orgánica sufriera una combustión completa, se obtendría como resultado dióxido de carbono y agua. Esto tendría lugar en condiciones de elevada temperatura y suficiente oxígeno. Pero la mayor parte de las veces el oxígeno no está en las cantidades necesarias como para garantizar que esta reacción ocurra totalmente, y como consecuencia algunos fragmentos orgánicos reaccionarán con otros cercanos pudiéndose formar una gran variedad de HAPs. Por ejemplo, la formación de estos compuestos se verá favorecida cuanto menor sea la disponibilidad de oxígeno en el ambiente para completar la combustión.

La movilidad de los HAPs en el medioambiente depende de la forma y modo en que se incorporan. Pueden ingresar a las aguas superficiales a través de la atmósfera y de descargas de efluentes industriales (como las plantas de tratamiento de madera), aguas residuales urbanas (con contenidos en los lodos de 0,5-10 μg/g de materia seca), y la eliminación inadecuada de aceites de motor usado. También se detectan en aguas freáticas, como resultado de la migración directa de aguas superficiales contaminadas o como consecuencia de suelos contaminados. Los compuestos de mayor persistencia se acumulan en plantas, peces, e invertebrados terrestres y acuáticos, por lo que se incorporarán a la cadena alimentaria.

Los principales impactos de los HAPs en la salud humana se centran en sus propiedades genotóxicas, es decir, causan daños al material genético. Los más potentes cancerígenos son el benzo(a) antraceno, benzo(a) pireno y el dibenzo (ah) antraceno **[145]**. Es importante señalar la consideración que se tiene de que todos los HAPs son sospechosos de ser cancerígenos en un grado u otro, aunque el nivel sea muy bajo.

Muchos HAPs son cancerígenos, pero también tienen otros efectos en organismos aunque poco probados, pueden tener efectos adversos en la reproducción, desarrollo e inmunidad. Según **IARC** (Agencia Internacional de Investigación del Cáncer), que depende de la **OMS** (Organización Mundial de la Salud), el fuel oil residual está catalogado como posible cancerígeno humano (2B), de entre los HAPs analizados **[146]**. Hay 6 en los catálogos del IARC:

Benzo(a) antraceno – **2 A** probable cancerígeno humano

Benzo (b) Fluoranteno – **2 B** posible cancerígeno humano

Benzo (k) Fluoranteno – **2 B** posible cancerígeno humano

Benzo(a) pireno - **2 A** probable cancerígeno humano

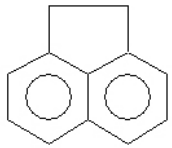
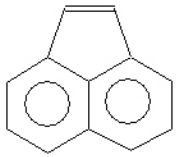
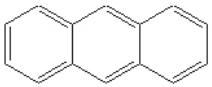
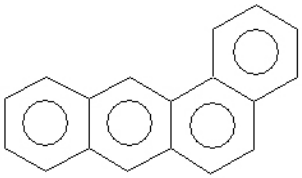
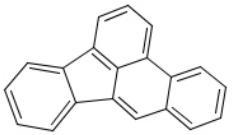
Dibenzo (ah) antraceno - **2 A** probable cancerígeno humano

Indeno (1, 2,3-cd) pireno – **2 B** posible cancerígeno humano

Estos 6 compuestos forman parte de los 16 HAPs designados por la **Agencia Americana de Protección Ambiental (USEPA)** como contaminantes prioritarios. Está comprobado que la toxicidad aumenta al aumentar el peso molecular y el carácter lipofílico del compuesto, y que los organismos acuáticos son los más afectados. Un hecho comprobado es que la radiación solar eleva significativamente la toxicidad en organismos acuáticos. Se cree que es debido a la fotoactivación de las moléculas de HAPs presentes, y que no existe metabolismo o forma de degradación de los mismos.

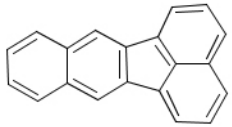
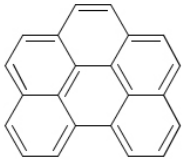
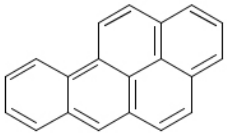
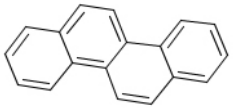
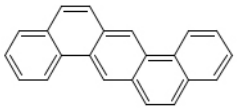
Los hidrocarburos seleccionados en el presente trabajo se muestran en la Tabla 5.10**,** donde se recoge su fórmula molecular, así como algunas de sus propiedades físico-químicas, como datos relativos a su toxicidad para mamíferos (DL-50 para ratas); valores de ADI (Ingestión Diaria Aceptable) según la OMS, que indica la dosis diaria que el hombre puede ingerir sin que existan riesgos apreciables; y datos de sus correspondientes presiones de vapor (p.v.), solubilidades (S) en agua y constantes de partición octanol-agua (Kow) **[147]**.

Tabla 5.10.- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos seleccionados para el presente estudio.

Nombre	Fórmula	S (H_2O) (mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/Kg)	ADI (µg por persona)	p.v. (mPa)
Acenafteno		3,9	3,92	600	-	287
Acenaftileno		16,1	3,94	1700	-	891
Antraceno		0,043	4,45	430	-	-
Benzo(a)antraceno		0,0094	5,76	>200	0.5	0,003
Benzo(b)Fluoranteno		0,0015	5,78	-	1.0	0,067

S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

Tabla 5.10.- (Cont.) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos seleccionados para el presente estudio.

Nombre	Fórmula	S (H_2O) (mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/Kg)	ADI (µg por persona)	p.v. (mPa)
Benzo(k)Fluoranteno		$8x10^{-4}$	6,11		0,3	$1,3x10^{-5}$
Benzo(g,h,i)Perileno		$2,6x10^{-4}$	6,63		7,6	$0,13x10^{-4}$
Benzo(a)Pireno		0,016	6,13	50	0,36	$7,3x10^{-3}$
Criseno		0,002	5,81	320	-	0,0008
Dibenzo(a,h)Antraceno		0,003	6,75	10	0,1	$0,13x10^{-4}$

S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

Tabla 5.10. (Cont.)- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos seleccionados para el presente estudio.

Nombre	Fórmula	S (H_2O) (mg/l)	Log K_{ow}	LD-50 (mg/Kg)	ADI (µg por persona)	p.v. (mPa)
Fluoranteno		0,26	5,16	2000	10	1,23
Fluoreno		1,69	4,18	2000	-	80
Indeno(1,2,3-c,d)Pireno		$1,9x10^{-4}$	6,7		0,5	$0,17x10^{-4}$
Naftaleno		31	3,3	340-2500	-	$11x10^{3}$
Fenantreno		1,15	4,46	60-700	-	16,1
Pireno		0,135	4,88	2700	10	0,6

S: solubilidad; K_{ow}: constante de distribución octanol-agua; LD-50: dosis letal media para ratas; ADI: dosis diaria aceptable; p.v.: presión de vapor

5.5. Determinación de contaminantes orgánicos en las aguas subterráneas del Acuífero de Amurga

5.5.1. Introducción

En este apartado se pone a punto el procedimiento para la determinación de plaguicidas organoclorados, plaguicidas organofosforados e hidrocarburos aromáticos policíclicos en muestras de agua subterráneas mediante extracción líquido-líquido. Estas aguas subterráneas están situadas en el acuífero de Amurga, sur de Gran Canaria (Figura 5.8), son aguas de 15 pozos, situadas en el barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga, propiamente dicho.

Los plaguicidas Organofosforados estudiados son un total de 23 compuestos, la mayoría de ellos usados en las prácticas agrícolas de la zona de estudio, tal y como se observa en las Tablas 5.6 y 5.9. Por otra parte, de los 16 plaguicidas OCs estudiados, se encuentran los considerados prioritarios por la EPA (the Environmental Protection Agency), además de los tres metabolitos de endosulfan (-éter, -lactona y –sulfato), que se excretan rápidamente en orina y heces, debido a la importancia actual de este compuesto puesto que todavía sigue estando en uso en la agricultura. Dentro de los plaguicidas OCs se incluyen en el estudio 15 PCBs. También se estudian un total de 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos (Tabla 5.10).

Este apartado se ha estructurado del siguiente modo: primero se describen los reactivos, el material y el equipo instrumental; posteriormente se dan los resultados analíticos obtenidos.

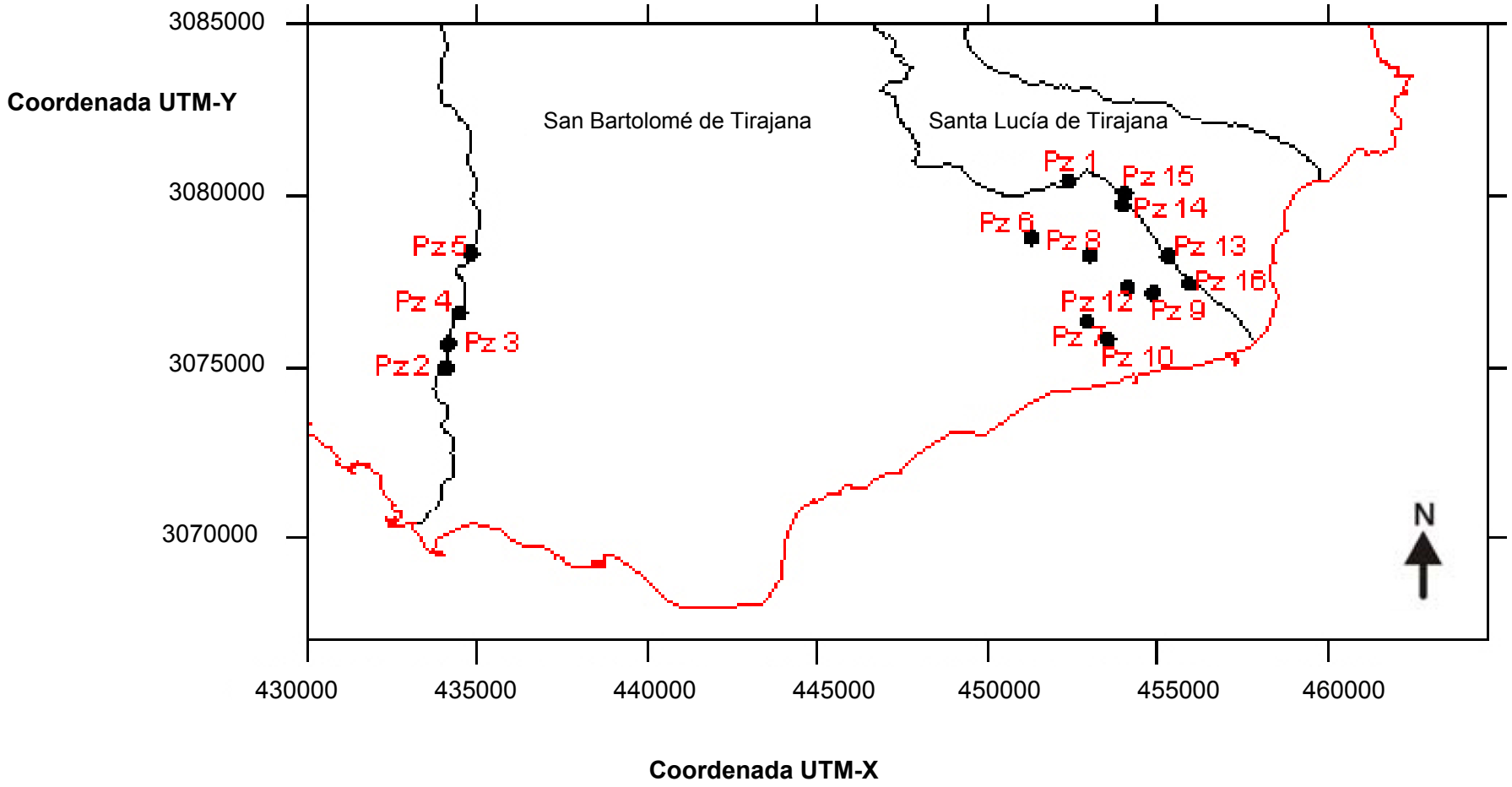


Figura 5.8.- Situación de los pozos a los que se ha estudiado la concentración de plaguicidas organoclorados, organofosforados e hidrocarburos aromáticos.

5.5.2. Reactivos, Material y Equipo Instrumental

5.5.2.1. Reactivos

Para este estudio se han usado los siguientes **reactivos**:

- Patrón de plaguicidas organofosforados: Pesticide Mix 167 de 94-99,90% de pureza (Dr. Ehrenstorfer). Los compuestos son: Dichlorvos, Methacrifos, Sulfotep, Propetamphos, Diazinon, Fonofos, Dichlofenthion, Clorpirifos methyl, Fenchlorphos, Pirimiphos ethyl, Bromophos methyl, Chlorfenvinphos, Bromophos ethyl, Methidathion, Tetrachlorvinphos, Ethion, Carbofenothion, Azinphos methyl y Azinphos ethyl.

- Patrón de pesticidas organoclorados: Pesticide Mix 163 de 94-99,50% de pureza (Dr. Ehrenstorfer). Los compuestos son: Aldrin, 4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, Dieldrin, alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endosulfan-sulfato, Endrin, alpha-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, delta-HCH, Heptachlor, Heptachlor-endo-epoxide y Methoxichlor.

- Patrón de PCBs: PCB Mix 20 de 97-100% de pureza (Dr. Ehrenstorfer). Los compuestos son: 2, 4, 4'-Trichlorobiphenyl (PCB 28), 2, 4', 5-Trichlorobiphenyl (PCB31), 2, 2', 5, 5'-Tetrachlorobiphenyl (PCB52), 3, 3', 4, 4'-Tetrachlorobiphenyl (PCB77), 2, 2', 4, 5, 5'-Pentachlorobiphenyl (PCB101), 2, 3, 3', 4, 4'-Pentachlorobiphenyl (PCB105), 2, 3', 4, 4', 5-Pentachlorobiphenyl (PCB118), 3, 3', 4, 4', 5-Pentachlorobiphenyl (PCB126), 2, 2', 3, 3', 4, 4'-Hexachlorobiphenyl (PCB128), 2, 2', 3, 4, 4', 5'-Hexachlorobiphenyl (PCB138), 2, 2', 4, 4', 5, 5'-Hexachlorobiphenyl (PCB153), 2, 3, 3', 4, 4', 5-Hexachlorobiphenyl (PCB156), 3, 3', 4, 4', 5, 5'-Hexachlorobiphenyl (PCB169), 2, 2', 3, 3', 4, 4', 5-Heptachlorobiphenyl (PCB170) y 2, 2', 3, 4, 4', 5, 5'-Heptachlorobiphenyl (PCB180).

- Patrón de HAPs: PAH Mix 61 de 97,50-99,50% de pureza (Dr. Ehrenstorfer). Los compuestos son: Acenaphtene, Acenaphtylene, Anthracene, Benzo(a) anthracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluornatene, Benzo(g,h,i)perylene, Benzo(a)pyrene, Chrysene, Dibenzo(a,h)anthracene, Fluoranthene, Fluorene, Indeno(1,2,3-c,d)pyrene, Naphtalene, Phenanthrene y Pyrene.

Se preparó una disolución madre de cada uno de los patrones y a partir de ahí, se prepararon patrones de diferentes concentraciones para hacer las curvas de calibrado. Estas diluciones se hicieron con hexano, para inyectarse en el sistema cromatográfico. Las concentraciones de los patrones se presentan en las **Tablas A5.1.1, A5.1.2, A5.1.3** y **A5.1.4** del **Anexo A5**.

- Disolventes orgánicos, calidad para análisis de residuos de plaguicidas (PAR): n-hexano y éter dietílico (Panreac, Barcelona, España).

- Sulfato sódico anhidro (PAR) (Panreac, Barcelona, España).

5.5.2.2. Material

El **material** usado fue el siguiente:

- Material de vidrio (vasos de precipitados, pipetas pasteur, etc.)

- Material volumétrico tipo A (pipetas, aforados, etc.)

- Centrífuga Hettich

- Rotavapor Heidolph VV2011

- Gases: Helio de calidad 99,9999%.

Las **muestras** de agua usadas en este estudio se guardaron en un congelador hasta su análisis. Para analizarlas se les hizo una extracción líquido-líquido con n-hexano y éter dietílico al 50% (v:v).

5.5.2.3. Equipo Instrumental

El **equipo instrumental** usado es un Cromatógrafo de gases-masas Varian CP-3800, con detector de trampa de iones, un automuestreador CP-8200, inyector 1079 y una columna capilar de sílice fundida CP-sil 8 de bajo sangrado 30 m x

0,25 mm; d.i.= 0,5 µm. El Helio se usó como gas portador a un flujo de 1 ml/min. El volumen de inyección es de 5 µl para todos los compuestos menos para los pesticidas organoclorados y en modo *splitless*. Para la inyección se usa el modo *sándwich*. La cuantificación se llevó a cabo mediante patrón externo para todos los compuestos. Las demás condiciones de trabajo son diferentes en cada caso y se exponen a continuación.

Pesticidas Organoclorados:

Para el caso de los **pesticidas organoclorados** la temperatura del inyector es de 250ºC y las condiciones de temperatura del horno se presentan en la Tabla 5.11 y las condiciones del **MS-MS** se presentan en la **Tabla A5.2.1** del **Anexo A5**.

Tabla 5.11.- Condiciones de temperatura del horno para el análisis de los pesticidas organoclorados

Tª (ºC)	Rate (ºC/min)	Hold (min)	Total (min)
60	-	5	5
180	15	2	15
300	10	5	32

Pesticidas Organofosforados:

Para el análisis de **pesticidas organofosforados** la temperatura del inyector es de 280ºC, las condiciones de temperatura del horno se presentan en la Tabla 5.12 y las condiciones del MS-MS se presentan en la **Tabla A5.2.2** del **Anexo A5**.

Tabla 5.12.-Condiciones de temperatura del horno para el análisis de los pesticidas organofosforados

Tª (ºC)	Rate (ºC/min)	Hold (min)	Total (min)
60	-	5	5
180	15,0	2	15
300	10,0	5	32

Policloruros Bifenilos:

Con respecto al análisis de **PCBs** (en este método se incluye el **Methoxichlor**) la temperatura del inyector es de 180ºC, las condiciones de temperatura del horno se presentan en la Tabla 5.13 y las condiciones del MS-MS se presentan en la **Tabla A5.2.3** del **Anexo A5**.

Tabla 5.13.-Condiciones de temperatura del horno para el análisis de los PCBs y Methoxichlor

Tª (ºC)	Rate (ºC/min)	Hold (min)	Total (min)
50		5	5
180	25	1	11,20
260	5	5	32,20
310	25	5	39,20

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos:

Para los **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos** (HAPs) la temperatura del inyector es de 285ºC, las condiciones de temperatura del horno se presentan en la Tabla 5.14 y las condiciones del MS-MS se presentan en la **Tabla A5.2.4** del **Anexo A5**.

Tabla 5.14.-Condiciones de temperatura del horno para el análisis de los HAPs

Tª (ºC)	Rate (ºC/min)	Hold (min)	Total (min)
50		5	5
180	25	3	13,20
260	10	2	23,20
280	4	0	28,20
310	5	4	38,20

5.5.3. Resultados

Para el estudio de los plaguicidas organoclorados, los plaguicidas organofosforados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos de las aguas subterráneas objeto de estudio se aplicó la técnica de extracción líquido-líquido. Hay que destacar, que en el desarrollo del procedimiento de extracción desarrollado no se llevó a cabo ningún estudio comparativo de posibles disolventes, sino que se basó en un procedimiento desarrollado en el laboratorio anteriormente para la determinación de compuestos orgánicos en muestras de agua y en el que se usó éter etílico y n-hexano como disolventes extractantes de los compuestos estudiados. De esta manera el método de extracción fue el siguiente: 500 ml de agua se extrajeron dos veces con 60 ml de la mezcla Hexano-Éter etílico (1:1) mediante agitación en un embudo de decantación durante 5 minutos. Para eliminar cualquier resto acuoso al separar la capa orgánica de la acuosa, la fase orgánica se pasa a través de un embudo de cristal con lana de vidrio y 2 cm de sulfato de sodio anhidro. Finalmente el extracto orgánico se concentra mediante evaporación en el rota-vapor a aproximadamente 40ºC con vacío y finalmente redisuelto en 1 ml de Hexano.

Para la validación del método seleccionado se estudiaron diferentes parámetros:

- El rango de linealidad de los compuestos estudiados se obtuvo mediante las curvas de calibrado de los patrones diluidos en hexano, que se

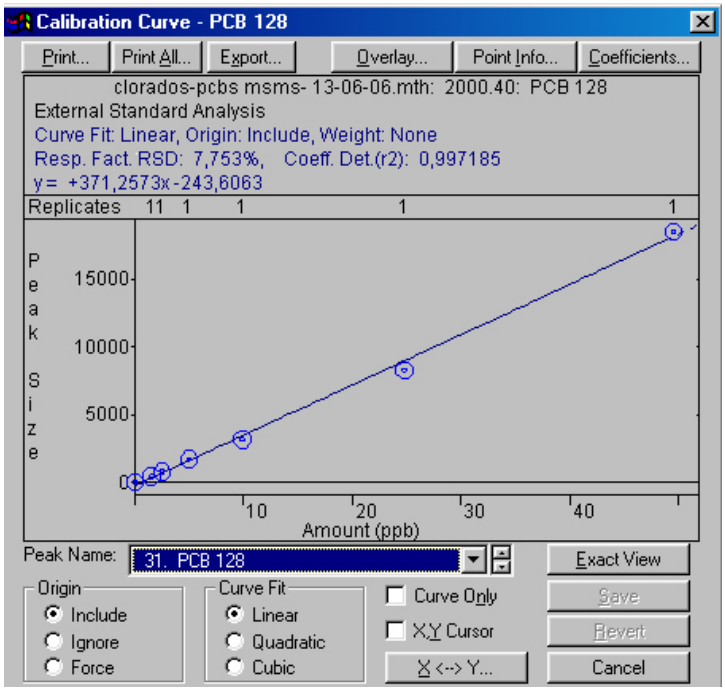
presentan en el **Anexo A5.1,** con concentraciones entre 10-1000 µg/L, para los **pesticidas organoclorados;** entre 1-50 µg/L, para los **PCBs**; entre 10-400 µg/L, para los **pesticidas organofosforados**; y entre 5-200 µg/L, para los **HAPs,** obteniéndose para todos los compuestos estudiados valores de r superiores a 0,98. A modo de ejemplo en la Figura 5.9 se presentan las curvas de calibrado para el PCB-128 y para el ß-endosulfan.

- Los límites de detección y cuantificación de cada uno de los compuestos se representan en las **tablas A5.3.1, A5.3.2, A5.3.3 y A5.3.4** en el **Anexo A5**. El límite de detección se obtuvo cuando la señal fue 3 veces el ruido de fondo en el cromatograma correspondiente al nivel más bajo de concentración para el analito.

- La exactitud fue estudiada mediante ensayos de recuperación a muestras de agua fortificadas a diferentes niveles de concentración (0,01, 0,02 y 0,1 µg/L) solamente para los **HAPs** y **pesticidas organofosforados**. En las Tablas 5.15 y 5.16 se recogen las recuperaciones y los coeficientes de variación (CVs) de los HAPs y los pesticidas organofosforados estudiados después de la aplicación de LLME a los tres niveles de concentración estudiados. Como puede observarse en la Tabla 5.15, las recuperaciones fueron mayores del 50% en el 60% de los casos, se obtuvieron resultados aceptables para 10 de los 16 HAPs, para el resto las recuperaciones fueron bastante bajas. En la Tabla 5.16, se observa que la mayoría de los casos las recuperaciones fueron mayores del 50%, se obtuvieron resultados bastante aceptables para 21 de los 23 pesticidas organofosforados estudiados. En este caso las recuperaciones fueron bastante buenas.

- La precisión fue determinada con la repetibilidad en un mismo día (n=5) de las recuperaciones a cada nivel de fortificación ensayado.

a)



b)

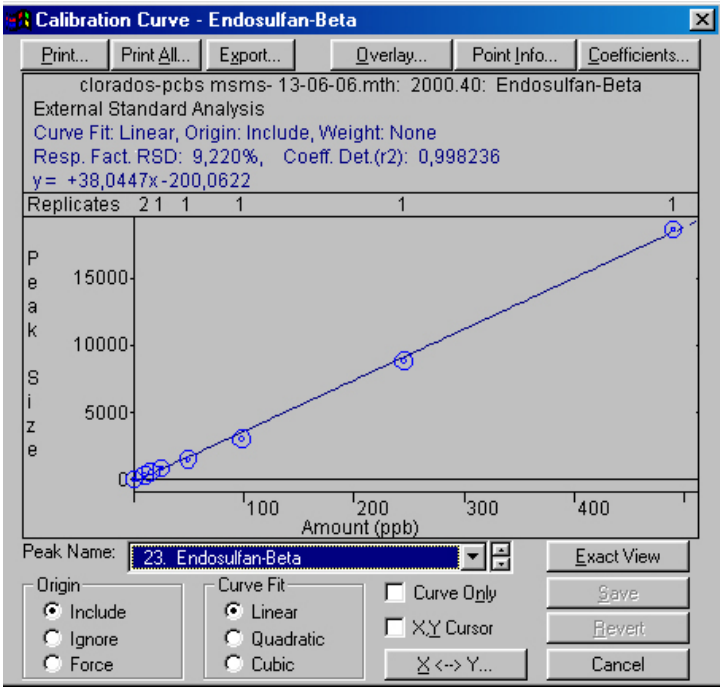


Figura 5.9.- Curva de calibrado para el compuesto PCB-128 (a) y para el compuesto ß-endosulfan (b)

Tabla 5.15.- Recuperaciones y coeficientes de variación (%) (n = 5) para HAPs después de la aplicación del procedimiento LLME a muestras de agua.

Compuestos	**0,01 µg/L**	**0,02 µg/L**	**0,1 µg/L**
Naftaleno	*nr*	*nr*	0,016 (34)
Acenaftileno	0,003 (11)	0,006 (11)	0,029 (11)
Acenafteno	0,005 (5)	0,009 (8)	0,041 (29)
Fluoreno	0,004 (5)	*nr*	0,043 (4)
Fenantreno	0,007 (15)	0,12 (9)	0,051 (4)
Antraceno	0,005 (3)	0,009 (4)	0,044 (9)
Fluoranteno	0,005 (5)	0,009 (3)	0,044 (8)
Pireno	0,006 (5)	0,011 (8)	0,044 (7)
Benzo(a)Antraceno	0,006 (5)	0,010 (6)	0,046 (7)
Criseno	0,006 (5)	0,010 (5)	0,046 (8)
Benzo(b)Fluoranteno	0,006 (3)	0,010 (3)	0,047 (8)
Benzo(k)Fluoranteno	0,007 (6)	0,011 (3)	0,040 (12)
Benzo(a)Pireno	0,005 (7)	0,009 (6)	0,052 (12)
Indeno(1,2,3,c,d)Pireno	0,005 (19)	0,008 (18)	0,049 (12)
Dibenzo(a,h)Antraceno	0,005 (16)	0,110 (5)	0,053 (8)
Benzo(g,h,i)Perileno	0,004 (16)	0,007 (16)	0,038 (16)

nr no recuperado;

Se ha realizado este estudio con el objeto de poder caracterizar la zona y ver si existe contaminación en las aguas subterráneas. Los resultados obtenidos con respecto al estudio de los compuestos orgánicos en las muestras de pozos (Figura 5.8) se presentan en las Tablas 5.17, 5.18, 5.19 y 5.20 y los cromatogramas obtenidos se presentan en el **Anexo A5 (A5.4)**.

Tabla 5.16.- Recuperaciones y coeficientes de variación (%) (n=5) para los pesticidas organofosforados después de la aplicación del procedimiento LLME a muestras de agua.

Compuestos	**0,01 µg/L**	**0,02 µg/L**	**0,1 µg/L**
Dichlorvos	nr	nr	0,026 (30)
Metacrifos	0,005 (18)	0,011 (14)	0,065 (14)
Sulfotep	0,005 (9)	0,013 (7)	0,070 (8)
Propetamfos	0,006 (13)	0,014 (7)	0,072 (18)
Fonofos	0,005 (15)	0,013 (23)	0,067 (20)
Diazinon	0,010 (13)	0,019 (8)	0,091 (16)
Etrimfos	0,009 (12)	0,017 (9)	0,087 (17)
Diclofention	0,008 (8)	0,016 (8)	0,087 (12)
Clorpirifos metil	0,007 (12)	0,015 (5)	0,082 (14)
Fenclorvos	0,009 (9)	0,017 (4)	0,087 (14)
Pirimifos metil	0,008 (14)	0,017 (5)	0,093 (15)
Malation	0,012 (21)	0,018 (2)	0,041 (13)
Clorpirifos etil	0,007 (11)	0,016 (7)	0,093 (12)
Pirimifos etil	0,009 (8)	0,018 (8)	0,092 (12)
Bromofos metil	0,010 (6)	0,017 (5)	0,083 (13)
Clorfenvinfos	0,007 (14)	0,013 (4)	0,070 (12)
Bromofos etil	0,008 (10)	0,018 (7)	0,093 (10)
Metidation	0,009 (13)	0,014 (8)	0,062 (11)
Tetraclorvinfos	0,010 (8)	0,013 (22)	0,060 (5)
Etion	0,008 (11)	0,016 (8)	0,088 (13)
Carbofenotion	0,015 (20)	0,022 (14)	0,076 (19)
Azinfos metil	0,011 (15)	0,017 (11)	0,051 (16)
Azinfos etil	0,011 (11)	0,017 (12)	0,056 (18)

nr no recuperado

Tabla 5.17.- Resultados de Pesticidas Organoclorados estudiados en las aguas de los pozos del acuífero de Amurga. Resultados en ppb (µg/L).

	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5	Pz6	Pz7	Pz8	Pz9	Pz10	Pz12	Pz13	Pz14	Pz15	Pz16
α-Lindano	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
ß-Lindano	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
γ-Lindano	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
δ-Lindano	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Heptacloro	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Aldrin	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Heptacloro epoxido	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
α-Endosulfan	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	**0,090**	n.d
DDE	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	**0,030**	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Dieldrin	n.d	n.d	n.d	**0,027**	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Endrin	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
ß-Endosulfan	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
DDD	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Endrin aldheido	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Endosulfan sulfato	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	**0,021**	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
DDT	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Metoxiclor	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

n.d.: no detectado

Tabla 5.18.- Resultados de Policloruros Bifenilos (PCBs) en las aguas de los pozos del acuífero de Amurga. Resultados en ppb (µg/L).

	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5	Pz6	Pz7	Pz8	Pz9	Pz10	Pz12	Pz13	Pz14	Pz15	Pz16
PCB 28	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 31	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 52	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 101	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 77	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 118	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 153	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 105	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 138	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 126	n.d	n.d	n.d	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 128	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 156	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 180	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 169	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PCB 170	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

n.d.: no detectado

Tabla 5.19.- Resultados de Pesticidas Organofosforados en las aguas de los pozos del acuífero de Amurga. Resultados en ppb (µg/L).

	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5	Pz6	Pz7	Pz8	Pz9	Pz10	Pz12	Pz13	Pz14	Pz15	Pz16
Diclorvos	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Metacrifos	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Sulfotep	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Propetamfos	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Fonofos	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Diazinon	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Etrimfos	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Diclofention	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Clorpirifos metil	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Fenclorvos	n.d	n.d	n.d	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Pirimifos metil	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Malation	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Clorpirifos etil	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Pirimifos etil	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Bromofos metil	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Clorfenvinfos	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	**0,007**	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Bromofos etil	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	**0,003**	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Metidation	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Tetraclorvinfos	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Etion	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	**0,008**	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Carbofention	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Azinfos metil	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Azinfos etil	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	**0,070**	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

n.d.: no detectado

Tabla 5.20.- Resultados de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en las aguas de los pozos del acuífero de Amurga. Resultados en ppb (µg/L).

	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5	Pz6	Pz7	Pz8	Pz9	Pz10	Pz12	Pz13	Pz14	Pz15	Pz16
Naftaleno	**0,030**	**0,130**	**0,021**	**0,066**	**0,018**	**0,228**	**0,092**	**0,082**	**0,018**	**0,072**	**0,085**	**0,083**	**0,117**	**0,080**	**0,062**
Acenaftileno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Acenafteno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Fluoreno	n.d	n.d	n.d	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Fenantreno	n.d	**0,006**	n.d	**0,004**	**0,003**	**0,004**	**0,017**	**0,011**	**0,003**	**0,001**	**0,002**	**0,006**	**0,014**	**0,015**	**0,006**
Antraceno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Fluoranteno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	**0,007**	**0,008**	n.d	n.d	n.d	**0,008**	n.d	n.d	n.d
Pireno	n.d	**0,003**	n.d	**0,004**	**0,003**	**0,003**	n.d	**0,005**	**0,004**	**0,002**	**0,003**	**0,006**	**0,020**	**0,013**	**0,006**
Benzo(a)antraceno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Criseno	n.d	n.d	n.d	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Benzo(b)Fluoranteno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Benzo(k)Fluoranteno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Benzo(a)pireno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Indeno(1,2,3-c,d)Perileno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Dibenzo(a,h)antraceno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Benzo(g,h,i)Perileno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

n.d.: no detectado

El coeficiente de partición K_{ow} es el índice más apropiado para cuantificar la bioacumulación de un compuesto orgánico. Este coeficiente, K_{ow}, se define como la razón de la concentración de compuesto orgánico en dos líquidos no mezclados, el octanol y el agua. Los compuestos con un valor de K_{ow} alto (es decir fácilmente solubles en octanol y menos solubles en agua) se acumulan en los organismos. Por tanto, si nos fijamos en las Tablas 5.8, 5.9 y 5.10, se observa que los valores más elevados de este coeficiente se encuentran en los HAPs y en los Plaguicidas Organoclorados, principalmente.

Sabemos, también, que todos los compuestos orgánicos con el tiempo se degradan como resultado de las reacciones químicas y microbiológicas en el suelo. El valor de esta degradación está determinado por el tiempo de semidesintegración (DT_{50}), que mide la cantidad de tiempo que tarda en desaparecer del suelo o del agua el 50% del compuesto de origen debido a su transformación por medio de procesos biológicos (biodegradación) y procesos fisicoquímicos (hidrólisis, fotolisis, etc.).

En la Tabla 5.21 se presenta el tiempo de semidesintegración (DT_{50}) de algunos compuestos orgánicos estudiados en este apartado, donde se observa que los compuestos organoclorados son los que tardan más tiempo en degradarse **[148]**.

Según los resultados obtenidos, observamos que ningún pozo supera los valores dados por el RD-140/2003 **[69]**, por lo que se podría decir que las aguas no están contaminadas de compuestos orgánicos. Con respecto a los **Pesticidas Organoclorados** sólo en tres pozos se detectaron por lo menos un plaguicida. En el Pozo 4, situado en el barranco de Arguineguín, se detectó el ***Dieldrin***; en el Pozo 9, situado en la parte este del Macizo de Amurga, zona de cultivos intensivos, se detectaron el ***DDE*** y el ***endosulfan-sulfato***; y en el Pozo 15, situado en el barranco de Tirajana, se detectó el ***α-endosulfan***.

Tabla 5.21.- Relación del tiempo de semidesintegración (DT_{50}) de algunos de los compuestos orgánicos estudiados **[148]**.

Compuesto	Unidad	Valor	Conclusión
Aldrin	días	20-100	Ligeramente degradable
Clorfenvinfos	días	10-45	Bastante degradable
DDT	años	4-30	Muy ligeramente degradable
Diazinon	semanas	1,2-5	Bastante degradable
Dieldrin	años	>7	Muy ligeramente degradable
Endosulfan	días	60-800	Ligeramente degradable
Endrin	años	4-14	Muy ligeramente degradable
α-lindano	semanas	20	Ligeramente degradable
γ-lindano	meses	15	Muy ligeramente degradable
Heptacloro	días	250	Muy ligeramente degradable
Malation	días	4-6	Fácilmente degradable
Paration	días	1	Fácilmente degradable
Metil-Paration	días	10-60	Bastante degradable
PCBs	años		Muy ligeramente degradable
Benzo(a)pireno	años	2-10	Muy ligeramente degradable
Naftaleno	horas	7-24	Fácilmente degradable

Al estudiar la concentración de los PCBs (Policloruros Bifenilos), en ninguno de los pozos estudiados se ha encontrado alguno de estos compuestos. Y con respecto al estudio de los pesticidas organofosforados, sólo en uno de los 15 pozos se obtuvo un resultado, sin llegar al límite establecido por la normativa de aguas **[69]**. Solamente en el Pozo 6 se obtuvieron trazas de **Clorfenvinfos**, **Bromofos etil**, **Etion** y **Azinfos Etil**.

Con respecto al estudio de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos sí que se obtuvieron en todos los pozos, aunque también en bajas concentraciones y siempre cumpliendo la normativa de Aguas **[69]**. A los 15 pozos se les encontró algún compuesto, entre ellos, el **Naftaleno** (el de mayor concentración), El **Fenantreno**, **Fluoranteno** y **Pireno**, estos tres a niveles traza.

6. DISCUSIÓN GENERAL

6.1. Introducción

En este capítulo se presenta una discusión general de los resultados obtenidos en esta investigación, según los datos y resultados de los capítulos anteriores. En algunos casos los resultados se han obtenido mediante diferentes metodologías y técnicas, y todo esto requiere la unión de todos los resultados para una mejor interpretación.

Una de las limitaciones principales en este estudio es la falta de datos hidráulicos y datos sobre el agua de lluvia, y debido a esto no se han podido establecer las características hidráulicas de la zona ni la recarga.

El objetivo fundamental de esta tesis doctoral es la caracterización hidrogeoquímica, así como el estudio de contaminantes orgánicos (pesticidas organoclorados, pesticidas organofosforados, PCBs y HAPs) de la zona de estudio, el sur de Gran Canaria.

6.2. Geología

Los materiales de interés hidrogeológico de la zona de estudio son del Ciclo I: basaltos antiguos, familia riolítico-traquítica y la familia fonolítica (Figura 2.4, Figura 2.5, Figura 2.6 y Figura 2.7). También aparecen materiales del Ciclo II (ó Roque Nublo) y materiales sedimentarios, estos últimos en el barranco de Tirajana, sobre todo.

En la zona de estudio se pueden separar varias zonas geológicamente diferentes:

- Barranco de Tirajana, en el que afloran materiales del Ciclo Roque Nublo y post-Roque Nublo, sobre todo depósitos de barranco y sedimentos y arenas en la desembocadura y coladas fonolíticas y basaníticas en las laderas del barranco.

- Macizo de Amurga y Barranco de Fataga y Barranco de Arguineguín, donde los principales materiales que afloran son del Ciclo I: basaltos antiguos, la familia riolítico-traquítica y la familia fonolítica También

aparecen materiales del Ciclo II o Roque Nublo y materiales sedimentarios (Formación Detrítica de Las Palmas y episodios sedimentarios recientes). Estos últimos tienen poca importancia para este estudio porque, o bien son de poca entidad, o bien ningún pozo explota aguas presentes en ellos.

El Macizo de Amurga ha sido formado por la sucesión de coladas masivas y potentes, de diez a quince metros, de fonolitas y coladas ignimbríticas que se alternan con los niveles piroclásticos de tobas, pómez, etc. Esta familia fonolítica de edad miocena, fue reconocida en la columna litológica del sondeo de Las Burras-S. Agustín **[12, 149]**. Estas fonolitas con fenocristales feldespáticos (anortosa, sanidina sódica) y feldespatoides (nefelina y haüyna) constituyen la fase más diferenciada de una serie alcalina subsaturada del tipo:

Basaltos → Traquibasaltos → Traquitas y fonolitas

Estas lavas, por tanto, se caracterizan por un contenido en sílice relativamente elevado (≈60%) y una predominancia neta de alcalinos (Na, K) **[15 y 32]**.

6.3. Hidroquímica

En la zona de estudio la familia fonolítica descansa directamente sobre los basaltos antiguos miocenos o con la familia intercalada riolítico-traquítica. Desde el punto de vista hidrogeológico, la posición en profundidad del zócalo basáltico puede tener importancia ya que podría representar, en la práctica, el muro del sistema acuífero global **[12]**. Según un sondeo de reconocimiento realizado en el sur del Macizo de Amurga (Figura 6.1) para determinar la profundidad de este substrato, llegó hasta los 266 m (cota -255,3 m) sin haberlo alcanzado. De acuerdo con la geología de la zona, se puede considerar un sustrato con una permeabilidad muy baja, sólo en los barrancos existe una permeabilidad mayor.

Los perfiles de temperatura y conductividad explican la procedencia de la recarga del agua subterránea. Explican la existencia de flujos verticales en el sondeo o la presencia de entradas de agua del acuífero. Los flujos verticales pueden indicar diferencias de potencial hidráulico entre diferentes formaciones, o circulación entre las fracturas. El gradiente geotérmico del agua en profundidad aumenta 0,03ºC/m, sin ninguna alteración, pero éste variará según la conductividad de las rocas u otras características físicas de las mismas (la relación

presión con temperatura, la composición química y las reacciones que se produzcan, la existencia de material radiactivo, la presencia de movimientos convectivos y rozamientos, etc.).

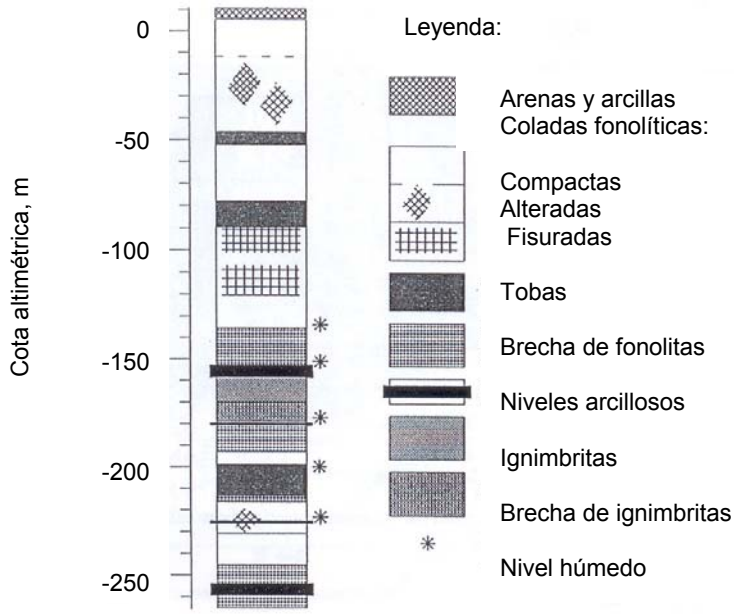


Figura 6.1.- Columna estratigráfica del sondeo "Las Burras"

De los perfiles de conductividad eléctrica en los sondeos se ha determinado que el agua subterránea no está estratificada, en la mayoría de los sondeos la conductividad es bastante homogénea. En sondeos donde la conductividad aumenta bruscamente en profundidad, lo más seguro es que sea debido a una mezcla con agua marina (sondeo costero). Existen otros casos en que en los primeros metros del sondeo la conductividad es menor que en profundidad, esto posiblemente sea debido a la caída de agua de lluvia directa en el pozo. Pero el caso más sorprendente observado es en el Sondeo S-8, donde la conductividad eléctrica en los primeros metros es superior a la de los niveles más profundos. Esta estratificación puede deberse a que en los niveles superiores la zona sea más impermeable y por lo tanto el agua se renueve más lentamente y que la circulación del agua se efectúe en profundidad. Este sondeo dispone de columna litológica hasta los 242 m de profundidad **[12]**, sin llegar a alcanzar el fondo (Figura 6.2). Se observan zonas más alteradas, que podrían corresponder a las zonas de la roca más fisuradas y por tanto más permeables.

Atendiendo a los perfiles de temperatura, en general los sondeos siguen un gradiente térmico próximo al normal, pero existen sondeos en los que el gradiente es menor, de 1ºC cada 40 m, en estos casos puede existir una mayor influencia de los flujos verticales del agua en dichos sondeos.

Con respecto al origen de la salinidad, en un acuífero costero puede ser debido a varios procesos:

- La intrusión marina
- Mezcla con agua marina antigua
- Aridez climática (infiltración de aguas saladas debido al aerosol marino y a la concentración de agua de lluvia ó evaporación del agua subterránea)
- Aportación de los tipos litológicos o por disolución de evaporitas
- Aportación de aguas con un elevado periodo de residencia con una salinización elevada
- Retornos de riego, con su consecuente aumento de nitratos, sulfatos y de la salinidad en general

A partir de los datos de conductividad eléctrica obtenidos de todas las aguas de pozos y sondeos y de su situación en la zona de estudio se han definido tres unidades hidrogeológicas: El Barranco de Tirajana, compuesta por aguas bastante salinas y con una concentración de nitratos importante (con conductividades eléctricas que varían entre 4790 y 13410 µS/cm); El Barranco de Arguineguín, compuesto por aguas bastante menos mineralizadas (con conductividades que varían entre 1340 y 3090 µS/cm); y el Macizo de Amurga, propiamente dicho, compuesto por aguas más heterogéneas, con conductividades que oscilan entre 800 y 8970 µS/cm. Se estudiarán las diferentes zonas por separado para averiguar el origen de la salinidad.

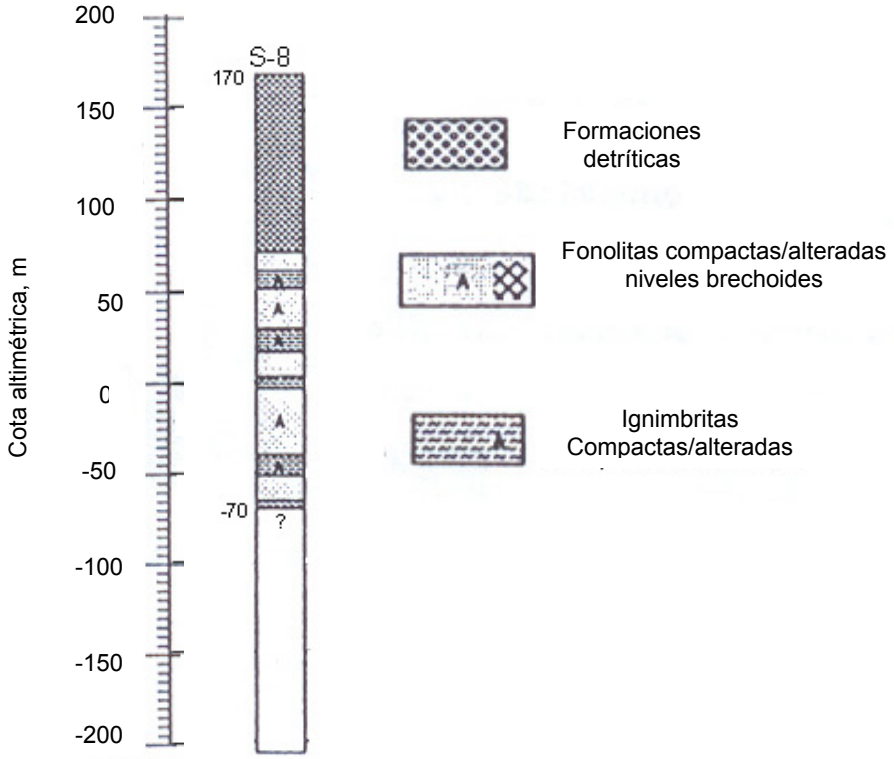


Figura 6.2.- Columna estratigráfica del sondeo S-8

6.3.1. Barranco de Tirajana

El agua subterránea de los pozos del Barranco de Tirajana presenta una composición clorurado-sódica-cálcico-magnésica y relaciones iónicas bastante diferentes a la composición química del agua de lluvia **[37]**. La Tabla 6.1 presenta los valores medios de las relaciones iónicas más significativas de la precipitación, tomadas de Gasparini y col. **[37]**, debido a que en la presente investigación no se ha hecho un estudio de la misma, y del agua de los pozos del Barranco de Tirajana. Se observa que existe una buena correlación con la relación rSO_4/rCl, mientras que la relación rNa/rCl para las aguas del Barranco de Tirajana es mucho menor y la relación rNa/rK es bastante mayor que la del agua de lluvia. El mayor valor de la relación rNa/rK en las aguas del Barranco de Tirajana con respecto al agua de lluvia es atribuible a la interacción agua-roca, donde tras la alteración de los silicatos existe una sorción preferencial del K en los minerales de alteración.

Tabla 6.1.- Valores medios de las relaciones iónicas de interés de la precipitación y de las aguas del Barranco de Tirajana.

	rNa/rCl	rSO_4/rCl	rNa/rK
Media precipitación [37]	0,76	0,20	16
Media Barranco Tirajana	0,37	0,11	32

Estas aguas tienen un elevado contenido de cloruros, de sodio, de calcio y magnesio; son aguas con una mineralización muy elevada, aunque si las comparamos con el agua de mar (Figura 6.3), la proporción de los iones mayoritarios de los pozos no se aproxima a ella, únicamente la proporción de iones cloruro es la más parecida y esto será debido, seguramente, a la gran mineralización de las aguas.

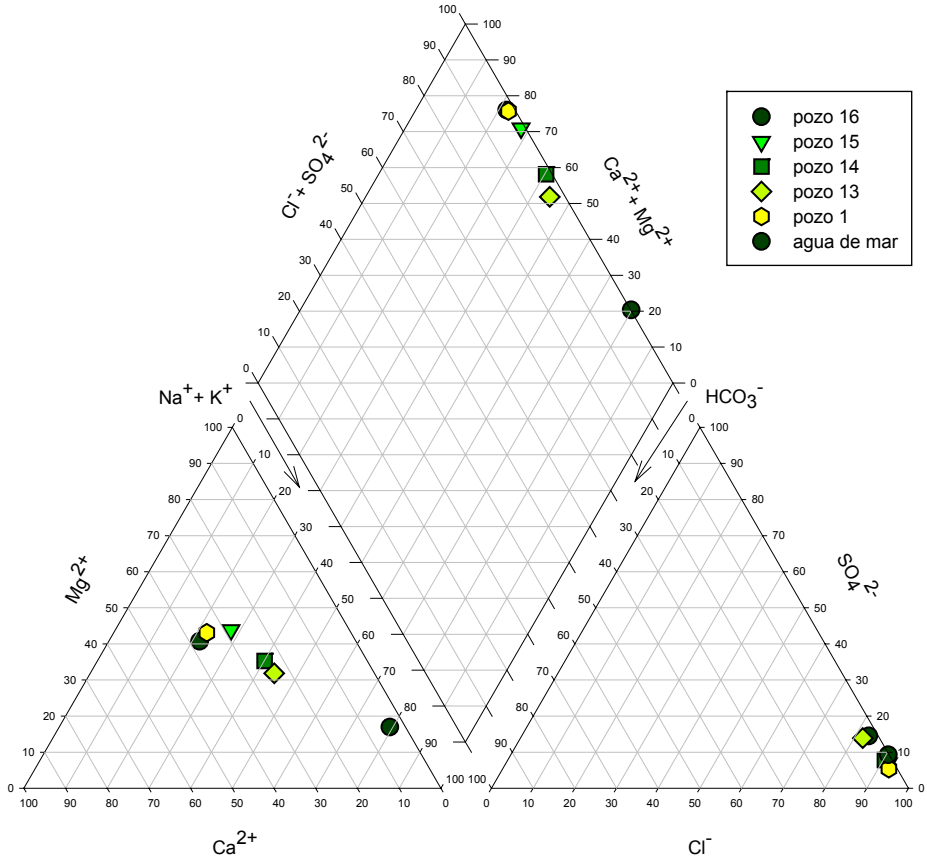
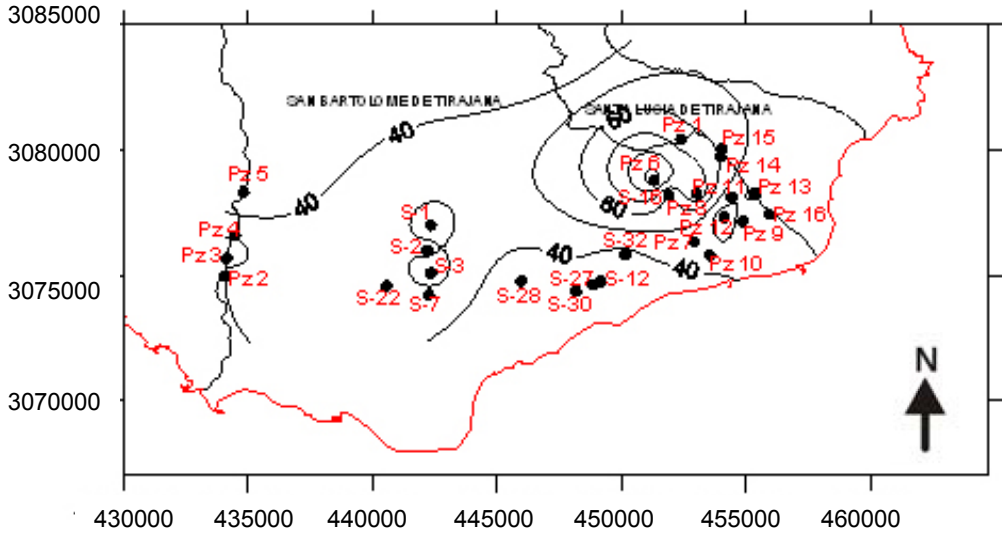


Figura 6.3.- Diagrama Piper de los pozos situados en el Barranco de Tirajana, durante todo el periodo de estudio.

Además de los elevados contenidos en alcalinos y alcalinotérreos de las aguas de esta zona, tienen un elevado contenido en sílice (Figura 6.4 (a)), y la relación rMg/rCa aumenta con respecto al Macizo de Amurga y Barranco de Arguineguín (Figura 6.4 (b)). Esto podría indicar que el agua de esta zona podría provenir en mayor proporción de los basaltos y de las traquitas y fonolitas.

a)



b)

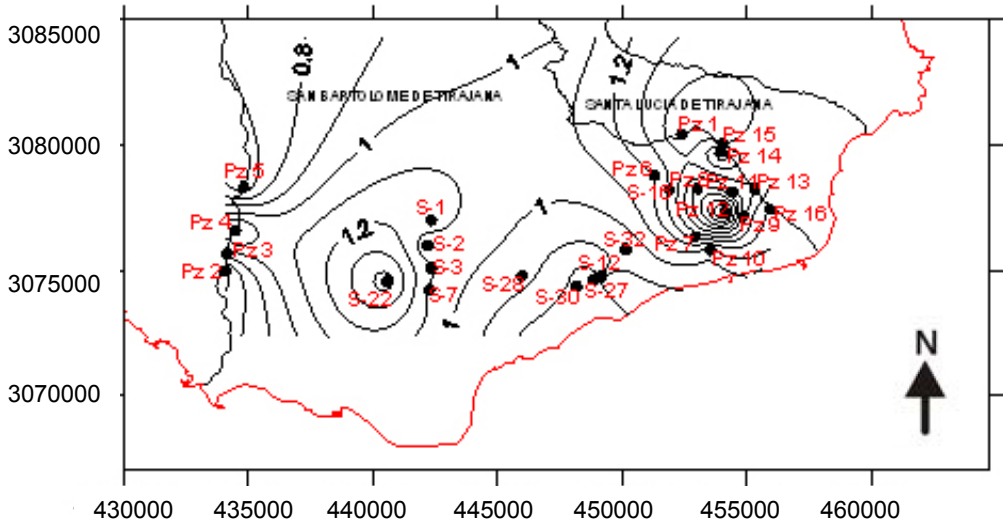


Figura 6.4.- Mapa de iso-contenido en SiO_2 (mg/L) (a) y de la relación rMg/rCa (b) en el año 2004 para la zona de estudio.

Las elevadas cantidades de Mg se deben a los altos tiempos de residencia de las aguas de la zona, ya que, según un estudio de datación con tritio y carbono-14 realizado por Gasparini **[11]**, demuestra que las aguas de la zona tienen, como mínimo, 10.000 años de edad.

Si atendemos a la evolución química de las aguas del Barranco de Tirajana (**Anexo A4.2**), en los diagramas de Schöeller-Berkaloff (columnas logarítmicas), se observa de forma inmediata cuales son los iones dominantes, que en este caso son, como se dijo anteriormente, el calcio, el magnesio y el cloruro, principalmente. En la Figura 6.5 se representa la salinidad de las aguas de los pozos situados en el Barranco de Tirajana. Se observa que la salinidad permanece constante a lo largo de una década.

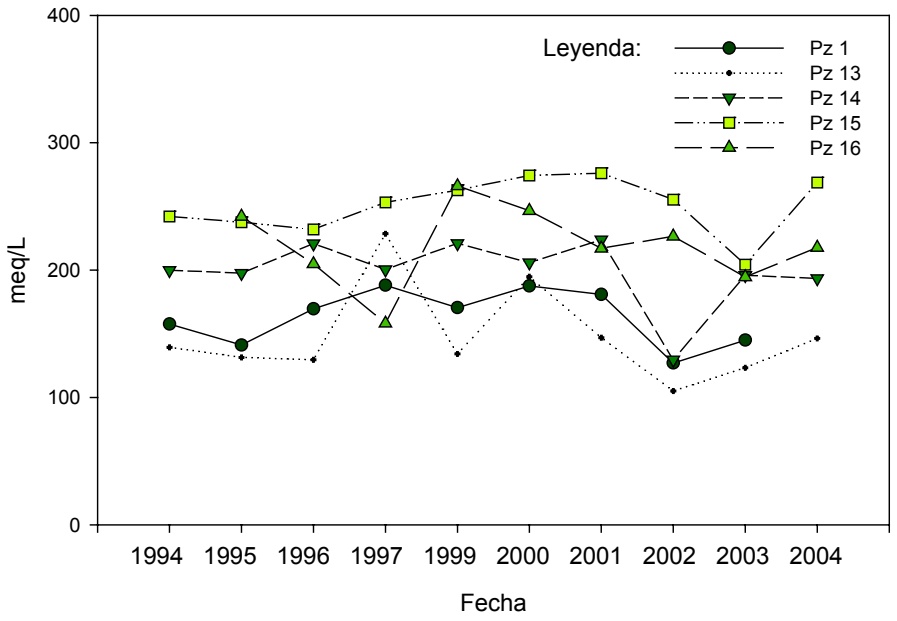


Figura 6.5.- Evolución de la salinidad de las aguas de pozos del Barranco de Tirajana

En la zona del Barranco de Tirajana existe y ha existido una actividad agrícola intensa, por eso existen unos elevados contenidos en nitratos. En algunos de estos pozos se han llegado a medir hasta 189 mg/L de nitrato. Los elevados contenidos en nitratos de las muestras del Barranco de Tirajana indican una componente antrópica en la composición química del agua subterránea. Por tanto ésta también podría ser una razón por la que la salinidad es tan elevada.

Los índices de saturación de los minerales carbonatados (calcita, dolomita y aragonito) indican en las Figuras 4.46 a 4.49, que la mayoría de las aguas están en equilibrio con la calcita y el aragonito, exceptuando el pozo 13, donde sus aguas se encuentran en la zona de sobresaturación, aunque las posibilidades de precipitación son escasas, debido a las condiciones de presión y temperatura cercanas a superficie. Para la dolomita se observa que la mayoría de las aguas de los pozos de la zona se encuentran en la zona de sobresaturación, exceptuando el pozo 16, que está en equilibrio.

6.3.2. Barranco de Arguineguín

El agua subterránea de los pozos del Barranco de Arguineguín presenta una composición clorurado-sódica y relaciones iónicas parecidas a la composición química del agua de lluvia **[37]**. La Tabla 6.2 presenta los valores medios de las relaciones iónicas más significativas de la precipitación, tomadas de Gasparini **[37]** y del agua de los pozos del Barranco de Arguineguín. Se observa que existe una buena correlación con las relaciones rSO_4/rCl y rNa/rCl, mientras que para la relación rNa/rK es bastante mayor que la del agua de lluvia. Este valor más elevado se puede atribuir a la interacción agua-roca, donde tras la alteración de los silicatos existe una sorción preferencial del K en los minerales de alteración.

Estas aguas no son tan mineralizadas, sus conductividades oscilan entre 1300 y 3000 µS/cm, pero sus iones dominantes son el cloruro y el sodio y si observamos el diagrama Piper de las aguas de esta zona (Figura 4.23) vemos que se acercan al polo marino. Las relaciones iónicas de la tabla 6.2 también se aproximan a los valores marinos, que para la relación rNa/rCl es de 0,86, para rSO_4/rCl es de 0,11 y para rNa/rK es de 47. Estos valores tan elevados pueden ser explicados por un aporte de sodio por la alteración de las plagioclasas, además del aporte del

aerosol marino. En este caso no existe contaminación por retornos de riego, porque en esta zona la concentración de nitratos no supera los 9 mg/L.

Tabla 6.2.- Valores medios de las relaciones iónicas de interés de la precipitación y de las aguas del Barranco de Arguineguín**.**

	rNa/rCl	rSO_4/rCl	rNa/rK
Mediana precipitación [37]	0,76	0,20	16
Mediana Barranco de Arguineguín	0,86	0,14	32

Si atendemos a la evolución química de las aguas del Barranco de Arguineguín (**Anexo A4.2**), en los diagramas de Schöeller-Berkaloff (columnas logarítmicas), se observa de forma inmediata cuales son los iones dominantes, que en este caso son, como se dijo anteriormente, el cloruro y el sodio, principalmente. Existe un enriquecimiento en bicarbonatos y esto puede ser debido a la disolución de los minerales secundarios presentes en los basaltos (calcita, dolomita, aragonito, etc.), aunque este tipo de aguas pueden estar asociadas a una actividad hidrotermal, cosa nada extraña en una isla volcánica. En la Figura 6.6 se representa la salinidad de las aguas de los pozos situados en el Barranco de Arguineguín. Se observa que la salinidad permanece constante a lo largo de una década, aunque hay una cierta tendencia a la disminución de salinidad en los pozos Pz2 y Pz5.

Al observar la Figura 6.4 (a) se ve que el sílice es bastante elevado, en general la concentración de sílice es bastante elevada en toda la zona de estudio, ya que en esta zona los materiales que predominan son las fonolitas, que se caracterizan por su elevado contenido en sílice y en alcalinos. Los índices de saturación de los minerales carbonatados (calcita, dolomita y aragonito) indican en las Figuras 4.46 a 4.49, que la mayoría de las aguas están en equilibrio con la calcita, dolomita y aragonito.

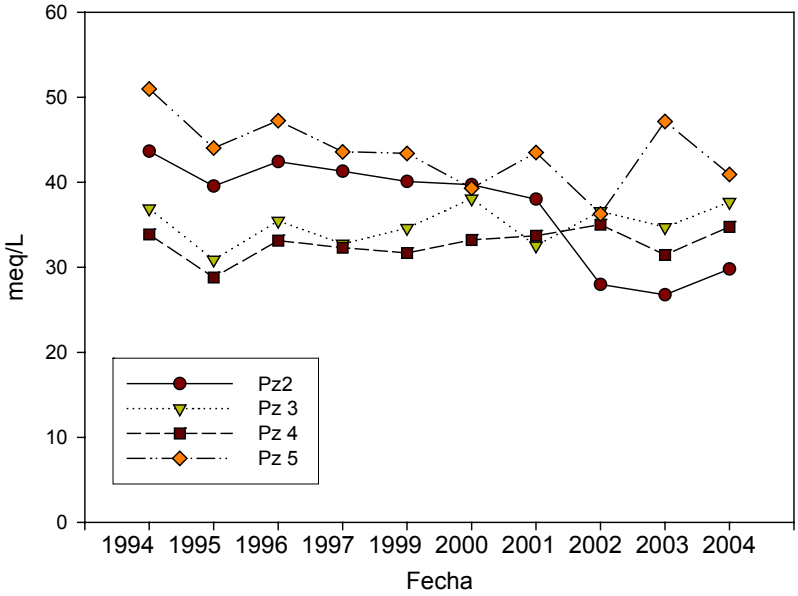


Figura 6.6.- Evolución de la salinidad de las aguas de pozos del Barranco de Arguineguín.

6.3.3. Macizo de Amurga

Esta zona está formada por sondeos situados en el barranco de Fataga y pozos y sondeos situados en el Macizo de Amurga, propiamente dicho. El agua subterránea de los pozos del Macizo de Amurga presenta una composición clorurado-sódica principalmente y relaciones iónicas aproximadas a la composición química del agua de lluvia **[37]**. La Tabla 6.3 presenta los valores medios de las relaciones iónicas más significativas de la precipitación, tomadas de Gasparini **[37]** y del agua de los pozos de Amurga y Fataga. Se observa que existe una buena correlación con la relación rSO_4/rCl y rNa/rCl, mientras que el valor de la relación rNa/rK es bastante mayor que la del agua de lluvia. El mayor valor de la relación rNa/rK en las aguas de Amurga y Fataga con respecto al agua de lluvia es atribuible a la interacción agua-roca, donde tras la alteración de los silicatos existe una sorción preferencial del K en los minerales de alteración.

Tabla 6.3.- Valores medios de las relaciones iónicas de interés de la precipitación y de las aguas de Amurga y barranco de Fataga.

	rNa/rCl	rSO_4/rCl	rNa/rK
Mediana precipitación [37]	0,76	0,20	16
Media Macizo de Amurga	0,98	0,19	34
Media barranco de Fataga	1,07	0,12	37

En esta zona, la mineralización de las aguas es bastante variable. En el barranco de Fataga, las conductividades oscilan entre 1500 y 2500 µS/cm; mientras que en el Macizo de Amurga, las conductividades varían mucho más, entre 1000 y 8900 µS/cm, en esta zona, las aguas del Macizo de Amurga central están bastante más mineralizadas que las del Macizo de Amurga oriental.

Para determinar las posibles mezclas de agua se ha empleado el diagrama Piper. En la Figura 6.7 se presenta este diagrama para esta zona de estudio y se perciben dos familias de agua de diferentes zonas: Por un lado las aguas de los sondeos situados en el Barranco de Fataga y por otro las aguas del Macizo de Amurga, propiamente dicho.

En el barranco de Fataga se pueden observar dos líneas de mezcla: la de las aguas del sondeo 1 y el sondeo 2 y las de los sondeo 3, 7 y 22. Si observamos la evolución de la salinidad de estos 5 sondeos (Figura 6.8), vemos que todos tienen una salinidad parecida, excepto el sondeo 22, que aumenta casi el doble en los dos últimos años, esto podría ser debido al ascenso de aguas fósiles del acuífero, aunque podría ser debido, también, a una intrusión marina, sólo un análisis isotópico de la relación $^{34}S/^{32}S$ podría indicar el origen de los sulfatos. Si nos fijamos en los diagramas logarítmicos (Schöeller-Berkaloff) en el **Anexo A4.2,** observamos que las aguas de los sondeos S-1 y S-2 son cloruradas-sódicas-bicarbonatadas, mientras que la de los sondeos S-3, S-7 y S-22 son aguas cloruradas-sódicas. Las aguas bicarbonatadas suelen estar asociadas a una actividad de tipo hidrotermal, aguas situadas al norte del barranco de Fataga. Pero el sondeo S-22 es un agua clorurada-sódica pero con tendencia a aumentar el calcio y el magnesio. Este aumento de magnesio puede ser debido a los elevados tiempos de residencia de las aguas explotadas, con una edad, como mínimo, de

10 000 años **[37]**, así podríamos decir con cierta seguridad que no existe intrusión marina.

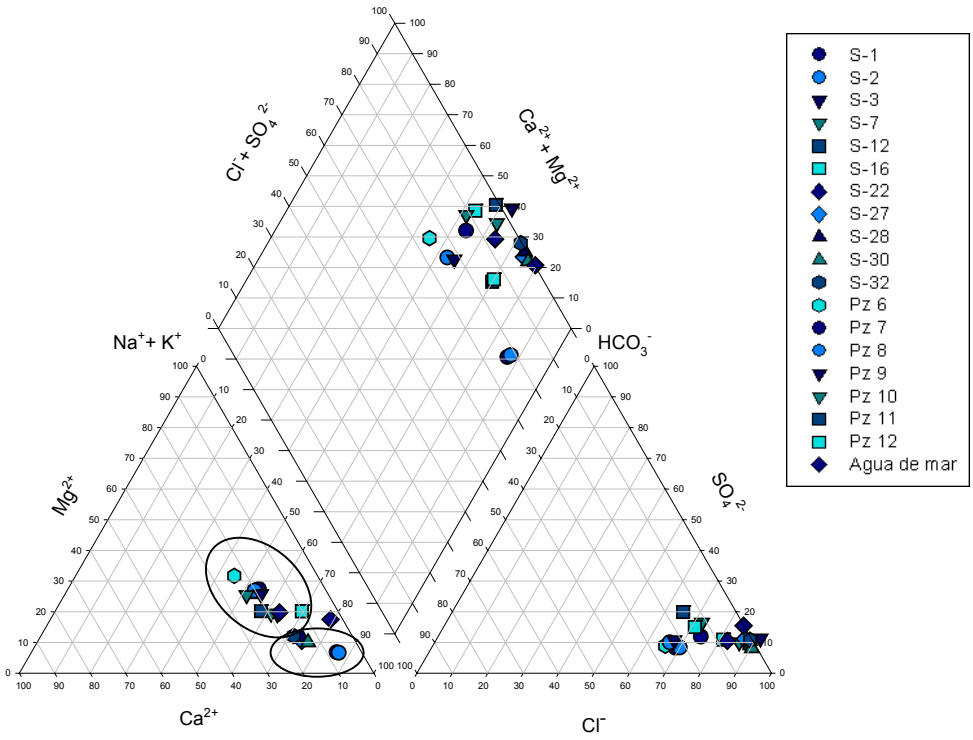


Figura 6.7.- Diagrama Piper de los pozos situados en el Barranco de Fataga y Macizo de Amurga, durante todo el periodo de estudio.

Las aguas de los pozos y sondeos del Macizo de Amurga, si observamos la Figura 6.7, se encuentran apiñadas en el polo marino. No se puede determinar la existencia de posibles mezclas entre estas aguas. Para ver su evolución química representamos primero la evolución de la salinidad de estas aguas (Figura 6.9) durante el periodo de muestreo. Se observa que las aguas de los pozos situados en la parte oriental del Macizo de Amurga presentan una homogeneidad bastante grande, su salinidad permanece constante durante diez años, pero las muestras situadas en la parte central del Macizo, vemos que tienen una salinidad bastante mayor y que incluso algunos sondeos aumentan bastante su salinidad en dos años. Sin embargo, no necesariamente es debido a un fenómeno de intrusión marina. Esto puede ser debido al ascenso de aguas fósiles del acuífero, ya que la relación rCl/rSO_4 (0,19) no se asemeja a la de agua de mar (que es de 0,11). Aun

así un análisis isotópico de la relación $^{34}S/^{32}S$ podría indicar el origen de los sulfatos.

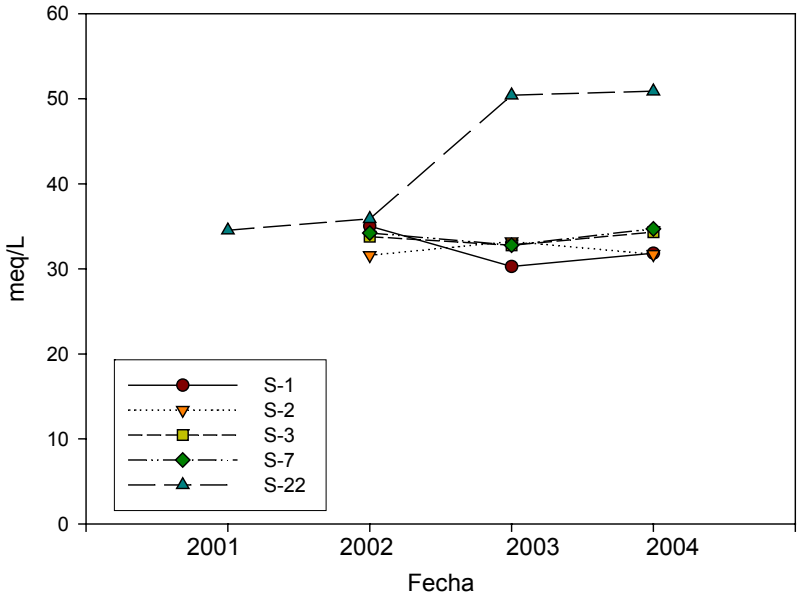


Figura 6.8.- Evolución de la salinidad de las aguas de pozos del Barranco de Fataga.

Si nos fijamos en los diagramas logarítmicos (Schöeller-Berkaloff) en el **Anexo A4.2,** observamos que la mayoría de las aguas de los pozos son de tipo cloruradas-sódicas, algunas aguas con tendencia a bicarbonatadas, que están asociadas a una actividad hidrotermal. Algunos sondeos como el S-12 y S-16 son aguas de tipos cloruradas-sódicas-cálcicas y magnésicas, este aumento de calcio y magnesio puede ser debido a los elevados tiempos de residencia de las aguas explotadas. Es decir, a la subida de las aguas fósiles debido a la excesiva explotación de estas aguas.

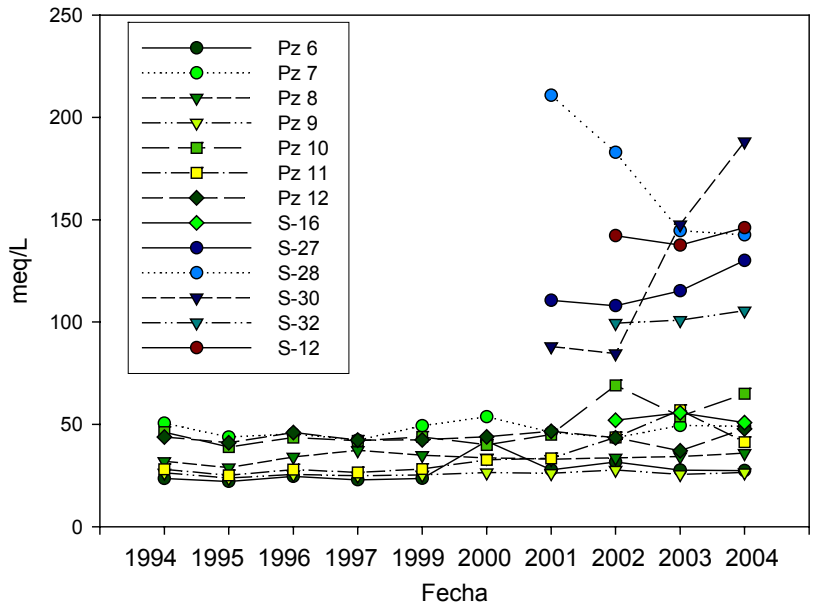


Figura 6.9.- Evolución de la salinidad de las aguas de pozos del Macizo de Amurga

Este aumento de salinidad podría ser debido, también, a los retornos por riego, ya que en esta zona existe una actividad agrícola, pero si observamos la distribución de los nitratos en esta zona (Figura 6.10) vemos que la mayor influencia está sobre los pozos 10, 11 y 12, situados en la parte oriental del Macizo de Amurga. Los elevados contenidos en nitratos de las muestras del Barranco de Tirajana indican una componente antrópica en la composición química del agua subterránea, esto podría ser una de las razones del aumento de salinidad, aunque en este caso la concentración de nitratos no es muy elevada.

Los índices de saturación de los minerales carbonatados (calcita, dolomita y aragonito) de las muestras de agua de los pozos y sondeos del Barranco de Fataga y Macizo de Amurga, indican en las Figuras 4.46 a 4.49, que la mayoría de las aguas están en equilibrio con la calcita dolomita y aragonito, exceptuando los pozos situados en la zona baja del barranco de Fataga que se encuentran subsaturados y el pozo 11 que está sobresaturado en los tres minerales, aunque es difícil que precipiten debido a las condiciones de presión y temperatura cercanas a la superficie.

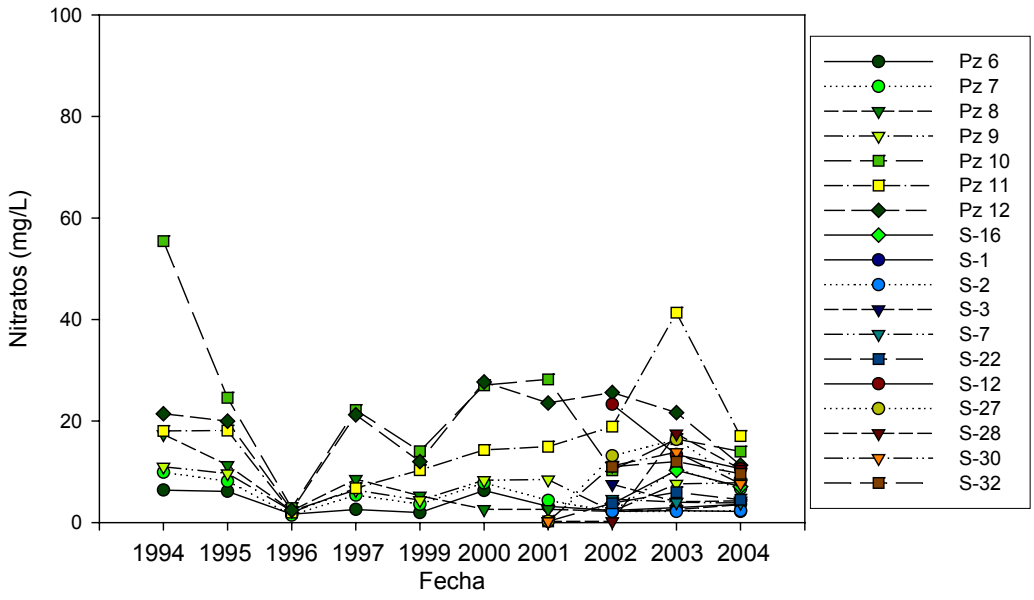


Figura 6.10.- Evolución de la concentración de nitratos en las aguas de pozos del Barranco de Fataga y Macizo de Amurga

La zona de estudio ha sido citada como ejemplo de mayor mineralización de las aguas subterráneas como consecuencia de la aridez climática **[36 y 67]**. El efecto de la aridez climática tiene su origen en una evaporación mayor que existe en las zonas áridas y semiáridas, que genera una mayor concentración de las sales en las aguas de recarga. Podría ser una de las razones del aumento de la salinidad.

6.4. Análisis de compuestos orgánicos

Uno de los problemas más importantes de los acuíferos es la contaminación por compuestos orgánicos debido tanto a las actividades agrícolas (pesticidas), como a las actividades industriales (HAPs, etc.). El uso generalizado de los plaguicidas en la agricultura, así como en la industria, caminos, carreteras, vías férreas y en uso doméstico, puede llegar a producir un empobrecimiento de la biodiversidad, contaminar las aguas subterráneas y superficiales y amenazar la salud humana, tanto por exposición directa como a través de sus residuos en alimentos o en aguas potables.

La preocupación por los efectos nocivos derivados de la utilización de plaguicidas en las actividades agrícolas es una constante de nuestra sociedad actual. Como ya es conocido, la isla de Gran Canaria tiene una gran tradición en cultivos intensivos, con lo que el consumo de estos productos de síntesis es muy elevado. Además, el número de plaguicidas usados en la actualidad es muy alto y su composición química muy variada, con lo que los efectos tóxicos y los problemas ambientales derivados de su amplia utilización en la agricultura son complejos y muy variados.

Debido a esto, hemos realizado una caracterización orgánica de las aguas subterráneas del área de estudio, haciendo un estudio de pesticidas Organoclorados, PCBs, pesticidas Organofosforados y HAPs.

Para este se ha utilizado un Cromatógrafo de de Gases-Masas Varian CP-3800, que permite la identificación de múltiples compuestos orgánicos en diferentes fases (sólida, líquida y gaseosa). En sí no se diferencia de otro cromatógrafo de gases, ya que desde el punto de vista técnico consta de los mismos componentes, destacándose este por el sistema de detección que posee, un detector masas/masas, con trampa de iones, un automuestreador CP-8200, inyector 1079 y una columna capilar de sílice fundida CP-sil 8 de bajo sangrado 30 m x 0.25 mm; d.i.= 0,5 µm.

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 5.17, 5.18, 5.19 y 5.20 y los cromatogramas obtenidos se presentan en el **Anexo A5 (A5.3)**.

En general, se observa que ningún pozo supera los valores dados por el RD-140/2003, pero se presentan niveles traza en algunos de los pozos estudiados.

Con respecto a los **pesticidas organoclorados** sólo en tres pozos se detectaron por lo menos un plaguicida. En el Pozo 4, situado en el barranco de Arguineguín, se detectó el ***Dieldrin***; en el Pozo 9, situado en la parte este del Macizo de Amurga, zona de cultivos intensivos, se detectaron el ***DDE*** y el ***endosulfan-sulfato***; y en el Pozo 15, situado en el barranco de Tirajana, se detectó el ***α-endosulfan***. De estos pesticidas, sólo el endosulfan se sigue usando, el DDE obtenido (producto intermedio del DDT) ya no se usa de hace bastante tiempo, la causa de que aparezca este compuesto puede ser debido a su elevado

tiempo de vida media (permanece en el suelo cientos de años) ó debido a su uso intencionado.

En ninguno de los pozos estudiados se ha encontrado alguno de los PCBs analizados. Y con respecto al estudio de los pesticidas organofosforados, sólo en uno de los 15 pozos se obtuvo un resultado, sin llegar al límite establecido por la normativa de aguas **[69]**. Solamente en el Pozo 6 se obtuvieron trazas de **Clorfenvinfos**, **Bromofos etil**, **Etion** y **Azinfos Etil**.

Se obtuvieron valores traza de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en los pozos estudiados. A los 15 pozos se les encontró algún compuesto, entre ellos, el **Naftaleno** (el de mayor concentración), El **Fenantreno**, **Fluoranteno** y **Pireno**, estos tres a niveles traza.

Los HAPs se encuentran en el medioambiente ya que forman parte del asfalto, en los pesticidas, se generan en las malas combustiones, etc. Por tanto siempre va a existir una concentración apreciable de los mismos. En este caso, se han encontrado en 15 pozos de los 15 estudiados, pero siempre a niveles traza.

7. CONCLUSIONES

La presente Tesis ha permitido alcanzar un grado de conocimiento importante sobre varios aspectos de la química de las aguas subterráneas del Sur de la Isla de Gran Canaria. Conocimientos que son el resultado de la aplicación de diferentes metodologías, técnicas hidroquímicas y cromatográficas que permiten hacer una caracterización del sistema acuífero.

El objetivo de esta tesis ha sido el de caracterizar el sistema acuífero de la zona de estudio desde el punto de vista hidroquímico y de contaminación orgánica, prestando atención a los mecanismos de salinización del acuífero y la posible contaminación de la zona. De todos los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. A partir del estudio de las unidades geológicas más importantes se puede dividir la zona de estudio en dos unidades hidrogeológicas: la zona del *Barranco de Tirajana* compuesta por materiales del Ciclo Roque Nublo y post-Roque Nublo, sobre todo depósitos de barranco y sedimentos y arenas en la desembocadura y coladas fonolíticas y basaníticas en las laderas del barranco; y la zona del *Macizo de Amurga y Barranco de Fataga y Barranco de Arguineguín*, donde los principales materiales que afloran son del Ciclo I: basaltos antiguos, la familia riolítico-traquítica y la familia fonolítica También aparecen materiales del Ciclo II o Roque Nublo y materiales sedimentarios (Formación Detrítica de Las Palmas y episodios sedimentarios recientes). El Macizo de Amurga está formado por una sucesión de coladas masivas y potentes, de 10 a 15 metros, de fonolitas y coladas ignimbríticas que se alternan con los niveles piroclásticos de tobas, pómez, etc. Estas coladas buzan radialmente al mar.

2. Como se ha dicho anteriormente el acuífero por el que circulan las aguas subterráneas, principalmente, es un acuífero fonolítico de baja permeabilidad, situado en una zona árida de poca recarga, ya que las lluvias son muy escasas. De esta forma cuando llueve, el agua se evapora sin alcanzar a recargar el acuífero. La zona probable de recarga se encontraría a mayor altitud y en una zona más cercana al centro de la isla.

3. La composición de las rocas que forman el terreno por el que circulan las aguas subterráneas de la zona de estudio determinan, en general, la composición química de las aguas subterránea, que presentan un carácter clorurado-sódico en el Macizo de Amurga y Barranco de Arguineguín; y un carácter clorurado-cálcico-magnésico en el Barranco de Tirajana. Esto hace que se pueda distinguir la zona de aguas subterráneas de Amurga (fonolitas) de la zona de Tirajana, donde la composición de las rocas es diferente (donde las rocas son productos de alteración de los basaltos y sedimentos, principalmente).

4. Con respecto a la calidad de las aguas subterráneas de la zona de estudio, la mayoría no cumplen las normas establecidas por el RD-140/2003, presentan un elevado grado de mineralización. Ningún pozo podría producir agua de calidad adecuada sin un tratamiento previo debido al elevado grado de mineralización y a los altos niveles de nitratos detectados en algunos de ellos. Todas las aguas son bastante duras, alcalinas y esto puede deberse a la interacción de estas aguas con la roca, principalmente.

5. Las aguas de la zona de estudio se pueden clasificar en tres grandes grupos: las aguas de los pozos y sondeos del Barranco de Arguineguín y de Fataga, las aguas de los sondeos del Macizo de Amurga, propiamente dicho, y las aguas de los pozos del Barranco de Tirajana.

6. Las aguas del barranco de Arguineguín y de Fataga, son aguas poco mineralizadas del tipo cloruradas-sódicas con tendencia a bicarbonatadas. Esta gran cantidad de bicarbonatos indica una actividad hidrotermal, bastante probable ya que estamos en una isla volcánica. En esta zona habría mezcla de al menos dos tipos diferentes de aguas.

7. Las aguas del Macizo de Amurga también presentan como mínimo dos mezclas de agua diferentes: las aguas del Macizo central, que sondeos mucho más salinos, con una mineralización bastante elevada; y las aguas del Macizo más orientales, con una salinización menor. La zona donde las aguas están más mineralizadas son de tipo cloruradas-sódicas muy homogéneas, en algún caso la salinidad a aumentado considerablemente, aunque no es seguro que se deba a una intrusión marina, ya que la zona es bastante impermeable y estudios isotópicos hechos en la zona indican que las aguas tienen una edad de 10 000

años. Probablemente la salinidad de la zona sea debido a la interacción con la roca. En la zona más oriental las aguas están menos mineralizadas y son de tipo clorurada-sódicas con tendencia a cálcicas y a magnésicas.

8. Las aguas de los pozos del Barranco de Tirajana son aguas muy mineralizadas, de tipo cloruradas-cálcico-magnésicas. En esta zona podría haber intrusión marina, sobretodo en los pozos de la desembocadura del barranco, aunque no se sabe con certeza, se debería hacer un estudio isotópico para asegurarse. La salinidad de las aguas de los pozos de esta zona ha permanecido constante durante 10 años. Una de las causas de su elevada salinidad pueden ser los retornos de riego, ya que esta zona es la única con una elevada concentración de nitratos, ya que es una zona eminentemente agrícola. Seguramente la salinidad también será debida a una interacción agua-roca prolongada.

9. La zona de estudio ha sido citada como ejemplo de mayor mineralización de las aguas subterráneas como consecuencia de la aridez climática. El efecto de la aridez climática tiene su origen en una evaporación mayor que existe en las zonas áridas y semiáridas, que genera una mayor concentración de las sales en las aguas de recarga. Podría ser una de las razones del aumento de la salinidad de los pozos y sondeos estudiados.

10. El estudio de compuestos orgánicos de las aguas de los pozos de la zona de estudio pone de manifiesto la poca contaminación existente, aun siendo una zona de cultivos intensivos, sin sobrepasar en ningún caso los límites dados por la normativa vigente (RD-140/2003).

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria (1999): Plan Hidrológico de Gran Canaria.

2. ITGE (Instituto Tecnológico Geominero de España) (1992), Plan MAGNA, Mapa Geológico de España. E: 1:100000. Isla de Gran Canaria. Madrid.

3. Balcells, R., Barrera, J.L., Gómez, J.A. (1992) Mapa Geológico de España, Isla de Gran Canaria. Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), Madrid.

4. Lomoschitz, A., Meco, J., Corominas, J. (2002) The Barranco de Tirajana Basin, Gran Canaria (Spain). A major erosive landform caused by large landslides. Geomorphology 42, 117-130.

5. Cabrera, M.A. (1999), Flora autóctona de Las Islas Canarias. Ed. Everest, S.A., León (España), 192 pp.

6. del Arco, M.J., Rodríguez, D. (2003), Las comunidades vegetales de Gran Canaria, en: Apuntes sobre Flora y Vegetación de Gran Canaria (Guía de la excursión de las XIX Jornadas de Fitosociología y Simposio Internacional de la FIP. pp.: 71-124.

7. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE). "Revisión del Padrón Municipal de Habitantes a 1-1-2005".

8. Instituto Canario de Estadística (ISTAC) Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Servicio de Estadística. http://www.gobiernodecanarias.org/istac/

9. SPA-15 (1975): Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (SPA/69/515). Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Obras Hidráulicas. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. UNESCO.

10. Custodio, E. (1985), Low permeability volcanism in the Canary Islands (Spain). Hydrology of rocks of low permeability, Tucson, AZ.

11. MAC-21 (1980): "Proyecto de Planificación y Explotación de los Recursos de Agua en el Archipiélago Canario". Comisión Interministerial Coord. Est. Mat. Aguas Canarias.

12. Gasparini, A. (1989), Hydrochimie et géochimie isotopique de circulations souterraines en milieu volcanique sous climat semi-aride (Grande Canarie, Îles Canaries). Université de Paris-Sud. Centre d'Orsay.

13. Custodio, J. (1997): Estudio de las aguas subterráneas del Macizo de Amurga y Barranco de Arguineguín (Sur de Gran Canaria). Tesina de Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos. Barcelona. 1-107.

14. Cabrera, M.C., Muñoz, R., Poncela, R., González, G., Socorro, A.R. (1997), Estudio de la contaminación por plaguicidas en la zona no saturada y el acuífero de Gran Canaria y Tenerife (Islas Canarias). Cabrera, M.C., Custodio, E. y Roque, F. (eds.): Las aguas subterráneas en la planificación hidrológica en las islas Canarias. Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Español, pp. 211-217.

15. ITGE (Instituto Tecnológico Geominero de España) (1990), Plan MAGNA. Memorias y Mapas Geológicos de España. E: 1:25000. Isla de Gran Canaria: hojas nº 1114-I, 1114-II, 1114-III y 1113-II.

16. Fuster, J.M.; Hernández-Pacheco, A.; Muñoz, M.; Rodríguez, E. y García, L. (1968), "Geología y Volcanología de las Islas Canarias, Gran Canaria". Inst. *"Lucas Mallada"* C.S.I.C., Madrid. 243 pp.

17. Araña, V. y Carracedo, J.C., (1978), "Los volcanes de las Islas Canarias. III-Gran Canaria". Ed. Rueda, Madrid, 175 pp.

18. Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F.J., Ancochea, E., Meco, J., Hernán, F., Cubas, C.R., Casillas, R., Rodríguez Badiola, E. y Ahijado, A., (2002), "Cenozoic volcanism II: The Canary Islands". En Gibbons, W., Moreno, T. (eds.): The Geology of Spain. Ed. The Geological Society of London, pp. 438-472.

19. Coello, J., Cantagrel, J-M., Hernán, F., Fúster, J-M, Ibarrola, E., Ancochea, E., Casquet, C., Jamond, C., Díaz de Téran, J.R. y Cendrero, A., (1992), Evolution of the eastern volcanic ridge of the Canary Islands based on new K/Ar data, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 53, pp.251-274.

20. Guillou, H., Pérez Torrado, F.J., Hansen, A., Carracedo, J.C., Gimeno, D., (2004), The Plio-Quaternary volcanic evolution of Gran Canaria based on new K-Ar ages and magnetostratigraphy, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 135, pp. 221-246.

21. Anguita, F., Márquez, A., Castiñeiras, P. y Hernán, F., (2002), Los Volcanes de Canarias. Guía Geológica e Itinerarios. Ed. Rueda. Madrid. 222 pp.

22. Hansteen, T.H. & Troll, V.R. (2003), Oxygen isotope composition of xenoliths from the oceanic crust and volcanic edifice beneath Gran Canaria (Canary Islands): consequences for crustal contamination of ascending magmas. Chemical Geology 193: 181– 193.

23. Lietz, J., Schmincke, H.U., (1975), Miocene-Pliocene sea level changes and volcanic episodes on Gran Canaria (Canary Islands) in the light of new K-Ar ages, Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.; 18, 213-239.

24. Pérez Torrado, F.J., Carracedo, J.C., Mangas, J., (1995), Geochronology and stratigraphy of the Roque Nublo Cycle, Gran Canaria, Canary Islands. Journal of Geological Society of London. 152, 807-818.

25. ODP (Ocean Drilling Project) Leg 157 (1995), Gran Canaria Volcanic apron and Madeira abyssal plain drilled. EOS, vol. 76-40, pp. 394-395.

26. Schmincke, H.U., Sumita, M., (1998), Volcanic evolution of Gran Canaria reconstructed from apron sediments: synthesis of VICAP project drilling. En Weaver, P.P.E.; Schmincke, H.U.; Firth, J.V. & Duffield, W. (eds.): Proc. ODP, Sci. Results, 157: College Station, TX (Ocean Drilling Program), pp. 439-469.

27. Schmincke, H.U., Segschneider, B., (1998), Shallow submarine to emergent basaltic shield volcanism of Gran Canaria: evidence from drilling into the volcanic apron. En Weaver, P.P.E.; Schmincke, H.U.; Firth, J.V. & Duffield, W. (eds.): Proc. ODP, Sci. Results, 157: College Station, TX (Ocean Drilling Program), pp. 141-181.

28. McDougall, I., Schmincke, H.U., (1976), Geochronology of Gran Canaria, Canary Islands: Age of shield building volcanism and other magmatic phases, Bulletin of Volcanology, 40, pp. 1-21.

29. Schmincke, H.U., (1976), The Geology of the Canary Islands. In: *Biogeography and Ecology in the Canary Islands, Junk, the Hague.* G. Kunkel, ed., pp. 67-184.

30. Schmincke, H.U., (1987), Geological field guide of Gran Canaria, Field trip following the Conference Oceanic and Continental Lithosphere, London. Pluto Press, FRG; pp. 179. Springer Verlag. Berlin.

31. Pérez Torrado, F.J., (2000), Volcanoestratigrafía del Grupo Roque Nublo (Gran Canaria). Servicio de Publicaciones del Cabildo de Gran Canaria y de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 459 pp.

32. Schmincke, H.U., (1993), Geological field guide of Gran Canaria. 6ª edición. Ed. Pluto-Press, Kiel (Alemania), pp.227.

33. Fernandopullé, D. (1974), "Clasificación química del Agua subterránea y factores que influyen hidroquímicamente en la isla de Gran Canaria". Simp. Int. Hidr. Terr. Volc. Lanzarote. 1119-1149.

34. Custodio, E. (1986), Groundwater characteristics and problems in volcanic rock terrains. En "Isotopic Techniques in the Study of the Hydrology of Fractured and Fissured Rocks". International Atomic Energy Agengy. Viena: 87-137.

35. Custodio, E., Llamas, M.R. (1983), Hidrología subterránea. Ed. Omega, Barcelona (2 Vols): 1-2350.

36. Custodio, E. (1978), Geohidrología de terrenos e islas volcánicas. Instituto de Hidrología/ Centro de estudios hidrográficos. Madrid: 1-303.

37. Gasparini, A., Custodio, E., Fontes, J.C., Jiménez, J., Núñez, J.A. (1990) Exemple d'étude géochimique et isotopique de circulations souterraines en milieu volcanique sous climate semi-aride (Amurga, Gran Canaria, Îles Canaries). Juornal of Hydrology, 114, pp. 61-91.

38. Cabrera, M.C., Custodio, E. (2004), Groundwater flow in a volcanic-sedimentary coastal aquifer: Telde area, Gran Canaria, Canary Islands, Spain. Hydrogeology Journal, Vol. 12 (3), 1431-2174.

39. Custodio, E. y Cabrera, M.C. (2002), ¿Cómo convivir con la escasez de agua? El caso de las Islas Canarias. Boletín Geológico y Minero, Vol. 113 (3), 243-258.

40. Roque, F. (1997), Los recursos del agua subterránea en Canarias en su contexto general. Cabrera, M.C., Custodio, E. y Roque, F. (eds.): Las aguas subterráneas en la planificación hidrológica en las islas Canarias. Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Español, pp. 17-31.

41. Parkhurst, D. (1995): User's guide to PHREEQC- a computer program for speciation, reaction path, advective transport, and inverse geochemical calculations. United States Geol. Survey, Water Resources Invest. Report 95-4227: 1-143.

42. Nordstrom, D.K., Plummer, L.N., Langmuir, Donald, Busenberg, Eurybiades, May, H.M., Jones, B.F., and Parkhurst, D.L. (1990): Revised chemical equilibrium data for major water-mineral reactions and their limitations, in Melchior, D.C., and Bassett, R.L., eds., Chemical modeling in aqueous systems II: Washington, D.C., American Chemical Society Symposium Series 416, p. 398-413.

43. APHA-AWWA-WEB (1992): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Am. Public. Assoc., Washington, DC, 18 Ed.

44. UNE EN ISO 9963-1: 1996: Calidad del agua. Determinación de la alcalinidad. Parte 1: Determinación de la alcalinidad total y compuesta (ISO 9963-1:1994).

45. UNE EN ISO 9963-2: 1996: Calidad del agua. Determinación de la alcalinidad. Parte 2: Determinación de la alcalinidad del carbonato (ISO 9963-2: 1994).

46. APHA-AWWA-WPCF, 1992. APHA 3500-Ca-D, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid. 3, 95-97.

47. APHA-AWWA-WPCF: APHA 4500-Cl-B, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid (1992) (4) 55-57.

48. APHA-AWWA-WPCF: APHA 4500-SO_4^{2-}-E, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid (1992) (4) 233-235.

49. APHA-AWWA-WPCF: APHA 4500-NO_3^--E, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid (1992) (4) 153-155.

50. APHA-AWWA-WPCF: APHA 4500-H^+, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid (1992) (4) 106-115.

51. APHA- AWWA-WPCF: APHA 3500-K-D, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid (1992) (3) 142-143.

52. APHA-AWWA-WPCF: APHA 3500-Na-D, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid (1992) (3) 166-167.

53. APHA-AWWA-WPCF, 1992. APHA 2340-C, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid. 2, 58-62.

54. UNE EN-27888: 1994: Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica (ISO 7888: 1985) (Versión oficial en 27888:1993).

55. APHA-AWWA-WPCF: APHA 4500-Si, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos, Madrid (1992) (4) 204-215.

56. Davis, J. (1973): Statistics and data analysis in geology. John Wiley & Sons: 1-550.

57. Moral, S., Pulido, A. & Valenzuela, P. (1984): Aplicación de los análisis "cluster" al estudio de características físico-químicas de aguas subterráneas. Estudios Geológicos, 40: 193-200.

58. Camacho, J. (1995): Análisis Multivariado con SPSS/PC^{+}. Editorial EUB. Barcelona: 1-348.

59. Sigurdur, R. & Eugster, H.P. (1987): Meteoric water-basalt interactions. I: A laboratory study. En Geochimica et Cosmochimica Acta. 51: 2827-2840.

60. De Marsily, G. (1986): Quantitative Hydrogeology. Groundwater Hydrology for Engineers. Academic Press, pp.279 – 283 (464 pp).

61. Piper, A.M. (1953): A graphic procedure geochemical interpretation of water analysis. U.S. Geological Survey Groundwater, Note 12: 1-14.

62. Custodio, E. y Alcalá-García, F (2003): El potencial de la relación Cl/Br como indicador del origen de la salinidad de los acuíferos costeros españoles. En Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: Países Mediterráneos. IGME. Madrid, 401-408.

63. Custodio, E. y Herrera, C. (2000). Utilización de la relación Cl/Br como trazador hidrogeoquímico en hidrología subterránea. Boletín Geológico y Minero. Madrid. 111: 49-67.

64. Davis, S.N., Whittemore, D.O. y Fabryka-Martin, J. (1998). Uses of chloride/bromide ratios in studies of potable water. Ground Water, Vol 36: 338-350.

65. Freeze, R.A. y Cherry, J.A. (1979): "Groundwater". Ed. Prentice-Hall, 604 pp.

66. Stumm, W. y Morgan, J.J. (1981): Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibrium in natural waters. Ed. J. Wiley and sons, New York, 583 pp.

67. Tardy, Y. (1971): Characterisation of the principal weathering types by the geochemistry of waters from some European and African crystalline massifs. Chem. Geol. 7: 253-271.

68. Langmuir, D. (1997). Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 600 pp.

69. RD 140/2003, Reglamentación técnico – sanitaria para el abastecimiento y el control de calidad de las aguas potables (80/778/CEE).

70. Cheng, Alexander, H.-D., Ouazar, Driss (2004), Coastal aquifer management: monitoring, modeling, and case studies. Technology & Industrial Arts. Ed. CRC Press, pp: 1-280.

71. DOCE (2000) Directiva 2000/60/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política del agua. Diario oficial de las Comunidades Europeas de 22.12.2000.

72. CEC (2003) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing strategies to prevent and control pollution of groundwater. Commission of European Communities. Bruselas.

73. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1996) Atlas nacional de España. Sección X problemas medioambientales. Madrid: Ministerio de Obras Publicas.

74. Primo, E. y Carrasco, J.M. (1986), Química agrícola II. Plaguicidas y fitorreguladores**,** Editorial Alhambra, S.A., Madrid.

75. Barberá, C. (1989), Pesticidas agrícolas, Ediciones Omega, S.A., Barcelona.

76. De Boer, J., Wester, P. (1991), Chlorobiphenyls and organochlorine pesticides in various sub-Antartic Organisms, Mar. Pollut. Bull., 22, 441-447.

77. Barceló, D. (1993), Environmental Protection Agency and other methods for the determination of priority pesticides and their transformation products in water, J. Chromatogr, 643, 117-143.

78. Directiva 76/464/CEE del Consejo, de 4 de mayo de 1976, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad.

79. UNEP/POPS/CONF/4 (5 Junio, 2001), Conferencia de Plenipotenciarios para el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, Estocolmo.

80. Connor, D. J. (2004) Designing cropping systems for efficient use of limited water in southern Australia. European Journal of Agronomy*,* 21(4), 419-431.

81. Hiscock, K. M., Lister, D. H., Boar, R. R., and Green F. M. L. (2001), An integrated assessment of long-term changes in the hydrology of three lowland rivers in eastern England. Journal of Environmental Management, 61 (3) ,195-214.

82. Ministerio de Obras Públicas Transporte y Medio Ambiente (1995). Libro Blanco de las Aguas Subterráneas. 135 pp.

83. UNEP Chemicals (1999), Inventory of Information Sources on Chemicals: Persistent Organic Pollutants, Geneva. 148pp.

84. López, F., Obiols, J., Subías, P.J. (1998), *Plaguicidas agrícolas y salud*. En: Plaguicidas. Aspectos ambientales, analíticos y toxicológicos, Morell, I. y Candela, L. (eds), Publicaciones de la Universitat Jaume I, Castelló de la Plana.

85. Klimmer, O.R. (1967*), Plaguicidas: toxicología, sintomatología y terapia*, Ediciones Oikos-Tau, S.A., Barcelona.

86. Real Decreto-3349 de 30 Noviembre 1983, publicado en el "Boletín Oficial del Estado" del 24 Enero 1984. En: Barberá, C. (1989), Pesticidas agrícolas, Ediciones Omega, S.A., Barcelona.

87. Krajca, J.M. (1989), (Ed.). Water sampling. Ellis Horwood Limited, Chichester.

88. Fatoki, O.S. & Awofolu, R.O. (2003), M ethods for selective determination of persistent organochlorine pesticide residues in water and sediments by capillary gas chromatography and electron-capture detection. Journal of Chromatography A, Vol. 983, 225–236.

89. Lapworth, D.J. & Gooddy, D.C. (2006), Source and persistence of pesticides in a semi-confined chalk aquifer of southeast England. Environmental Pollution. Article in press. 1-14.

90. Ilyas, M., Afzalb, S. & Hussain, I. (2004), Pesticides in shallow groundwater of Bahawalnagar, Muzafargarh, D.G. Khan and Rajan Pur districts of Punjab, Pakistan. Environment Internacional, Vol. 30, 471– 479.

91. Sankararamakrishnan, N., Kumar Sharma, A. & Sanghi, R. (2005), Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in groundwater and surface waters of Kanpur, Uttar Pradesh, India. Environment Internacional, Vol. 31, 113– 120.

92. Weigel, S., Bester, K. & Hühnerfuss, H. (2005), Identification and quantification of pesticides, industrial chemicals, and organobromine

compounds of medium to high polarity in the North Sea. Marine Pollution Bulletin, Vol. 50, 252–263.

93. Carlson, D.L., Basu, I., Hites, R.A. (2004), Annual Variations of Pesticide Concentrations in Great Lakes Precipitation, Environmental Science and Technology, 38, 5290-5296.

94. Hernández-Romero, H., Tovilla-Hernández, C., Malo, A. & Bello-Mendoza, R. (2004), Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. Marine Pollution Bulletin, Vol. 48, 1130–1141.

95. Tahboub, Y., Zaater, M. & Al-Talla, Z. (2005), Determination of the limits of identification and quantitation of selected organochlorine and organophosphorous pesticide residues in surface water by full-scan gas chromatography/mass spectrometry. Journal of Chromatography A, Vol. 1098, 150–155.

96. Xue, N., Xu, X. & Jin, Z. (2005), Screening 31 endocrine-disrupting pesticides in water and surface sediment samples from Beijing Guanting reservoir. Chemosphere, Vol. 61, 1594–1606.

97. Schellin, M., Hauser, B. & Poppa, P. (2004), Determination of organophosphorous pesticides using membrane-assisted solvent extraction combined with large volume injection–gas chromatography–mass spectrometric detection. Journal of Chromatography A, Vol. 1040, 251–258.

98. Sogorb y Vilanova (2004), Técnicas Analíticas de Contaminantes Químicos. Aplicaciones toxicológicas, medioambientales y alimentarias. Ed. Díaz de Santos, S.A. 305 pp.

99. Cappiello, A., Famiglini, G., Palma, P. and Mangani, F. (2002), Trace Level Determination of Organophosphorous Pesticides in Water with the New Direct-Electron Ionization LC/MS Interface, Analytical Chemistry 74 (14) 3547-3554.

100. Ferrer, I., Thurman, E.M., Barceló, D. (2000), First LC/MS Determination of Cyanazine Amide, Cyanazine Acid, and Cyanazine in Groundwater Samples, Environmental Science and Technology 34 (4) 714-718.

101. Betowski, L.D., Enlow, M. and Aue, D.H. (2006), Electron affinities of polynuclear aromatic hydrocarbons and negative-ion chemical-ionization sensitivities, International Journal of Mass Spectrometry, ***In Press, Corrected Proof.***

102. Amendola, L., Botrè, F., Carollo, A.S., Longo, D. and Zoccolillo, L. (2002), Analysis of organophosphorus pesticides by gas chromatography–mass spectrometry with negative chemical ionization: a study on the ionization conditions, Analytica Chimica Acta, 461, 97–108.

103. Babu, R., Imagawa, T., Tao, H., Ramesh, R. (2005), Distribution of PCBs, HCHs and DDTs, and their ecotoxicological implications in Bay of Bengal, India, Environment International 31, 503– 512.

104. Gonçalves, C., Alpendurada, M.F. (2004), Solid-phase micro-extraction–gas chromatography–(tandem) mass spectrometry as a tool for pesticide residue analysis in water samples at high sensitivity and selectivity with confirmation capabilities, Journal of Chromatography A, 1026, 239–250.

105. Mezcua, M., Agüera, A., Lliberia J.L., Cortés, M.A., Bagó, B., Fernández-Alba, A.R. (2006), Application of ultra performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry to the analysis of priority pesticides in groundwater, Journal of Chromatography A, 1109, 222–227.

106. Geerdink, R.B., Niessen, W.M.A., Brinkman, U.A. (2002), Trace-level determination of pesticides in water by means of liquid and gas chromatography, Journal of Chromatography A, 970, 65–93.

107. Filipkowska, A., Lubecki, L., Kowalewska, G. (2005), Polycyclic aromatic hydrocarbon analysis in different matrices of the marine environment, Analytica Chimica Acta 547, 243–254.

108. Malavia, J., Santos, F.J., Galceran, M.T. (2004), Gas chromatography–ion trap tandem mass spectrometry versus GC–high-resolution mass spectrometry for the determination of non-*ortho*-polychlorinated biphenyls in fish, Journal of Chromatography A, 1056, 171–178.

109. Fabrellas, F., Sanz, P., Abad, E., Rivera, J., Larrazábal, D. (2004), Analysis of dioxins and furans in environmental samples by GC-ion-trap MS/MS, Chemosphere 55, 1469–1475.

110. Mateus-Avois, L., Mangin, P., Saugy, M. (2005), Use of ion trap gas chromatography–multiple mass spectrometry for the detection and confirmation of 3-hydroxystanozolol at trace levels in urine for doping control, Journal of Chromatography B, 816, 193–201.

111. Fuh, M.-R., Huang, S.-Y., Lin, T.-Y. (2004), Determination of residual anabolic steroid in meat by gas chromatography–ion trap–mass spectrometer, Talanta 64, 408–414.

112. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Dirección General de Desarrollo Agrícola. Gobierno de Canarias (2004), Boletín Fitosanitario (www.gobiernodecanarias.org/agricultura).

113. De Boer, J., and Wester, P. (1991), Chlorobiphenyls and organochlorine pesticides in various sub-Antarctic organisms, Marine Pollution Bulletin, 22 (9), Pages 441-447.

114. Dietz, R., *Rigeta*, F.F., Sonne, C., Letcher, R., Born, E.W., Muir, D.C.G. (2004), Seasonal and temporal trends in polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*), 1990–2001. Science of the Total Environment 331, 107–124.

115. Halsall, C.J. (2004), Investigating the occurrence of persistent organic pollutants (POPs) in the arctic: their atmospheric behaviour and interaction with the seasonal snow pack. Environmental Pollution 128, 163–175.

116. Bjerregaard, P., Dewailly, E., Ayotte, P., Pars, T., Ferron, L., Multad, G. (2001), Exposure of Inuit in Greenland to Organochlorines through the

Marine Diet. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 62:69–81.

117. Newsome, W.H., Ryan, J.J. (1999), Toxaphene and other Chlorinated Compounds in Human Milk from Northern and Southern Canada: A Comparison. Chemosphere, Vol. 39, No. 3, pp. 519-526.

118. Norén, K., Merionyté, D. (2000), Certain organochlorine and organobromine contaminants in Swedish human milk in perspective of past 20-30 years. Chemosphere 40, 1111-1123.

119. Paumgartten, F., Cruz, C., Chahoud, I., Palavinskas, R., and Mathar, W. (2000), PCDDs, PCDFs, PCBs, and Other Organochlorine Compounds in Human Milk from Rio de Janeiro, Brazil. Environmental Research Section A 83, 293-297.

120. Lacayo, M. L., Dorea, J. G., Cruz, A. C. (2000), Concentrations of Organochlorine Pesticides in Milk of Nicaraguan Mothers. Archives of Environmental Health, 274-276.

121. Waliszewski, S. M., Aguirre, A. A., Infanzon, R. M., Silva, C. S., Siliceo, J. (2001), Organochlorine Pesticide Levels in Maternal Adipose Tissue, Maternal Blood Serum, Umbilical Blood Serum, and Milk from Inhabitants of Veracruz, Mexico. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 40, 432–438.

122. Bates, M.N., Thomson, B., Garrett, N. (2002), Reduction in organochlorine levels in the milk of New Zealand women, Arch. Env. Health. 591-595.

123. Burke, E.R., Holden, A.J., Shaw, I.C. (2003), A method to determine residue levels of persistent organochlorine pesticides in human milk from Indonesian women, Chemosphere, 50, 529-535.

124. Polder, A., Odland, J.O., Tkachev, A., Føreid, S., Savinova, T.N., Skaare, J.U. (2003), Geographic variation of chlorinated pesticides, toxaphenes and PCBs in human milk from sub-arctic and arctic locations in Russia, Science of Total Environment, 306, 179-195.

125. Erdoğrul, O., Covaci, A., Kurtul, N., Schepens, P. (2004), Levels of organohalogenated persistent pollutants in human milk from Kahramanmaraş region, Turkey, Environment International, 30, 659-666.

126. Minh, N.H., Someya, M., Minh, T.B., Kunisue, T., Iwata, H., Watanabe, M., Tanabe, S., Viet, P.H., Tuyen, B.C. (2004), Persistent organochlorine residues in human breast milk from Hanoi and Hochiminh city, Vietnam: contamination, accumulation kinetics and risk assessment for infants, Environmental Pollution, 129, 431-441.

127. Cerrillo, I., Granada, A., López-Espinosa, M.J., Olmos, B., Jiménez, M., Caño, A., Olea, N., Olea-Serrano, M.F. (2005), Endosulfan and its metabolites in fertile women, placenta, cord blood, and human milk, Environmental Research, 98, 233-239.

128. Zumbado, M., Goethals, M., Álvarez-León, E., Luzardo, O., Cabrera, F., Serra-Majem, L. & Domínguez-Boada, L. (2005), Inadvertent exposure to organochlorine pesticides DDT and derivatives in people from the Canary Islands (Spain). Science of the Total Environment, Vol. 339, 49– 62.

129. Reigart, J., Roberts, J. (1999), Reconocimiento y Manejo de los Envenenamientos por Pesticidas. U.S Environmental Protection Agency, pp. 256 http://www.epa.gov/pesticides/safety/healthcare

130. Palanza, P., Morellini, F., Parmigiani, S., vom Saal, F.S. (1999), Prenatal exposure to endocrine disrupting chemicals: effects on behavioral development, Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 23, 1011-1027.

131. Routt, J., Roberts, J.R. (1999), Insecticidas de Cloruros Orgánicos Sólidos, en: Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas, Quinta ed., US EPA, Cap.6, 63-71.

132. Feldmann, R.J. and Maibach, HI. (1974), Percutaneous penetration of some pesticides and herbicides in man. Toxicology and Applied Pharmacology, 28:126-32.

133. Arrebola, F.J., Martínez Vidal, J.L., Fernández Gutiérrez, A. (1999), Excretion study of endosulfan in urine of a pest control operator. Toxicological Letters, 107, 15-20.

134. UNEP/POPS/CONF/4 (5 Junio, 2001), Conferencia de Plenipotenciarios para el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, Estocolmo.

135. Carod, E. (2002), Insecticidas organofosforados. "De la Guerra Química al Riesgo Laboral y Doméstico". Medifam, 12: 333-340.

136. UNEP (1991), Assessment of the state of pollution of the Mediterranean sea by Organophosphorous Compounds, M.A.P., Technical Reports Series, 58, UNEP, Athens.

137. Tsuda, T., Kojima, M., Harada, H., Nakajima, A. and Aoki, S. (1997), Acute Toxicity, Accumulation and excretion of organophosphorous insecticides and their oxidation products in killfish. Chemosphere, Vol. 35 (5), 939-949.

138. Dreisbach, R.H. & Robertson W.O. (2003), Manual de Toxicologia Clinica. Prevencion, Diagnostico y Tratamiento. 7ª ed. Mexico. El Manual Moderno. 559 pp.

139. Worek, F., Koller, M., Thiermann, H. & Szinicz, L. (2005), Diagnostic aspects of organophosphate poisoning. Toxicology, Vol. 214, 182–189.

140. Noble, A. (1993), Partition Coefficients (n-octanol-water) for pesticidas, Journal of Chromatography, Vol. 642, 3-14.

141. Menzie, C. A.,Potocki, B. B. and J.Santodonato (1992). Exposure to carcinogenic PAHs in the environment. Environmental Science and Technology. Vol. 26 (7), 1278-1284.

142. Xu, P., Yu, B., Li Li, F., Feng Cai, X and Qing Ma, C. (2006), Microbial degradation of sulfur, nitrogen and oxygen heterocycles. TRENDS in Microbiology, Vol.14 (9), 397-405.

143. Wang, G., Huang, L., Zhao, X., Niu, H. & Dai, Z. (2006), Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons of atmospheric aerosols in five locations of Nanjing urban area, China. Atmospheric Research, Vol. 81, 54– 66.

144. Lei, L., Khodadoust, A.P., Suidan, M.T. & Tabak, H.H. (2005), Biodegradation of sediment-bound PAHs in field contaminated sediment. Water Research, Vol. 39, 349–361.

145. Chen, S.C., Liao, C.M. (2006), Health risk assessment on human exposed to environmental polycyclic aromatic hydrocarbons pollution sources. Science of the Total Environment, Vol. 366, 112–123.

146. IARC (Agencia Internacional de Investigación del Cáncer): http://monographs.iarc.fr/ENG/Meetings/92-pahs.pdf

147. WHO (2003), *Polynuclear aromatic hydrocarbons in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO /SDE /WSH /03.04 /59).

148. FAO (2000), Evaluación de la contaminación del suelo. Manual de referencia. En: Colección FAO, Eliminación de Plaguicidas (8), Producido por el Departamento de Agricultura. Roma. 220 pp.

149. Custodio, E. (1990), Saline Groundwater in the Canary Islands (Spain) Resulting from Aridity. In: R. Paepe et al (Ed): “Greenhouse effect, Sea level and drought” NATO, ASIM Series C: Mathematical and Physical Sciences, 325. Reidel, Dordrecht. pp. 593-618.

ANEXOS

ANEXOS DEL CAPÍTULO 4 (HIDROQUÍMICA)

A4.1. PARÁMETROS QUÍMICOS

A continuación se presentan las tablas de los análisis químicos que se han recopilado y que se han llevado a cabo en la presente tesis doctoral. Las tablas recogen los siguientes datos:

- **Tabla A4.1.1.**: Na, K, Ca, Mg, Cl, SO_4, NO_3, CO_3, HCO_3 en meq/L y error de balance de iones.

- **Tabla A4.1.2.**: Na, K, Ca, Mg, SiO_2, Cl, SO_4, NO_3, CO_3, HCO_3, Fe^{2+} en mg/L

- **Tabla A4.1.3.**: Temperatura del aire, Temperatura del agua, Conductividad eléctrica, pH, TA, SAR, Sólidos Disueltos, la Dureza total y la Dureza permanente.

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	CO_3^-	HCO_3^-			
001 PZ1	Jun 94	17,39	0,74	23,65	39,06	73,8	3,44	0,127	0	2,87	80,84	80,24	0,6
002 PZ1	Oct 94	18,35	0,97	26,55	31,50	70,4	3,75	0,085	0	2,54	77,37	76,77	0,6
003 PZ1	Ene 95	19,56	0,77	27,99	33,39	74,6	3,5	0,085	0	2,87	81,71	81,05	0,66
004 PZ1	Abr 95	13,35	0,77	25,55	33,64	68,2	4	0,092	0	1,64	73,31	73,93	- 0,62
005 PZ1	Jul 95	11,17	0,72	18,36	24,01	48,3	3,12	0,111	0	2	54,26	53,53	0,73
006 PZ1	Nov 95	16,04	0,77	23,95	32,81	62,8	6,73	0,155	0	3,55	73,57	73,23	0,34
007 PZ1	Ene 96	19,91	0,44	39,07	39,72	89,6	6,37	0,048	0	3,11	99,14	99,13	0,01
008 PZ1	Abr 96	19,60	0,74	32,93	21,71	68,1	3,64	0,097	0	2,74	74,98	74,58	0,4
009 PZ1	Ago 96	14,74	0,89	30,19	35,20	75,5	3,46	0,069	0	1,51	81,02	80,54	0,48
010 PZ1	Dic 96	31,30	1,23	21,56	30,43	75,6	4,08	0,016	0	4,70	84,52	84,4	0,12
011 PZ1	Ene 97	36,09	2,17	28,24	37,25	94,7	3,75	0,035	0	4,98	103,7	103,5	0,285
012 PZ1	Abr 97	36,00	2,13	28,44	37,01	94,6	3,75	0,032	0	5	103,6	103,4	0,198
013 PZ1	Jun 97	14,08	0,82	28,44	32,07	68,1	3,79	0,022	0	3,02	75,41	74,93	0,478
014 PZ1	Feb 99	16,65	0,74	29,64	41,53	80,9	4,17	0,081	0	3,03	88,56	88,18	0,379
015 PZ1	Oct 99	17,35	0,98	32,19	33,31	73,5	4,35	0,008	0	2,54	83,83	80,40	3,43
016 PZ1	Mar 00	20,39	0,86	29,94	41,45	83,5	5,69	0,208	0,31	2,49	92,64	92,20	0,752
017 PZ1	Sep 00	18,48	0,95	31,54	45,39	85,1	4,54	0,081	0	4,26	96,36	93,98	2,38
018 PZ1	Mar 01	17,83	0,44	30,94	41,45	82,5	5,27	0,110	0	2,84	90,66	90,72	-0,06
019 PZ1	Sep 01	15,78	0,98	33,38	44,90	77,7	4,83	0,116	0	2,79	95,04	85,44	9,60
020 PZ1	Jun 02	9,04	0,3	3,83	6,42	13,6	1,78	0,219	0	3,52	19,59	19,12	0,471
021 PZ1	Feb 03	20,34	0,58	19,71	26,56	51,6	3,12	0,135	0	3,16	67,19	58,01	9,17
022 PZ1	Jul 03	27,04	0,73	21,11	25,33	48,3	3,08	0,131	0	3,23	74,21	54,74	19,47
023 PZ1	Abr 04	9,30	0,4	5,99	7,28	18,4	2,25	0,108	0	3,72	22,97	24,48	-1,51
024 PZ1	Sep 04	15,39	0,9	23,20	34,37	63,6	3,17	1,206	0	3,21	73,86	71,19	2,67

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
025 PZ2	Jun 94	15	0,55	2,74	3,88	16,76	1,77	0,1	0	2,70	22,17	21,33	0,84
026 PZ2	Oct 94	15,65	0,46	2,69	3,04	16,79	1,75	0,096	0	2,36	22,8	21,0	1,8
027 PZ2	Ene 95	15,22	0,46	2,99	3,70	16,90	2,08	0,106	0	2,70	22,37	21,79	0,58
028 PZ2	Abr 95	11,30	0,51	2,89	3,78	13,66	2,33	0,089	0	1,49	18,48	17,57	0,91
029 PZ2	Jul 95	10,17	0,56	2,89	3,70	13,38	2,21	0,085	0	1,55	17,32	17,22	0,1
030 PZ2	Nov 95	13,35	0,54	2,87	4,08	15,49	4,03	0,132	0	2,95	20,84	22,60	- 1,76
031 PZ2	Ene 96	14,43	0,61	2,89	3,86	14,65	3,35	0,032	0	3,05	21,79	21,08	0,71
032 PZ2	Abr 96	12,61	0,49	3,94	4,28	15,58	2,46	0,032	0	2,59	21,32	20,66	0,66
033 PZ2	Ago 96	11,39	0,51	3,14	3,45	14,08	1,75	0,022	0	2,65	18,49	18,50	- 0,01
034 PZ2	Dic 96	17,17	0,69	2,65	3,54	16,90	2,02	0,032	0	4,87	24,05	23,82	0,23
035 PZ2	Ene 97	17,39	0,64	2,99	3,99	16,31	1,23	0,095	0	5,51	25,01	23,14	1,87
036 PZ2	Abr 97	25,87	0,56	2,99	3,70	9,16	1,25	0,048	0	2,70	33,12	13,16	19,96
037 PZ2	Jun 97	8,48	0,41	2,59	3,29	10,50	1,5	0,032	0	2,66	14,77	14,69	0,08
038 PZ2	Feb 99	13,17	0,41	2,52	4,65	15,75	1,91	0,086	0,307	2,77	20,75	20,83	-0,08
039 PZ2	Oct 99	13,91	0,56	1,69	3,83	13,91	2,08	0,008	0	2,62	19,99	18,62	1,37
040 PZ2	Mar 00	14,43	0,45	2,86	3,17	15,07	2,62	0,082	0,257	2,46	20,91	20,49	0,42
041 PZ2	Sep 00	14,17	0,41	2,44	2,30	13,77	1,94	0,063	0	2,95	19,32	18,72	0,6
042 PZ2	Mar 01	10,06	0,35	3,80	4,21	13,80	1,96	0,047	0	2,36	18,42	18,17	0,25
043 PZ2	Sep 01	10,52	0,43	4,09	4,40	13,69	3,94	0,063	0	2,31	19,44	20,0	- 0,56
044 PZ2	Jun 02	10,22	0,24	2,03	1,38	11,29	1,09	0,035	0	1,70	13,87	14,11	- 0,24
045 PZ2	Feb 03	8,96	0,22	1,87	1,55	10,37	1,31	0,064	0	1,56	12,6	13,3	- 0,7
046 PZ2	Jul 03	10,35	0,28	2,12	1,08	10,70	1,22	0,039	0	1,85	13,83	13,81	0,02
047 PZ2	Abr 04	10,96	0,25	2,03	1,27	11,75	1,54	0,049	0	2,05	14,51	15,39	- 0,88
048 PZ2	Sep 04	11,26	0,29	1,94	1,42	11,49	1,39	0,054	0	1,85	14,91	14,78	0,13

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-			
049 PZ3	Jun 94	10,87	0,40	2,94	3,93	13,24	1,35	0,092	0	2,46	18,14	17,14	1,00
050 PZ3	Oct 94	9,56	0,33	3,09	6,66	14,99	1,50	0,071	0	2,33	19,64	18,89	0,75
051 PZ3	Ene 95	10,87	0,30	2,99	3,94	13,30	1,33	0,092	0	2,54	18,1	17,26	0,84
052 PZ3	Abr 95	8,69	0,38	1,99	3,86	11,55	1,83	0,097	0	1,44	14,92	14,92	0,00
053 PZ3	Jul 95	7,30	0,43	3,29	3,37	10,99	1,63	0,058	0	1,50	14,39	14,18	0,21
054 PZ3	Nov 95	7,30	0,38	2,79	3,94	11,97	1,77	0,129	0	1,46	14,41	15,33	-0,92
055 PZ3	Ene 96	9,91	0,43	3,19	3,94	12,11	2,54	0,032	0	2,74	17,47	17,42	0,05
056 PZ3	Abr 96	8,69	0,38	4,49	5,18	13,21	1,94	0,129	0	2,51	18,74	17,79	0,95
057 PZ3	Ago 96	8,73	0,56	3,44	3,53	12,54	1,17	0,031	0	2,44	16,26	16,18	0,08
058 PZ3	Dic 96	11,65	0,51	2,99	3,61	12,88	1,54	0,032	0	4,75	18,76	19,20	-0,44
059 PZ3	Ene 97	9,78	0,38	3,31	4,27	12,65	1,33	0,073	0	3,56	17,74	17,61	0,13
060 PZ3	Abr 97	9,82	0,40	3,24	4,11	12,68	1,33	0,065	0	3,44	17,57	17,52	0,05
061 PZ3	Jun 97	7,08	0,30	3,04	3,61	9,69	1,50	0,024	0	2,61	14,03	13,82	0,21
062 PZ3	Feb 99	10,52	0,35	3,73	3,55	13,07	1,60	0,067	0,205	2,82	18,15	17,76	0,39
063 PZ3	Oct 99	10,08	0,39	2,30	4,23	11,94	1,91	0,008	0	2,43	17	16,29	0,71
064 PZ3	Mar 00	11,13	0,33	3,48	4,02	13,27	2,10	0,008	0,217	2,30	18,96	17,90	1,06
065 PZ3	Sep 00	11,91	0,35	3,54	4,02	14,17	1,94	0,065	0	3,28	19,82	19,46	0,36
066 PZ3	Mar 01	9,61	0,34	3,90	3,80	13,58	1,67	0,052	0	2,34	17,65	17,64	0,01
067 PZ3	Sep 01	10,73	0,38	2,32	1,63	11,38	1,48	0,050	0	1,82	15,06	14,73	0,33
068 PZ3	Jun 02	10,47	0,33	3,85	4,11	14,08	1,40	0,035	0	2,31	18,76	17,83	0,94
069 PZ3	Feb 03	9,26	0,30	3,70	4,03	12,93	0,88	0,083	0	2,44	17,29	16,33	0,96
070 PZ3	Jul 03	10,21	0,35	4,15	3,84	13,30	1,48	0,061	0	2,39	18,55	17,23	1,32
071 PZ3	Abr 04	10,08	0,32	3,74	3,75	14,54	1,74	0,073	0	2,48	17,89	18,83	-0,94
072 PZ3	Sep 04	10,56	0,40	4,22	3,84	15,35	1,74	0,065	0	2,43	19,02	19,59	-0,57

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
073 PZ4	Jun 94	10,65	0,312	2,69	3,04	11,13	1,40	0,100	0	3,20	16,69	15,83	0,86
074 PZ4	Oct 94	8,70	0,281	2,74	6,33	12,68	1,42	0,071	0	2,98	18,05	17,15	0,90
075 PZ4	Ene 95	10,43	0,307	3,24	1,40	10,70	1,33	0,092	0	3,23	15,38	15,35	0,03
076 PZ4	Abr 95	7,87	0,371	2,94	2,71	9,90	1,83	0,071	0	1,75	13,89	13,55	0,34
077 PZ4	Jul 95	6,61	0,409	3,04	2,71	9,30	1,54	0,058	0	1,80	12,77	12,69	0,07
078 PZ4	Nov 95	9,00	0,384	2,94	3,45	11,69	0,50	0,081	0	3,51	15,77	15,78	-0,01
079 PZ4	Ene 96	11,43	0,435	2,89	3,13	10,87	2,73	0,035	0	3,46	17,89	17,09	0,79
080 PZ4	Abr 96	9,09	0,384	3,89	4,11	11,27	2,02	0,065	0	2,92	17,47	16,27	1,20
081 PZ4	Ago 96	7,52	0,435	3,04	3,54	9,58	1,52	0,032	0	3,10	14,54	14,23	0,30
082 PZ4	Dic 96	11,39	0,460	2,64	3,04	9,86	1,67	0,032	0	5,98	17,53	17,54	-0,01
083 PZ4	Ene 97	9,57	0,256	2,89	3,74	9,24	1,23	0,076	0	5,72	16,46	16,26	0,19
084 PZ4	Abr 97	9,35	0,332	2,89	3,95	9,30	1,15	0,065	0	5,66	16,52	16,17	0,35
085 PZ4	Jun 97	9,46	0,256	2,94	3,54	10,59	1,60	0,021	0	3,07	16,20	15,28	0,92
086 PZ4	Feb 99	9,96	0,251	3,64	3,74	11,69	1,49	0,061	0	2,77	17,59	16,01	1,58
087 PZ4	Oct 99	10,04	0,345	1,63	2,59	10,31	1,93	0,008	0	2,92	14,61	15,16	-0,56
088 PZ4	Mar 00	9,26	0,304	3,13	2,94	11,38	1,88	0,061	0,143	2,70	15,63	16,16	-0,53
089 PZ4	Sep 00	10,83	0,312	3,07	3,15	11,63	1,88	0,053	0	3,74	17,36	17,30	0,06
090 PZ4	Mar 01	9,22	0,289	3,30	3,61	11,55	1,54	0,052	0	2,98	16,42	16,12	0,30
091 PZ4	Sep 01	10,09	0,407	3,59	3,39	11,52	2,88	0,053	0	2,95	17,48	17,40	0,07
092 PZ4	Jun 02	11,48	0,279	3,37	3,40	12,06	1,41	0,040	0	2,98	18,53	16,49	2,04
093 PZ4	Feb 03	8,74	0,261	3,17	3,26	10,62	0,90	0,085	0	3,13	15,43	14,73	0,70
094 PZ4	Jul 03	10,74	0,338	3,61	2,57	11,49	1,22	0,035	0	2,74	17,26	15,48	1,77
095 PZ4	Abr 04	9,87	0,292	3,26	2,95	12,00	1,75	0,075	0	3,11	16,37	16,93	-0,56
096 PZ4	Sep 04	10,70	0,322	3,06	4,98	12,39	1,85	0,059	0	2,87	19,06	17,16	1,89

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
097 PZ5	Jun 94	16,52	0,404	3,49	4,93	20,56	2,31	0,092	0	1,39	25,34	24,35	0,992
098 PZ5	Oct 94	13,48	0,332	4,07	8,72	22,00	2,25	0,092	0	1,31	26,60	25,65	0,95
099 PZ5	Ene 95	14,57	0,307	4,39	4,85	20,00	2,33	0,100	0	1,51	24,11	23,94	0,177
100 PZ5	Abr 95	10,87	0,435	3,74	4,03	14,79	2,83	0,081	0	0,90	19,07	18,60	0,474
101 PZ5	Jul 95	13,22	0,460	3,99	3,54	17,46	2,67	0,069	0	0,90	21,21	21,09	0,111
102 PZ5	Nov 95	15,87	0,435	3,91	4,32	16,48	4,33	0,081	0	2,64	24,53	23,53	1,00
103 PZ5	Ene 96	14,17	0,512	3,99	3,78	16,76	4,08	0,040	0	1,56	22,45	22,44	0,012
104 PZ5	Abr 96	13,04	0,409	6,39	4,77	20,00	2,52	0,032	0	1,25	24,60	23,80	0,807
105 PZ5	Ago 96	13,43	0,435	4,09	3,70	17,75	2,44	0,048	0,267	1,34	21,65	21,84	-0,19
106 PZ5	Dic 96	18,48	0,537	3,69	3,78	20,70	2,50	0,027	0	2,46	26,48	25,68	0,8
107 PZ5	Ene 97	11,30	0,435	3,64	5,10	20,17	2,31	0,127	0	2,13	20,47	24,73	-4,26
108 PZ5	Abr 97	11,52	0,409	3,59	3,78	14,37	2,67	0,113	0	2,16	19,29	19,31	-0,01
109 PZ5	Jun 97	15,43	0,307	3,89	3,95	19,24	2,75	0,027	0	1,34	23,57	23,35	0,22
110 PZ5	Feb 99	15,91	0,299	4,46	4,38	20,17	2,48	0,069	0,313	1,13	25,04	24,15	0,89
111 PZ5	Oct 99	14,78	0,315	2,16	2,34	15,10	1,95	0,008	0	0,97	19,59	18,02	1,56
112 PZ5	Mar 00	13,26	0,297	3,02	2,09	16,31	2,33	0,058	0,104	0,94	18,66	19,73	-1,07
113 PZ5	Sep 00	14,39	0,279	3,24	2,02	16,31	2,07	0,058	0	1,87	19,92	20,30	-0,379
114 PZ5	Mar 01	15,04	0,335	4,10	3,01	19,89	2,50	0,069	0	1,17	22,48	23,62	-1,14
115 PZ5	Sep 01	14,48	0,373	3,60	2,20	16,23	2,94	0,053	0	1,03	20,65	20,25	0,4
116 PZ5	Jun 02	12,83	0,235	2,86	1,83	16,08	1,46	0,035	0	0,95	17,75	18,52	-0,77
117 PZ5	Feb 03	15,91	0,281	4,06	3,86	18,93	2,67	0,130	0	1,32	24,11	23,05	1,06
118 PZ5	Jul 03	17,26	0,368	3,99	2,14	20,70	1,20	0,069	0	1,43	23,75	23,39	0,359
119 PZ5	Sep 04	15,04	0,307	3,31	1,90	17,15	2,15	0,050	0	1,02	20,557	20,37	0,187

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
120 PZ6	Jun 94	6,35	0,233	1,85	3,37	5,49	0,667	0,106	0	4,97	11,80	11,23	0,57
121 PZ6	Oct 94	6,52	0,230	1,90	3,78	6,48	0,500	0,100	0	4,52	12,43	11,6	0,83
122 PZ6	Ene 95	6,30	0,246	2,79	1,89	5,46	0,792	0,077	0	4,92	11,22	11,24	-0,023
123 PZ6	Abr 95	5,48	0,281	2,00	3,37	7,55	0,750	0,081	0	2,46	11,13	10,84	0,29
124 PZ6	Jul 95	4,22	0,332	2,40	2,38	5,04	0,667	0,063	0	2,85	9,33	8,62	0,712
125 PZ6	Nov 95	6,74	0,332	2,79	3,44	5,92	1,75	0,176	0	5,05	13,30	12,89	0,406
126 PZ6	Ene 96	5,57	0,358	2,15	3,45	4,79	1,00	0,018	0	5,52	11,52	11,32	0,2
127 PZ6	Abr 96	6,35	0,281	2,50	3,13	5,69	0,688	0,032	0	5,08	12,26	11,49	0,771
128 PZ6	Ago 96	5,61	0,332	3,14	4,19	7,61	1,10	0,032	0	4,52	13,27	13,26	0,01
129 PZ6	Dic 96	7,17	0,384	2,05	3,54	6,08	0,854	0,024	0	5,25	13,14	12,20	0,936
130 PZ6	Ene 97	7,39	0,256	1,50	4,03	5,63	0,771	0,053	0	6,03	13,17	12,48	0,692
131 PZ6	Abr 97	7,61	0,230	1,40	1,73	5,49	0,792	0,048	0	3,52	10,97	9,85	1,12
132 PZ6	Jun 97	5,22	0,210	2,45	3,29	5,21	0,583	0,023	0	5,16	11,17	10,97	0,194
133 PZ6	Feb 99	6,30	0,248	3,00	3,65	6,62	0,531	0,055	0,733	5,03	13,19	12,96	0,23
134 PZ6	Oct 99	6,70	0,294	0,68	2,37	6,31	0,638	0,008	0	4,08	10,04	11,03	-0,992
135 PZ6	Mar 00	6,13	0,251	2,57	3,50	7,10	0,938	0,056	0	5,28	12,45	13,37	-0,923
136 PZ6	Sep 00	16,35	0,409	5,19	6,46	22,25	2,97	0,147	0	4,08	28,40	29,44	-1,038
137 PZ6	Mar 01	6,70	0,258	3,00	3,51	7,27	0,819	0,047	0	5,18	13,46	13,31	0,152
138 PZ6	Sep 01	6,57	0,358	3,12	3,82	7,52	2,20	0,056	0	5,11	13,86	14,88	-1,018
139 PZ6	Jun 02	8,70	0,279	3,15	3,87	8,65	1,50	0,039	0	5,46	15,99	15,64	0,35
140 PZ6	Feb 03	6,26	0,243	3,04	4,03	7,32	0,917	0,046	0	5,52	13,57	13,80	-0,23
141 PZ6	Jul 03	6,83	0,284	3,34	3,71	7,52	0,721	0,050	0	5,38	14,16	13,67	0,493
142 PZ6	Abr 04	6,09	0,281	2,98	3,19	8,00	0,775	0,053	0	5,54	12,54	14,36	-1,827
143 PZ6	Sep 04	6,65	0,276	2,90	3,92	8,11	0,579	0,063	0	5,48	13,74	14,23	-0,486

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha Muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-			
144 PZ7	Jun 94	15,87	0,422	3,44	6,00	18,03	2,65	0,184	0	3,64	25,73	24,50	1,23
145 PZ7	Oct 94	8,70	0,332	3,09	13,73	18,45	2,67	0,135	0	3,80	25,85	25,06	0,80
146 PZ7	Ene 95	13,96	0,317	4,34	5,92	17,21	2,50	0,129	0	4,48	24,54	24,32	0,22
147 PZ7	Abr 95	10,13	0,460	3,69	5,92	14,37	3,00	0,129	0	2,39	20,20	19,89	0,31
148 PZ7	Jul 95	10,85	0,435	3,99	5,18	15,13	2,60	0,090	0	2,46	20,46	20,28	0,17
149 PZ7	Nov 95	12,52	0,460	4,09	6,09	12,96	4,53	0,177	0	4,60	23,16	22,27	0,89
150 PZ7	Ene 96	12,00	0,486	3,74	5,84	13,24	4,06	0,024	0	4,57	22,07	21,89	0,17
151 PZ7	Abr 96	11,74	0,435	5,64	6,99	17,41	2,50	0,048	0	3,93	24,81	23,89	0,92
152 PZ7	Ago 96	9,39	0,486	4,04	5,84	12,17	2,54	0,019	0	4,34	19,76	19,07	0,69
153 PZ7	Dic 96	15,09	0,563	3,69	5,67	17,18	2,52	0,003	0	5,08	25,01	24,78	0,23
154 PZ7	Ene 97	15,00	0,512	3,74	5,76	17,04	2,13	0,160	0	5,64	25,01	24,97	0,04
155 PZ7	Abr 97	14,78	0,512	3,64	3,54	16,90	2,08	0,081	0	3,61	22,47	22,67	-0,20
156 PZ7	Jun 97	9,46	0,256	2,94	3,54	10,59	1,60	0,021	0	3,07	16,20	15,28	0,92
157 PZ7	Feb 99	14,39	0,340	4,92	5,84	17,75	2,48	0,108	1,03	3,95	25,49	25,32	0,17
158 PZ7	Oct 99	14,00	0,338	2,62	6,49	16,93	2,90	0,008	0	4,43	23,45	24,27	-0,82
159 PZ7	Mar 00	14,91	0,476	3,94	5,70	17,18	3,10	0,126	0	4,41	25,03	24,82	0,21
160 PZ7	Sep 00	18,48	0,442	4,17	6,00	19,92	2,90	0,126	0	5,54	29,09	28,49	0,61
161 PZ7	Mar 01	12,06	0,340	4,46	5,97	16,79	2,21	0,034	0	4,44	22,83	23,47	-0,64
162 PZ7	Sep 01	11,74	0,460	4,70	6,29	17,55	0,81	0,106	0	4,33	23,19	22,80	0,39
163 PZ7	Jun 02	10,91	0,358	4,28	5,70	14,82	2,79	0,035	0	4,56	21,25	22,21	-0,96
164 PZ7	Feb 03	15,13	0,350	4,18	6,46	18,85	2,94	0,207	0	4,54	26,12	26,54	-0,42
165 PZ7	Jul 03	14,17	0,325	4,85	4,06	15,18	2,85	0,132	0	4,61	23,41	22,77	0,63
166 PZ7	Abr 04	13,48	0,348	4,88	6,13	18,20	2,58	0,117	0	4,85	24,84	25,75	-0,91
167 PZ7	Sep 04	12,87	0,412	4,27	5,96	17,46	1,95	0,099	0	4,56	23,51	24,07	-0,56

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
168 PZ8	Jun 94	8,91	0,253	2,79	3,62	9,01	1,88	0,397	0	3,69	15,57	14,98	0,60
169 PZ8	Oct 94	7,61	0,256	5,59	3,70	10,70	1,35	0,163	0,38	3,61	17,16	16,2	0,96
170 PZ8	Ene 95	8,22	0,256	3,24	4,61	10,56	1,42	0,161	0	4,02	16,33	16,16	0,16
171 PZ8	Abr 95	6,52	0,332	2,64	4,44	9,58	1,92	0,194	0	2,15	13,93	13,84	0,09
172 PZ8	Jul 95	6,43	0,384	2,94	4,11	9,83	1,75	0,132	0	2,20	13,86	13,91	-0,05
173 PZ8	Nov 95	7,17	0,332	2,54	4,03	6,76	4,06	0,242	0	2,10	14,07	13,16	0,91
174 PZ8	Ene 96	8,52	0,358	2,69	4,11	8,45	2,90	0,029	0	4,00	15,68	15,38	0,30
175 PZ8	Abr 96	8,17	0,281	3,84	5,10	10,99	1,65	0,055	0	3,89	17,39	16,59	0,81
176 PZ8	Ago 96	9,39	0,332	2,84	3,95	13,07	1,58	0,021	0	1,08	16,51	15,75	0,76
177 PZ8	Dic 96	12,96	0,409	2,50	3,62	10,37	1,31	0,045	0	7,56	19,49	19,29	0,20
178 PZ8	Ene 97	13,04	0,512	2,40	3,78	9,72	1,75	0,224	0	7,85	19,73	19,54	0,19
179 PZ8	Abr 97	7,61	0,384	2,25	3,29	9,58	0,88	0,161	0	2,70	13,53	13,32	0,21
180 PZ8	Jun 97	15,43	0,307	3,89	3,95	19,24	1,55	0,027	0	1,34	23,58	22,16	1,42
181 PZ8	Feb 99	11,00	0,294	3,09	5,11	12,20	2,35	0,161	0	3,85	19,49	18,56	0,93
182 PZ8	Oct 99	8,26	0,271	3,24	4,40	7,15	0,70	0,008	0	7,66	16,17	15,52	0,65
183 PZ8	Mar 00	8,65	0,274	3,03	3,64	8,03	1,08	0,039	0	7,26	15,59	16,41	-0,82
184 PZ8	Sep 00	8,65	0,312	3,44	4,46	8,37	1,42	0,045	0	8,48	16,86	18,32	-1,45
185 PZ8	Mar 01	8,09	0,292	3,40	4,31	8,17	0,71	0,040	0	6,84	16,09	15,76	0,33
186 PZ8	Sep 01	9,09	0,391	3,69	4,79	8,48	0,81	0,044	0	6,89	17,96	16,22	1,74
187 PZ8	Jun 02	9,26	0,335	3,28	4,49	9,13	0,69	0,035	0	6,36	17,37	16,22	1,15
188 PZ8	Feb 03	7,13	0,274	3,49	4,84	9,58	1,04	0,035	0	6,87	15,73	17,53	-1,79
189 PZ8	Jul 03	9,61	0,340	3,52	5,10	9,32	0,80	0,047	0	6,57	18,57	16,74	1,83
190 PZ8	Abr 04	9,26	0,322	3,98	3,79	9,52	1,21	0,036	0	7,33	17,35	18,10	-0,74
191 PZ8	Sep 04	9,43	0,335	2,02	5,90	10,93	1,31	0,078	0	6,25	17,69	18,57	-0,88

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
192 PZ9	Jun 94	8,26	0,246	1,90	3,08	7,75	1	0,198	0	3,85	13,49	12,80	0,69
193 PZ9	Oct 94	8,13	0,246	2,45	2,38	8,03	1,33	0,156	0	3,59	13,21	13,11	0,10
194 PZ9	Ene 95	7,83	0,246	2,50	3,70	9,15	1	0,135	0	3,90	14,28	14,19	0,09
195 PZ9	Abr 95	5,61	0,317	1,75	3,12	7,01	1	0,156	0	2,15	10,80	10,32	0,48
196 PZ9	Jul 95	6,83	0,307	1,90	2,88	7,41	1,31	0,123	0	2,10	11,92	10,94	0,97
197 PZ9	Nov 95	6,83	0,307	1,90	2,47	5,49	2,29	0,210	0	3,03	11,51	11,02	0,49
198 PZ9	Ene 96	6,80	0,345	2,15	3,29	5,77	2,58	0,026	0	4,02	12,59	12,40	0,19
199 PZ9	Abr 96	6,78	0,294	3,29	3,37	7,89	1,19	0,050	0	3,77	13,73	12,90	0,83
200 PZ9	Ago 96	7,30	0,332	2,40	2,71	7,75	1,04	0,021	0	3,89	12,74	12,70	0,04
201 PZ9	Dic 96	7,43	0,384	2,00	2,80	7,61	0,875	0,052	0	3,74	12,61	12,28	0,34
202 PZ9	Ene 97	7,39	0,307	2,84	3,58	7,35	0,854	0,206	0	4,86	14,12	13,27	0,85
203 PZ9	Abr 97	6,96	2,864	2,50	3,62	3,52	0,854	0,081	0	4,59	15,94	9,05	6,90
204 PZ9	Jun 97	5,22	0,210	2,45	3,29	5,21	0,583	0,023	0	5,16	11,17	10,98	0,19
205 PZ9	Feb 99	7,09	0,274	1,82	3,91	8,17	1,03	0,134	0	3,75	13,09	13,08	0,01
206 PZ9	Oct 99	7,48	0,240	2,06	2,93	6,76	0,940	0,008	0	4,03	12,71	11,74	0,97
207 PZ9	Mar 00	7,78	0,246	2,12	2,58	7,52	1,42	0,131	0	3,85	12,73	12,92	-0,19
208 PZ9	Sep 00	7,83	0,279	2,02	3,24	7,66	1,38	0,139	0	4,72	13,37	13,90	-0,53
209 PZ9	Mar 01	8,35	0,256	2,50	2,71	7,66	1	0,132	0	3,64	13,82	12,43	1,38
210 PZ9	Sep 01	6,91	0,353	2,33	3,30	7,92	1,25	0,140	0	3,64	12,89	12,95	-0,06
211 PZ9	Jun 02	9,17	0,304	2,16	3,12	8,25	0,981	0,035	0	3,70	14,75	12,97	1,79
212 PZ9	Feb 03	6,30	0,246	2,16	3,26	7,94	1,29	0,129	0	3,80	11,97	13,16	-1,19
213 PZ9	Jul 03	7,48	0,284	2,44	2,75	8,20	0,979	0,117	0	3,75	12,95	13,05	-0,09
214 PZ9	Abr 04	6,74	0,271	2,19	2,95	8,31	1,07	0,133	0	3,90	12,15	13,41	-1,26
215 PZ9	Sep 04	7,57	0,299	2,18	3,11	9,13	1,17	0,120	0	3,72	13,16	14,14	-0,98

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-			
216 PZ10	Jun 94	13,48	0,535	4,24	4,93	15,21	2,71	1,192	0	3,52	23,19	22,63	0,55
217 PZ10	Oct 94	10,22	0,435	3,54	9,46	16,06	2,75	0,597	0	3,52	23,66	22,93	0,73
218 PZ10	Ene 95	10,87	0,384	5,54	2,06	11,83	2,58	0,452	0	3,95	18,85	18,81	0,04
219 PZ10	Abr 95	8,39	0,486	4,14	5,35	12,42	3,17	0,595	0	2,20	18,37	18,39	-0,02
220 PZ10	Jul 95	11,96	0,486	2,94	4,48	14,37	2,92	0,218	0	1,50	19,87	19,01	0,86
221 PZ10	Nov 95	12,83	0,486	4,09	4,69	10,70	5,15	0,323	0	4,17	22,10	20,34	1,75
222 PZ10	Ene 96	9,83	0,512	4,24	4,77	10,02	5,77	0,016	0	3,21	19,35	19,02	0,34
223 PZ10	Abr 96	9,96	0,435	4,99	3,70	11,27	3,77	0,097	0	2,62	19,09	17,76	1,33
224 PZ10	Ago 96	14,61	0,409	6,39	8,06	20,90	4,02	0,024	0	3,75	29,47	28,69	0,78
225 PZ10	Dic 96	11,91	0,588	4,14	4,36	13,55	2,73	0,048	0	3,66	21,00	19,99	1,01
226 PZ10	Ene 97	11,96	0,537	3,59	5,02	14,08	2,46	0,629	0	4,59	21,11	21,76	-0,65
227 PZ10	Abr 97	12,09	0,512	3,49	4,93	13,80	2,40	0,403	0	4,26	21,02	20,86	0,16
228 PZ10	Jun 97	10,48	0,332	4,39	5,51	13,54	2,44	0,040	0	4,39	20,71	20,41	0,30
229 PZ10	Feb 99	12,70	0,435	4,92	6,11	15,72	2,77	0,419	0	3,85	24,17	22,76	1,41
230 PZ10	Oct 99	11,74	0,391	3,54	5,14	13,13	2,90	0,033	0,407	3,54	20,81	20,01	0,80
231 PZ10	Mar 00	13,26	0,481	4,32	4,48	5,58	3,58	0,427	0	3,79	22,54	13,38	9,16
232 PZ10	Sep 00	12,61	0,476	4,53	4,70	14,00	2,38	0,445	0	4,87	22,32	21,70	0,62
233 PZ10	Mar 01	12,91	0,460	4,90	4,69	14,37	3,06	0,413	0	3,74	22,96	21,58	1,38
234 PZ10	Sep 01	12,52	0,527	4,88	5,07	14,59	3,60	0,497	0	3,77	23,00	22,46	0,54
235 PZ10	Jun 02	19,09	0,524	7,29	8,88	24,37	4,69	0,166	0	4,05	35,78	33,28	2,51
236 PZ10	Feb 03	7,48	0,299	3,78	4,14	9,24	4,23	0,345	0	2,11	15,70	15,93	-0,23
237 PZ10	Jul 03	19,52	0,619	11,73	8,63	27,46	3,63	0,185	0	4,31	40,50	35,59	4,91
238 PZ10	Abr 04	16,78	0,575	6,59	7,38	23,38	4,73	0,129	0	4,13	31,33	32,37	-1,04
239 PZ10	Sep 04	16,74	0,604	7,88	7,65	24,08	4,75	0,323	0	4,16	32,87	33,31	-0,44

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
240 PZ11	Jun 94	10,87	0,512	0,30	1,52	7,46	1,46	0,292	2,57	1,15	13,202	*12,932*	0,27
241 PZ11	Oct 94	8,70	0,307	1,45	4,93	8,45	1,71	0,290	0,33	3,74	15,387	14,52	0,867
242 PZ11	Ene 95	9,65	0,332	0,70	2,80	7,44	1,67	0,323	1,03	2,87	13,482	13,333	0,149
243 PZ11	Abr 95	6,78	0,506	0,25	1,36	5,63	1,83	0,234	0,80	1,15	8,896	9,644	-0,748
244 PZ11	Jul 95	9,61	0,384	0,80	2,80	8,73	1,92	0,176	0,53	1,85	13,594	13,206	0,388
245 PZ11	Nov 95	9,35	0,409	1,10	3,04	5,92	2,79	0,435	0,87	4,21	13,899	14,225	-0,326
246 PZ11	Ene 96	9,17	0,486	0,90	1,32	7,04	2,90	0,032	0,33	1,82	11,876	12,122	-0,246
247 PZ11	Abr 96	9,48	0,409	1,55	1,15	5,38	3,76	0,027	1,00	3,10	12,589	13,267	-0,678
248 PZ11	Ago 96	11,35	0,435	1,45	3,37	9,15	2,04	0,021	0,00	4,48	16,605	15,691	0,914
249 PZ11	Dic 96	10,43	0,512	1,05	2,80	8,25	2,23	0,048	0,00	4,15	14,792	14,678	0,114
250 PZ11	Abr 97	10,22	0,384	0,95	1,32	7,32	1,88	0,161	3,33	3,11	12,874	15,801	-2,927
251 PZ11	Jun 97	6,39	0,240	2,74	3,29	6,11	1,54	0,056	0,00	3,98	12,66	11,686	0,974
252 PZ11	Feb 99	10,43	0,358	0,27	2,19	7,66	2,15	0,263	1,03	2,52	13,248	13,623	-0,375
253 PZ11	Oct 99	10,91	0,294	0,68	2,50	7,92	2,54	0,070	0,61	3,95	14,384	15,09	-0,706
254 PZ11	Mar 00	11,70	0,389	0,53	2,20	8,54	2,92	0,137	0,61	3,13	14,819	15,337	-0,518
255 PZ11	Sep 00	12,65	0,345	1,62	3,40	8,62	2,23	0,324	0,00	5,93	18,015	17,104	0,911
256 PZ11	Mar 01	11,74	0,391	0,48	2,38	8,31	2,56	0,123	1,72	2,08	14,991	14,793	0,198
257 PZ11	Sep 01	12,26	0,432	2,35	3,77	10,03	3,23	0,360	0,00	4,61	18,812	18,23	0,582
258 PZ11	Jun 02	17,83	0,435	1,83	0,88	13,41	4,19	0,305	0,88	3,89	20,975	22,675	-1,7
259 PZ11	Feb 03	12,78	0,358	2,11	4,51	11,89	4,17	0,565	0,00	4,28	19,758	20,905	-1,147
260 PZ11	Jul 03	26,83	0,598	4,51	5,99	22,70	7,10	0,769	0,00	4,69	37,928	35,259	2,669
261 PZ11	Abr 04	14,48	0,363	2,98	3,79	12,99	4,27	0,213	0,00	5,31	21,613	22,783	-1,17
262 PZ11	Sep 04	12,78	0,363	2,14	3,84	10,70	3,13	0,337	0,00	4,90	19,123	19,067	0,056

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
263 PZ12	Jun 94	16,61	0,445	1,45	3,78	13,75	2,63	0,369	0,577	4,48	22,29	21,807	0,483
264 PZ12	Oct 94	12,61	0,358	1,45	7,65	14,08	2,67	0,323	0,000	4,51	22,07	21,58	0,49
265 PZ12	Ene 95	13,48	0,320	1,85	5,76	13,13	2,75	0,363	0,000	5,16	21,41	21,4	0,01
266 PZ12	Abr 95	14,57	0,471	1,44	3,84	13,24	3,00	0,361	0,000	2,85	20,32	19,45	0,87
267 PZ12	Jul 95	14,78	0,435	1,60	3,45	13,80	2,67	0,210	0,000	2,70	20,27	19,38	0,89
268 PZ12	Nov 95	15,30	0,460	1,52	3,62	11,69	3,21	0,355	0,433	5,36	20,90	21,053	-0,153
269 PZ12	Ene 96	16,24	0,460	1,35	3,54	11,41	4,54	0,040	0,000	5,21	21,59	21,2	0,39
270 PZ12	Abr 96	13,26	0,384	4,99	3,29	13,46	2,60	0,040	0,000	4,85	21,92	20,95	0,97
271 PZ12	Ago 96	20,83	0,486	1,65	3,62	18,31	2,67	0,019	0,000	4,98	26,59	25,98	0,61
272 PZ12	Dic 96	17,39	0,639	1,70	3,78	14,23	3,10	0,058	0,000	4,98	23,51	22,37	1,14
273 PZ12	Ene 97	17,39	0,512	3,84	5,26	16,25	2,35	0,363	0,000	7,87	27,00	26,83	0,17
274 PZ12	Abr 97	17,39	0,512	3,74	5,35	16,62	2,10	0,323	0,000	7,38	26,99	26,42	0,57
275 PZ12	Jun 97	5,04	0,230	1,55	2,06	4,54	1,10	3,048	0,000	2,10	8,88	10,79	-1,91
276 PZ12	Feb 99	16,17	0,371	1,37	4,47	12,90	2,73	0,339	0,000	5,03	22,38	21	1,38
277 PZ12	Oct 99	16,00	0,332	1,10	3,91	12,06	2,90	0,049	0,303	4,87	21,34	20,183	1,157
278 PZ12	Mar 00	15,91	0,437	1,74	3,26	13,32	3,38	0,485	0,307	5,15	21,35	22,647	-1,297
279 PZ12	Sep 00	15,57	0,437	1,62	3,89	13,44	2,44	0,408	0,000	6,05	21,52	22,34	-0,82
280 PZ12	Mar 01	15,65	0,402	1,84	3,69	13,44	3,29	0,355	0,103	4,89	21,58	22,083	-0,503
281 PZ12	Sep 01	19,65	0,494	1,91	4,18	14,20	3,63	0,405	0,633	4,39	26,23	23,263	2,967
282 PZ12	Jun 02	15,22	0,389	1,66	4,10	13,97	2,67	0,413	0,000	5,02	21,37	22,07	-0,7
283 PZ12	Feb 03	13,48	0,350	1,67	4,01	12,73	1,69	0,321	0,000	5,15	19,51	19,89	-0,38
284 PZ12	Jul 03	8,76	0,407	1,92	2,04	13,07	2,94	0,377	0,000	5,21	13,13	21,6	-8,47
285 PZ12	Abr 04	16,65	0,422	1,99	3,59	14,39	3,77	0,219	0,000	5,44	22,65	23,82	-1,17
286 PZ12	Sep 04	17,78	0,442	1,90	4,56	15,13	3,85	0,145	0,000	5,36	24,68	24,49	0,19

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-			
287 PZ13	Jun 94	47,83	0,627	10,48	12,34	63,9	6,04	0,561	0	4,59	71,28	75,09	-3,81
288 PZ13	Oct 94	36,96	0,601	9,88	19,00	53,8	5,00	0,387	0	6,82	66,44	66,01	0,43
289 PZ13	Ene 95	50,00	0,673	12,48	12,17	62,8	6,04	0,503	0	5,25	75,32	74,59	0,73
290 PZ13	Abr 95	36,96	0,798	11,08	18,09	56,3	6,46	0,432	0	2,85	66,93	66,04	0,89
291 PZ13	Jul 95	31,57	0,742	12,77	16,78	51,1	7,19	0,371	0	2,90	61,86	61,56	0,30
292 PZ13	Nov 95	28,70	0,921	11,83	18,26	40,6	13,13	0,532	0	5,57	59,71	59,83	-0,12
293 PZ13	Ene 96	29,57	0,767	7,96	38,57	60,6	11,08	0,027	0	5,28	76,87	76,99	-0,12
294 PZ13	Abr 96	29,13	0,716	20,16	21,22	59,2	6,63	0,048	0	4,87	71,23	70,75	0,48
295 PZ13	Ago 96	21,74	0,895	13,72	18,67	42,7	6,90	0,081	0	4,82	55,03	54,50	0,52
296 PZ13	Dic 96	25,70	1,049	12,38	17,60	42,8	8,23	0,065	0	4,97	56,73	56,07	0,66
297 PZ13	Ene 97	28,26	1,279	53,79	57,57	110,5	15,63	1,132	0	6,23	140,90	133,49	7,41
298 PZ13	Abr 97	27,83	1,279	54,39	58,31	118,3	15,63	1,129	0	6,39	141,81	141,45	0,36
299 PZ13	Jun 97	38,70	1,074	11,88	12,50	51,7	7,44	0,323	0	4,57	64,15	64,03	0,12
300 PZ13	Feb 99	35,87	0,857	14,57	18,59	56,8	8,56	0,742	0	4,93	69,89	71,03	-1,15
301 PZ13	Oct 99	30,17	0,729	12,43	21,30	49,6	8,13	0,113	0,713	4,21	64,63	62,76	1,87
302 PZ13	Mar 00	36,70	0,872	12,87	19,74	55,9	9,69	0,640	0	4,97	70,18	71,20	-1,02
303 PZ13	Sep 00	26,57	1,138	45,31	51,89	103,1	14,54	1,453	0	4,23	124,91	123,32	1,59
304 PZ13	Mar 01	38,43	0,844	13,87	20,31	54,5	11,96	1,032	0	4,64	73,45	72,13	1,32
305 PZ13	Sep 01	38,96	0,946	13,67	21,30	54,1	13,73	1,100	0	4,52	74,88	73,45	1,43
306 PZ13	Jun 02	32,22	0,678	7,19	12,17	39,6	5,83	2,242	0	5,07	52,26	52,74	-0,48
307 PZ13	Feb 03	34,26	0,588	6,79	12,50	38,8	14,50	3,048	0	5,15	54,14	61,50	-7,36
308 PZ13	Jul 03	39,83	0,844	11,73	16,28	46,6	9,44	1,610	0	4,72	68,68	62,37	6,31
309 PZ13	Abr 04	42,17	0,790	11,03	16,04	50,4	15,25	1,408	0	4,84	70,03	71,90	-1,87
310 PZ13	Sep 04	42,87	0,910	13,72	18,83	54,2	13,06	2,274	0	4,95	76,33	74,48	1,85

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
311 PZ14	Jun 94	43,48	0,987	25,45	33,31	93,5	5,06	0,056	0	4,15	103,2	102,8	0,46
312 PZ14	Oct 94	28,83	0,921	20,11	47,12	88,0	5,17	0,065	0	3,54	97,0	96,8	0,21
313 PZ14	Ene 95	45,22	1,023	25,45	32,07	93,0	6,04	0,085	0	4,10	103,8	103,2	0,54
314 PZ14	Abr 95	32,17	1,110	30,34	36,02	90,4	6,25	0,042	0	2,20	99,6	98,9	0,75
315 PZ14	Jul 95	30,09	1,125	30,34	39,97	94,1	5,21	0,048	0	2,25	101,5	101,6	-0,08
316 PZ14	Nov 95	36,96	1,330	30,24	38,08	62,0	9,85	0,129	0	3,26	106,6	75,2	31,37
317 PZ14	Ene 96	24,13	0,895	36,33	67,52	115,5	9,25	0,058	0	3,92	128,9	128,7	0,15
318 PZ14	Abr 96	31,65	1,023	32,14	41,12	94,1	8,33	0,081	0	3,62	105,9	106,1	-0,20
319 PZ14	Ago 96	27,83	1,202	30,19	45,39	95,0	5,52	0,065	0	3,95	104,6	104,5	0,08
320 PZ14	Dic 96	24,91	1,355	31,14	44,82	91,4	6,81	0,005	0	4,03	102,2	102,2	-0,02
321 PZ14	Ene 97	23,91	1,279	33,83	39,97	87,3	6,52	0,032	0	5,03	99,0	98,9	0,11
322 PZ14	Abr 97	24,13	1,304	33,68	39,88	87,5	6,56	0,145	0	5,00	99,0	99,2	-0,21
323 PZ14	Jun 97	37,39	0,256	30,84	34,38	92,4	5,95	0,013	0	3,96	102,9	102,3	0,54
324 PZ14	Feb 99	29,39	1,033	34,43	47,04	103,1	6,75	0,084	0	3,80	111,9	113,7	-1,84
325 PZ14	Oct 99	23,65	1,000	36,83	48,19	96,5	6,19	0,008	0	4,11	109,7	106,8	2,86
326 PZ14	Mar 00	30,09	1,141	30,34	41,78	91,7	7,04	0,103	0	3,69	103,4	102,5	0,82
327 PZ14	Mar 01	32,87	1,151	33,28	44,24	99,4	7,85	0,045	0	3,38	111,5	110,7	0,87
328 PZ14	Sep 01	33,57	1,279	33,38	44,08	101,5	7,75	0,113	0	3,85	112,3	113,2	-0,90
329 PZ14	Jun 02	25,65	0,785	17,76	22,70	52,6	6,13	0,260	0	3,56	66,9	62,6	4,34
330 PZ14	Feb 03	15,91	0,806	39,07	42,19	70,2	19,42	2,694	0	5,61	98,0	97,9	0,05
331 PZ14	Abr 04	29,65	1,043	28,44	36,51	87,5	6,02	0,069	0	4,23	95,6	97,8	-2,18

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
332 PZ15	Jun 94	45,87	1,09	27,15	54,36	108,6	6,40	0,114	0	4,05	128,5	119,2	9,31
333 PZ15	Oct 94	40,87	1,02	22,75	53,21	109,4	6,50	0,043	0	2,70	117,9	118,6	-0,79
334 PZ15	Ene 95	50,00	1,15	22,46	49,34	111,9	6,88	0,077	0	4,26	123,0	123,1	-0,17
335 PZ15	Abr 95	28,96	1,27	31,14	51,19	104,0	7,71	0,077	0	1,70	112,6	113,5	-0,93
336 PZ15	Jul 95	33,39	1,27	31,94	52,80	110,4	6,67	0,085	0	1,80	119,4	119,0	0,45
337 PZ15	Nov 95	44,35	1,43	23,10	50,99	100,7	15,83	0,156	0	3,28	119,9	120,0	-0,10
338 PZ15	Ene 96	27,83	1,04	55,34	28,54	98,0	11,33	0,061	0	3,20	112,8	112,6	0,16
339 PZ15	Abr 96	31,30	1,25	31,54	43,34	96,0	7,10	0,097	0	2,95	107,4	106,1	1,28
340 PZ15	Ago 96	27,61	1,33	35,13	56,09	109,6	6,94	0,081	0	3,03	120,2	119,7	0,51
341 PZ15	Dic 96	36,96	2,35	30,34	55,18	111,5	8,31	0,006	0	4,28	124,8	124,1	0,73
342 PZ15	Ene 97	36,09	2,17	38,17	50,25	111,0	10,04	0,056	0	5,44	126,7	126,5	0,14
343 PZ15	Abr 97	36,96	2,05	38,42	50,08	110,7	10,10	0,065	0	5,41	127,5	126,3	1,24
344 PZ15	Jun 97	39,13	0,28	33,18	52,55	117,0	7,21	0,274	0	2,92	125,1	127,4	-2,26
345 PZ15	Feb 99	33,57	1,08	38,17	61,10	121,7	8,06	0,118	0	3,03	133,9	132,9	1,01
346 PZ15	Oct 99	22,30	1,06	45,11	58,31	121,3	7,27	0,008	0	3,34	126,8	131,9	-5,14
347 PZ15	Mar 00	33,13	1,29	36,03	61,51	122,7	7,23	0,087	0	2,97	132,0	133,0	-1,03
348 PZ15	Sep 00	38,61	1,37	37,23	66,12	128,5	7,79	0,115	0	3,84	143,3	140,2	3,08
349 PZ15	Mar 01	33,43	1,31	39,37	60,44	122,0	9,04	0,076	0	2,89	134,6	134,0	0,54
350 PZ15	Sep 01	33,96	1,84	39,07	66,94	128,4	10,10	0,258	0	2,90	141,8	141,7	0,15
351 PZ15	Jun 02	38,65	1,19	35,10	53,04	109,5	14,46	0,142	0	3,21	128,0	127,3	0,67
352 PZ15	Feb 03	17,74	0,80	23,40	36,18	70,0	5,31	0,004	0	3,95	78,1	79,3	-1,14
353 PZ15	Jul 03	27,65	1,22	37,77	57,15	119	5,19	0,009	0	3,08	123,8	127,3	-3,49
354 PZ15	Abr 04	39,22	1,31	37,03	55,84	120,9	8,85	0,055	0	3,34	133,4	133,1	0,25
355 PZ15	Sep 04	35,30	1,52	41,37	58,63	120,6	8,38	1,919	0	3,16	136,8	134,1	2,76

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
356 PZ16	Ene 95	18,91	0,946	49,90	52,80	107,0	11,98	0,645	0	2,70	122,6	122,3	0,23
357 PZ16	Abr 95	72,17	1,074	25,95	28,78	107,9	15,21	0,668	0	3,44	128,0	127,2	0,76
358 PZ16	Jul 95	18,04	1,046	49,50	50,41	98,6	17,92	0,745	0	1,75	119,0	119,0	-0,02
359 PZ16	Nov 95	19,48	1,228	47,11	45,60	100,0	12,98	0,766	0	3,28	113,4	117,0	-3,61
360 PZ16	Ene 96	18,48	0,972	58,98	38,65	100,3	13,25	0,452	0	3,20	117,1	117,2	-0,12
361 PZ16	Abr 96	30,43	1,023	43,11	26,40	89,0	14,00	0,258	0	2,66	101,0	105,9	-4,96
362 PZ16	Ago 96	31,30	1,279	29,99	54,69	99,6	14,50	0,306	0	3,02	117,3	117,4	-0,17
363 PZ16	Dic 96	21,04	1,483	23,45	25,90	54,5	14,21	0,006	0	2,74	71,9	71,5	0,42
364 PZ16	Ene 97	21,74	1,407	18,31	25,08	50,4	4,38	1,774	0	9,21	66,5	65,8	0,77
365 PZ16	Abr 97	21,74	1,509	18,46	25,08	58,4	4,38	0,532	0	2,23	66,8	65,5	1,25
366 PZ16	Jun 97	28,04	0,256	32,44	45,56	85,1	15,33	0,403	0	2,98	106,3	103,8	2,48
367 PZ16	Feb 99	19,96	1,041	50,85	54,85	108,2	15,10	1,019	0	3,13	126,7	127,4	-0,75
368 PZ16	Oct 99	23,70	0,951	50,30	65,71	115,5	18,42	0,182	0	3,30	140,7	137,4	3,26
369 PZ16	Mar 00	21,30	1,018	45,51	51,64	96,7	18,50	1,373	0	3,18	119,5	119,8	-0,29
370 PZ16	Sep 00	25,57	1,174	46,11	55,51	105,6	14,38	1,490	0	4,07	128,4	125,5	2,82
371 PZ16	Mar 01	15,61	0,997	41,12	44,08	80,2	18,21	0,932	0	3,15	101,8	102,5	-0,69
372 PZ16	Sep 01	20,30	1,151	44,81	48,11	91,4	20,98	0,016	0	3,03	114,4	115,4	-1,06
373 PZ16	Jun 02	30,87	1,038	37,48	45,39	78,5	27,69	2,548	0	2,98	114,8	111,7	3,06
374 PZ16	Jul 03	15,65	1,036	46,26	36,18	76,1	14,33	1,887	0	3,18	99,1	95,5	3,63
375 PZ16	Abr 04	24,57	1,072	38,92	48,11	84,2	20,31	0,818	0	3,23	112,7	108,6	4,11
376 PZ16	Sep 04	18,04	1,189	41,32	45,97	81,8	19,77	2,774	0	3,25	106,5	107,6	-1,07

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
377 S1	May 03	16,8	0,304	1,22	0,775	9,41	1,31	0,040	0,540	5,15	19,1	15,91	3,19
378 S1	Nov 03	12,48	0,350	1,04	1,29	10	1,06	0,038	0	4,02	15,16	15,118	0,042
379 S1	Nov 04	13,39	0,358	0,84	1,20	9,5	1,12	0,035	0	5,38	15,788	16,035	-0,247
380 S2	May 03	14,3	0,309	1,02	0,896	9,94	1,29	0,04	0	3,80	16,525	15,07	1,455
381 S2	Nov 03	14,78	0,348	0,83	1,13	9,41	1,18	0,035	0	5,49	17,088	16,115	0,973
382 S2	Nov 04	13,96	0,371	1,16	1,16	10,0	1,04	0,038	0	3,98	16,651	15,058	1,593
383 S3	May 03	11,2	0,312	2,77	2,85	12,90	1,66	0,120	0	1,97	17,132	16,65	0,482
384 S3	Nov 03	10,91	0,366	2,33	2,83	12,73	1,50	0,066	0	2,03	16,436	16,326	0,11
385 S3	Nov 04	12,04	0,353	2,63	2,96	12,7	1,60	0,069	0	1,97	17,983	16,339	1,644
386 S7	May 03	11,0	0,363	3,09	3,018	12,90	1,73	0,07	0	2,05	17,471	16,75	0,721
387 S7	Nov 03	9,74	0,384	3,03	3,16	12,96	1,33	0,065	0	2,11	16,314	16,465	-0,151
388 S7	Nov 04	11,78	0,399	2,91	3,16	12,8	1,48	0,062	0	2,11	18,249	16,452	1,797
389 S12	May 03	42,0	0,665	14,77	14,64	59,92	7,15	0,38	0	2,70	72,075	70,15	1,925
390 S12	Nov 03	39,26	0,801	14,62	13,24	59,27	7,19	0,256	0	2,95	67,921	69,666	-1,745
391 S12	Nov 04	45,61	0,829	15,37	13,90	62,1	5,50	0,171	0	2,64	75,709	70,411	5,298
392 S16	Ene 97	15	0,26	4,68	6,04	19,49	3,44	0,06	0	2,94	26,09	25,95	0,30
393 S16	Nov 03	14,65	0,414	5,24	7,15	21,89	2,75	0,166	0	3,38	27,454	28,186	-0,732
394 S16	Nov 04	13,65	0,363	5,09	6,60	19,3	2,02	0,114	0	3,67	25,703	25,104	0,599
395 S22	Mar 01	11,52	0,33	2,59	2,87	13,78	1,16	0,004	0	2,26	17,32	17,22	0,30
396 S22	Jun 02	11,91	0,32	2,78	2,97	14,08	1,51	0,004	0	2,26	17,99	17,88	0,30
397 S22	May 03	18	0,391	3,97	4,28	19,52	2,81	0,06	0	2,44	26,641	24,83	1,811
398 S22	Nov 03	15,74	0,419	3,94	4,45	19,32	2,90	0,096	0	2,49	24,549	24,806	-0,257
399 S22	Nov 04	15,22	0,442	4,23	6,16	19,7	2,67	0,072	0	2,39	26,052	24,832	1,22

Tabla A4.1.1.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en meq/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	meq/L									Suma de cationes	Suma de aniones	Balance de iones
		Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^-**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^-**			
400 S27	Mar 01	41,09	0,46	8,38	5,27	48,29	4,65	0,004	0	2,4	55,24	55,39	0,10
401 S27	Jun 02	41,35	0,42	7,2	5	44,23	7,5	0,21	0	2,02	53,99	54,01	0
402 S27	May 03	40	0,555	8,33	6,44	47,61	6,08	0,35	0	2,21	55,325	56,25	-0,925
403 S27	Nov 03	45,57	0,673	8,53	6,65	49,32	6,02	0,174	0	2,03	61,423	57,544	3,879
404 S27	Nov 04	49,70	0,760	10,28	6,70	53,7	6,94	0,131	0	1,90	67,44	62,671	4,769
405 S28	Mar 01	76,3	1,1	14,82	13,58	86,62	16	0,004	0,6	1,61	105,87	104,95	4,00
406 S28	Jun 02	66,72	1,01	15,11	7,55	85,02	4,55	0,004	0	2,82	90,43	92,49	1,10
407 S28	May 03	56	0,772	9,48	8,55	64,06	7,54	0,35	0	2,11	74,802	74,06	0,742
408 S28	Nov 03	51	0,593	9,04	8,32	61,23	7,26	0,21	0	2,05	69,50	70,85	1,00
409 S28	Nov 04	52,7	0,642	9,21	8,43	62,01	7,34	0,17	0	2,14	70,87	71,73	0,60
410 S30	Mar 01	37,17	0,62	3,49	3,49	38,12	2,66	0,004	0	2,42	44,80	43,26	1,80
411 S30	Jun 02	35,43	0,44	3,8	2,6	35,77	4,48	0,18	0	1,8	42,29	42,28	0
412 S30	May 03	52,7	0,775	9,73	7,38	62,45	5,29	0,32	0	1,74	70,585	69,8	0,785
413 S30	Nov 03	60,22	1,07	11,43	7,90	66,70	5,52	0,131	0	1,75	80,62	74,101	6,519
414 S30	Nov 04	70,13	1,28	14,37	11,18	81,8	7,60	0,123	0	1,69	96,96	91,213	5,747
415 S32	Feb 03	33,96	0,430	7,33	6,22	40,17	5,56	0,140	0	2,13	47,94	48	-0,06
416 S32	May 03	36,1	0,491	7,58	6,65	44,31	5,48	0,31	0	2,03	50,821	52,13	-1,309
417 S32	Jul 03	34,83	0,629	8,48	3,84	40,9	3,58	0,147	0	2,20	47,779	46,827	0,952
418 S32	Nov 03	40,26	0,645	7,88	6,55	44,34	5,15	0,179	0	2,08	55,335	51,749	3,586
419 S32	Abr 04	38,35	0,522	8,03	5,58	45,13	5,96	0,142	0	2,28	52,482	53,512	-1,03
420 S32	Sep 04	36,3	0,604	7,88	6,33	44,2	6,02	0,195	0	1,19	51,114	51,605	-0,491
421 S32	Nov 04	40,48	0,701	8,03	6,45	44,7	5,44	0,128	0	1,98	55,661	52,248	3,413

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{-}**	**HCO_3^{-}**
001 PZ1	Jun 94	0,600	400	29	474	475	60,5	2620	165	7,9	0	175
002 PZ1	Oct 94	0,200	422	38	532	383	36	2500	180	5,3	0	155
003 PZ1	Ene 95	0,150	450	30	561	406	55,7	2650	168	5,3	0	175
004 PZ1	Abr 95	0,110	307	30	512	409	53,4	2420	192	5,7	0	100
005 PZ1	Jul 95	0,090	257	28	368	292	52,5	1715	150	6,9	0	122
006 PZ1	Nov 95	0,100	369	30	480	399	65	2230	323	9,6	0	216
007 PZ1	Ene 96	0,350	458	17	783	483	57	3180	306	3	0	190
008 PZ1	Abr 96	0,500	451	29	660	264	57	2418	175	6	0	167
009 PZ1	Ago 96	0,130	339	35	605	428	30	2680	166	4,3	0	92
010 PZ1	Dic 96	0,090	720	48	432	370	59	2684	196	1	0	287
011 PZ1	Ene 97	1,000	830	85	566	453	32	3362	180	2,2	0	304
012 PZ1	Abr 97	0,800	828	83	570	450	30	3360	180	2	0	305
013 PZ1	Jun 97	0,270	324	32	570	390	56,3	2420	182	1,4	0	184
014 PZ1	Feb 99	0,480	383	28,9	594	505	55,8	2872	200	5	0	185
015 PZ1	Oct 99	0,210	399	38,1	645	405	92,9	2610	209	0,5	0	155
016 PZ1	Mar 00	0,190	469	33,6	600	504	54,5	2966	273	12,9	9,3	152
017 PZ1	Sep 00	0,080	425	36,9	632	552	54,7	3023	218	5	0	260
018 PZ1	Mar 01	0,140	410	17	620	504	46	2930	253	6,8	0	173
019 PZ1	Sep 01	0,150	363	38,2	669	546	50,8	2758	232	7,2	0	170
020 PZ1	Jun 02	0,094	208	11,7	76,8	78,1	45,9	484	85,6	13,6	0	215
021 PZ1	Feb 03	0,170	468	22,5	395	323	52,1	1831	150	8,36	0	193
022 PZ1	Jul 03	0,110	622	28,6	423	308	34,2	1715	148	8,1	0	197
023 PZ1	Abr 04	1,210	214	15,6	120	88,5	66,6	654	108	6,73	0	227
024 PZ1	Sep 04	1,220	354	35,1	465	418	62,3	2259	152	74,8	0	196

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^{-}**
025 PZ2	Jun 94	0,170	345	21,5	55	47,2	51,3	595	85	6,2	0	165
026 PZ2	Oct 94	0,072	360	18	54	37	38	596	84	6	0	144
027 PZ2	Ene 95	0,180	350	18	60	45	49,4	600	100	6,6	0	165
028 PZ2	Abr 95	0,340	260	20	58	46	47,6	485	112	5,5	0	91
029 PZ2	Jul 95	0,140	234	22	58	45	48	475	106	5,3	0	94,5
030 PZ2	Nov 95	0,190	307	21	57,6	49,6	54,2	550	194	8,2	0	180
031 PZ2	Ene 96	0,350	332	24	58	47	49,6	520	161	2	0	186
032 PZ2	Abr 96	0,150	290	19	79	52	50	553	118	2	0	158
033 PZ2	Ago 96	0,150	262	20	63	42	50	500	84	1,4	0	162
034 PZ2	Dic 96	0,080	395	27	53	43	52	600	97	2	0	297
035 PZ2	Ene 97	0,900	400	25	60	48,5	48	579	59	5,9	0	336
036 PZ2	Abr 97	0,160	595	22	60	45	45	325	60	3	0	165
037 PZ2	Jun 97	0,530	195	16	52	40	48	373	72	2	0	162
038 PZ2	Feb 99	0,740	303	16,1	50,6	56,6	48,4	559	91,5	5,34	9,2	169
039 PZ2	Oct 99	0,250	320	22,1	34	46,6	46,4	494	100	0,5	0	160
040 PZ2	Mar 00	0,110	332	17,5	57,4	38,6	47,3	535	126	5,1	7,7	150
041 PZ2	Sep 00	0,190	326	16,2	49	28	42	489	93	3,9	0	180
042 PZ2	Mar 01	0,070	231	13,8	76,2	51,2	39,3	490	94	2,9	0	144
043 PZ2	Sep 01	0,100	242	17	82	53,5	41	486	189	3,9	0	141
044 PZ2	Jun 02	0,060	235	9,43	40,8	16,8	31,8	401	52,4	2,2	0	104
045 PZ2	Feb 03	0,070	206	8,8	37,5	18,8	32,9	368	63	4	0	95,4
046 PZ2	Jul 03	0,060	238	10,9	42,5	13,2	14,8	380	58,7	2,47	0	113
047 PZ2	Abr 04	0,044	252	9,94	40,7	15,5	38,1	417	74,2	3,06	0	125
048 PZ2	Sep 04	0,280	259	11,5	38,8	17,3	41,5	408	66,7	3,37	0	113

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^{-}**
049 PZ3	Jun 94	0,500	250	15,8	59	47,8	49,2	470	65	5,7	0	150
050 PZ3	Oct 94	0,050	220	13	62	81	38	532	72	4,4	0	142
051 PZ3	Ene 95	0,100	250	12	60	48	47,2	472	64	5,7	0	155
052 PZ3	Abr 95	0,220	200	15	40	47	47,2	410	88	6	0	88
053 PZ3	Jul 95	0,040	168	17	66	41	46	390	78	3,6	0	91,5
054 PZ3	Nov 95	0,200	168	15	56	48	64,5	425	85	8	0	89
055 PZ3	Ene 96	0,060	228	17	64	48	45,5	430	122	2	0	167
056 PZ3	Abr 96	0,050	200	15	90	63	46	469	93	8	0	153
057 PZ3	Ago 96	0,060	201	22	69	43	47	445	56	1,9	0	149
058 PZ3	Dic 96	0,060	268	20	60	44	48	457	74	2	0	290
059 PZ3	Ene 97	0,180	225	15	66,5	52	44,5	449	64	4,5	0	217
060 PZ3	Abr 97	0,200	226	16	65	50	43	450	64	4	0	210
061 PZ3	Jun 97	0,100	163	12	61	44	46,4	344	72,16	1,5	0	159
062 PZ3	Feb 99	0,110	242	14	74,8	43,2	44,2	464	76,6	4,18	6,16	172
063 PZ3	Oct 99	0,230	232	15,6	46,1	51,5	46,4	424	91,5	0,5	0	148
064 PZ3	Mar 00	0,180	256	13,2	69,8	49	44,4	471	101	0,5	6,5	140
065 PZ3	Sep 00	0,080	274	14	71	49	47,6	503	93	4	0	200
066 PZ3	Mar 01	0,060	221	13,4	78,2	46,3	40	482	80,3	3,2	0	143
067 PZ3	Sep 01	0,080	247	15,1	46,6	19,8	32	404	71,2	3,1	0	111
068 PZ3	Jun 02	0,110	241	13,1	77,3	50	42,9	500	67	2,2	0	141
069 PZ3	Feb 03	0,050	213	12	74,2	49,1	40,8	459	42,3	5,13	0	149
070 PZ3	Jul 03	0,060	235	14	83,2	46,7	29,8	472	71,1	3,76	0	146
071 PZ3	Abr 04	0,054	232	12,7	75	45,6	59,7	516	83,6	4,51	0	151
072 PZ3	Sep 04	0,070	243	15,7	84,6	46,7	57,5	545	83,5	4	0	148

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^{-}**
073 PZ4	Jun 94	0,200	245	12,2	54	37	46,4	395	67	6,2	0	195
074 PZ4	Oct 94	0,050	200	11	55	77	29,3	450	68	4,4	0	182
075 PZ4	Ene 95	0,100	240	12	65	17	41,4	380	64	5,7	0	197
076 PZ4	Abr 95	0,060	181	14,5	59	33	41,5	351,5	88	4,4	0	107
077 PZ4	Jul 95	0,120	152	16	61	33	40,4	330	74	3,6	0	110
078 PZ4	Nov 95	0,570	207	15	59	42	47	415	24	5	0	214
079 PZ4	Ene 96	0,180	263	17	58	38	42,9	386	131	2,2	0	211
080 PZ4	Abr 96	0,020	209	15	78	50	44	400	97	4	0	178
081 PZ4	Ago 96	0,050	173	17	61	43	41	340	73	2	0	189
082 PZ4	Dic 96	0,030	262	18	53	37	46	350	80	2	0	365
083 PZ4	Ene 97	0,110	220	10	58	45,5	42	328	59	4,7	0	349
084 PZ4	Abr 97	0,120	215	13	58	48	40	330	55	4	0	345
085 PZ4	Jun 97	0,190	217	10	59	43	43,5	376	77	1,3	0	187
086 PZ4	Feb 99	0,220	229	9,8	73	45,5	42,6	415	71,5	3,8	0	169
087 PZ4	Oct 99	0,230	231	13,5	32,6	31,5	43,5	366	92,5	0,5	0	178
088 PZ4	Mar 00	0,260	213	11,9	62,8	35,8	40,5	404	90,3	3,8	4,3	165
089 PZ4	Sep 00	0,120	249	12,2	61,5	38,3	40,7	413	90,4	3,3	0	228
090 PZ4	Mar 01	0,120	212	11,3	66,2	43,9	37	410	74	3,2	0	182
091 PZ4	Sep 01	0,420	232	15,9	72	41,2	40,4	409	138	3,3	0	180
092 PZ4	Jun 02	0,080	264	10,9	67,6	41,4	36,8	428	67,8	2,45	0	182
093 PZ4	Feb 03	0,070	201	10,2	63,6	39,6	37,7	377	43,3	5,29	0	191
094 PZ4	Jul 03	1,580	247	13,2	72,3	31,3	20,4	408	58,6	2,2	0	167
095 PZ4	Abr 04	0,062	227	11,4	65,4	35,9	47,9	426	84	4,66	0	190
096 PZ4	Sep 04	0,140	246	12,6	61,4	60,6	49,6	440	88,9	3,65	0	175

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
097 PZ5	Jun 94	0,070	380	15,8	70	60	33,7	730	111	5,7	0	85
098 PZ5	Oct 94	0,050	310	13	81,5	106	18,8	781	108	5,7	0	80
099 PZ5	Ene 95	0,200	335	12	88	59	32,5	710	112	6,2	0	92
100 PZ5	Abr 95	0,530	250	17	75	49	34,5	525	136	5	0	55
101 PZ5	Jul 95	0,140	304	18	80	43	31	620	128	4,3	0	55
102 PZ5	Nov 95	0,120	365	17	78,4	52,5	36	585	208	5	0	161
103 PZ5	Ene 96	0,020	326	20	80	46	33,2	595	196	2,5	0	95
104 PZ5	Abr 96	0,060	300	16	128	58	35	710	121	2	0	76
105 PZ5	Ago 96	0,180	309	17	82	45	34	630	117	3	8	82
106 PZ5	Dic 96	0,050	425	21	74	46	36	735	120	1,7	0	150
107 PZ5	Ene 97	0,080	260	17	73	62	34,5	716	111	7,9	0	130
108 PZ5	Abr 97	0,100	265	16	72	46	34	510	128	7	0	132
109 PZ5	Jun 97	0,180	355	12	78	48	34	683	132	1,7	0	82
110 PZ5	Feb 99	3,600	366	11,7	89,3	53,2	31,6	716	119	4,3	9,4	69
111 PZ5	Oct 99	0,680	340	12,3	43,2	28,4	24,5	536	93,5	0,5	0	59,2
112 PZ5	Mar 00	0,420	305	11,6	60,5	25,4	24,5	579	112	3,6	3,11	57,5
113 PZ5	Sep 00	0,320	331	10,9	64,9	24,6	24,5	579	99,4	3,6	0	114
114 PZ5	Mar 01	15,90	346	13,1	82,2	36,6	25,4	706	120	4,3	0	71,3
115 PZ5	Sep 01	0,270	333	14,6	72,2	26,8	23	576	141	3,3	0	62,7
116 PZ5	Jun 02	0,170	295	9,2	57,4	22,3	20,7	571	69,9	2,2	0	58,1
117 PZ5	Feb 03	0,520	366	11	81,4	46,9	24,2	672	128	8,05	0	80,8
118 PZ5	Jul 03	0,070	397	14,4	80	26	17	735	57,6	4,3	0	87
119 PZ5	Sep 04	0,270	346	12	66,3	23,1	30,1	609	103	3,08	0	62,5

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
120 PZ6	Jun 94	0,110	146	9,1	37	41	89,5	195	32	6,6	0	303
121 PZ6	Oct 94	0,050	150	9	38	46	66	230	24	6,2	0	276
122 PZ6	Ene 95	0,100	145	9,6	56	23	85,1	194	38	4,8	0	300
123 PZ6	Abr 95	0,040	126	11	40	41	87,7	268	36	5	0	150
124 PZ6	Jul 95	0,340	97	13	48	29	86,9	179	32	3,9	0	174
125 PZ6	Nov 95	0,100	155	13	56	41,8	92,5	210	84	10,9	0	308
126 PZ6	Ene 96	0,160	128	14	43	42	89,8	170	48	1,1	0	337
127 PZ6	Abr 96	0,050	146	11	50	38	60	202	33	2	0	310
128 PZ6	Ago 96	0,070	129	13	63	51	87	270	53	2	0	276
129 PZ6	Dic 96	0,080	165	15	41	43	94	216	41	1,5	0	320
130 PZ6	Ene 97	0,090	170	10	30	49	88	200	37	3,3	0	368
131 PZ6	Abr 97	0,080	175	9	28	21	47	195	38	3	0	215
132 PZ6	Jun 97	0,280	120	8,2	49	40	92	185	28	1,4	0	315
133 PZ6	Feb 99	0,570	145	9,7	60,2	44,4	89,7	235	25,5	3,4	22	307
134 PZ6	Oct 99	0,280	154	11,5	13,6	28,8	86,7	224	30,6	0,5	0	249
135 PZ6	Mar 00	0,280	141	9,8	51,6	42,5	86,4	252	45	3,5	0	322
136 PZ6	Sep 00	0,280	376	16	104	78,6	42,5	790	143	9,1	0	249
137 PZ6	Mar 01	0,220	154	10,1	60,2	42,7	75,2	258	39,3	2,9	0	316
138 PZ6	Sep 01	0,160	151	14	62,5	46,4	77,5	267	106	3,5	0	312
139 PZ6	Jun 02	0,190	200	10,9	63,2	47,1	73,7	307	72	2,39	0	333
140 PZ6	Feb 03	0,040	144	9,49	61	49	75	260	44	2,85	0	337
141 PZ6	Jul 03	0,100	157	11,1	66,9	45,1	61,3	267	34,6	3,07	0	328
142 PZ6	Abr 04	0,050	140	11	59,8	38,8	101	284	37,2	3,31	0	338
143 PZ6	Sep 04	0,060	153	10,8	58,2	47,7	93,4	288	27,8	3,9	0	334

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
144 PZ7	Jun 94	0,140	365	16,5	69	73	43,4	640	127	11,4	0	222
145 PZ7	Oct 94	0,257	200	13	62	167	35,4	655	128	8,4	0	232
146 PZ7	Ene 95	0,100	321	12,4	87	72	39	611	120	8	0	273
147 PZ7	Abr 95	0,050	233	18	74	72	39,3	510	144	8	0	146
148 PZ7	Jul 95	0,320	249	17	80	63	41,5	537	125	5,6	0	150
149 PZ7	Nov 95	0,150	288	18	82	74	45	460	217	11	0	280
150 PZ7	Ene 96	0,600	276	19	75	71	41	470	195	1,5	0	279
151 PZ7	Abr 96	0,050	270	17	113	85	42	618	120	3	0	240
152 PZ7	Ago 96	0,130	216	19	81	71	44	432	122	1,2	0	265
153 PZ7	Dic 96	0,080	347	22	74	69	42	610	121	0,16	0	310
154 PZ7	Ene 97	0,130	345	20	75	70	41	605	102	9,9	0	344
155 PZ7	Abr 97	0,250	340	20	73	43	40	600	100	5	0	220
156 PZ7	Jun 97	0,190	217	10	59	43	43,5	376	77	1,3	0	187
157 PZ7	Feb 99	0,090	331	13,3	98,5	71	39,6	630	119	6,7	30,8	241
158 PZ7	Oct 99	0,320	322	13,2	52,5	78,9	44,9	601	139	0,5	0	270
159 PZ7	Mar 00	0,090	343	18,6	79	69,3	40,5	610	149	7,8	0	269
160 PZ7	Sep 00	0,110	425	17,3	83,6	72,9	39,5	707	139	7,8	0	338
161 PZ7	Mar 01	0,130	277	13,3	89,3	72,6	36,4	596	106	2,1	0	271
162 PZ7	Sep 01	0,070	270	18	94,2	76,5	36,3	623	38,7	6,6	0	264
163 PZ7	Jun 02	0,170	251	14	85,7	69,3	36,8	526	134	2,2	0	278
164 PZ7	Feb 03	0,150	348	13,7	83,8	78,6	36,4	669	141	12,84	0	277
165 PZ7	Jul 03	0,380	326	12,7	97,2	49,4	18,4	539	137	8,19	0	281
166 PZ7	Abr 04	0,060	310	13,6	97,7	74,6	43,6	646	124	7,25	0	296
167 PZ7	Sep 04	0,200	296	16,1	85,6	72,5	46,7	620	93,6	6,16	0	278

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
168 PZ8	Jun 94	11,40	205	9,9	56	44	43,6	320	90	24,6	0	225
169 PZ8	Oct 94	0,340	175	10	112	45	23	380	65	10,12	11,4	220
170 PZ8	Ene 95	0,100	189	10	65	56	42	375	68	10	0	245
171 PZ8	Abr 95	0,090	150	13	53	54	37	340	92	12	0	131
172 PZ8	Jul 95	0,600	148	15	59	50	42,5	349	84	8,2	0	134
173 PZ8	Nov 95	0,060	165	13	51	49	53	240	195	15	0	128
174 PZ8	Ene 96	0,500	196	14	54	50	42	300	139	1,8	0	244
175 PZ8	Abr 96	0,210	188	11	77	62	48	390	79	3,4	0	237
176 PZ8	Ago 96	0,120	216	13	57	48	44,5	464	76	1,3	0	66
177 PZ8	Dic 96	0,090	298	16	50	44	48	368	63	2,8	0	461
178 PZ8	Ene 97	0,360	300	20	48	46	42	345	84	13,9	0	479
179 PZ8	Abr 97	0,300	175	15	45	40	35	340	42	10	0	165
180 PZ8	Jun 97	0,180	355	12	78	48	34	683	74,45	1,7	0	82
181 PZ8	Feb 99	0,030	253	11,5	62	62,1	44,3	433	113	10	0	235
182 PZ8	Oct 99	0,310	190	10,6	65	53,5	69,1	254	33,4	0,5	0	467
183 PZ8	Mar 00	0,070	199	10,7	60,8	44,3	71,9	285	52	2,4	0	443
184 PZ8	Sep 00	0,100	199	12,2	68,9	54,2	69,2	297	68,1	2,8	0	517
185 PZ8	Mar 01	0,170	186	11,4	68,2	52,4	66,4	290	34	2,5	0	417
186 PZ8	Sep 01	0,060	209	15,3	73,9	58,3	68,2	301	38,7	2,7	0	420
187 PZ8	Jun 02	0,070	213	13,1	65,7	54,6	63,7	324	32,9	2,2	0	388
188 PZ8	Feb 03	0,030	164	10,7	70	58,9	64,4	340	50	2,2	0	419
189 PZ8	Jul 03	0,060	221	13,3	70,5	62	23,5	331	38,5	2,89	0	401
190 PZ8	Abr 04	0,230	213	12,6	79,8	46,1	91,4	338	58	2,21	0	447
191 PZ8	Sep 04	0,050	217	13,1	40,4	71,7	72,2	388	63,1	4,84	0	381

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
192 PZ9	Jun 94	0,220	190	9,6	38	37,5	40,4	275	48	12,3	0	235
193 PZ9	Oct 94	0,580	187	9,6	49	29	37	285	64	9,7	0	219
194 PZ9	Ene 95	0,100	180	9,6	50	45	37,7	325	48	8,4	0	238
195 PZ9	Abr 95	0,070	129	12,4	35	37,9	37,1	249	48	9,7	0	131
196 PZ9	Jul 95	0,300	157	12	38	35	37,5	263	63	7,6	0	128
197 PZ9	Nov 95	0,190	157	12	38	30	38	195	110	13	0	185
198 PZ9	Ene 96	0,200	156	13,5	43	40	40	205	124	1,6	0	245
199 PZ9	Abr 96	0,100	156	11,5	66	41	39	280	57	3,1	0	230
200 PZ9	Ago 96	0,150	168	13	48	33	39	275	50	1,3	0	237
201 PZ9	Dic 96	0,120	171	15	40	34	33	270	42	3,2	0	228
202 PZ9	Ene 97	0,300	170	12	57	43,5	32	261	41	12,8	0	296
203 PZ9	Abr 97	0,100	160	112	50	44	30	125	41	5	0	280
204 PZ9	Jun 97	0,280	120	8,2	49	40	92	185	28	1,4	0	315
205 PZ9	Feb 99	0,360	163	10,7	36,4	47,6	37,2	290	49,3	8,3	0	229
206 PZ9	Oct 99	0,160	172	9,4	41,2	35,6	92,2	240	45,1	0,5	0	246
207 PZ9	Mar 00	0,130	179	9,6	42,5	31,4	37	267	68	8,1	0	235
208 PZ9	Sep 00	0,090	180	10,9	40,5	39,4	37	272	66,1	8,6	0	288
209 PZ9	Mar 01	0,040	192	10	50	33	37,4	272	48	8,2	0	222
210 PZ9	Sep 01	0,080	159	13,8	46,6	40,1	36,4	281	60	8,7	0	222
211 PZ9	Jun 02	0,140	211	11,9	43,3	37,9	36	293	47,1	2,2	0	226
212 PZ9	Feb 03	0,020	145	9,61	43,2	39,6	35,1	282	62	7,98	0	232
213 PZ9	Jul 03	0,150	172	11,1	48,8	33,5	19,1	291	47	7,24	0	229
214 PZ9	Abr 04	0,370	155	10,6	43,9	35,9	45,1	295	51,2	8,23	0	238
215 PZ9	Sep 04	0,070	174	11,7	43,6	37,8	48,7	324	56,2	7,43	0	227

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
216 PZ10	Jun 94	15,70	310	20,9	85	60	30,8	540	130	73,9	0	215
217 PZ10	Oct 94	2,200	235	17	71	115	35,6	570	132	37	0	215
218 PZ10	Ene 95	0,500	250	15	111	25	34,5	420	124	28	0	241
219 PZ10	Abr 95	1,760	193	19	83	65	31,6	441	152	36,9	0	134
220 PZ10	Jul 95	1,200	275	19	59	54,5	28	510	140	13,5	0	91,5
221 PZ10	Nov 95	0,130	295	19	82	57	30,9	380	247	20	0	254
222 PZ10	Ene 96	0,200	226	20	85	58	28,7	356	277	1	0	196
223 PZ10	Abr 96	0,050	229	17	100	45	30	400	181	6	0	160
224 PZ10	Ago 96	0,100	336	16	128	98	38	742	193	1,5	0	229
225 PZ10	Dic 96	1,000	274	23	83	53	67	481	131	3	0	223
226 PZ10	Ene 97	0,330	275	21	72	61	25	500	118	39	0	280
227 PZ10	Abr 97	0,250	278	20	70	60	26	490	115	25	0	260
228 PZ10	Jun 97	0,140	241	13	88	67	44	480	117	2,5	0	268
229 PZ10	Feb 99	0,450	292	17	98,5	74,3	29,5	558	133	26	0	235
230 PZ10	Oct 99	0,260	270	15,3	70,9	62,5	28,5	466	139	2,07	12,2	216
231 PZ10	Mar 00	0,180	305	18,8	86,6	54,5	31,3	198	172	26,5	0	231
232 PZ10	Sep 00	0,090	290	18,6	90,8	57,1	27,3	497	114	27,6	0	297
233 PZ10	Mar 01	0,120	297	18	98,1	57	28,6	510	147	25,6	0	228
234 PZ10	Sep 01	0,080	288	20,6	97,7	61,6	30,1	518	173	30,8	0	230
235 PZ10	Jun 02	0,780	439	20,5	146	108	29,6	865	225	10,3	0	247
236 PZ10	Feb 03	0,500	172	11,7	75,7	50,4	22,6	328	203	21,4	0	129
237 PZ10	Jul 03	0,430	449	24,2	235	105	22,7	975	174	11,5	0	263
238 PZ10	Abr 04	0,850	386	22,5	132	89,7	44,2	830	227	7,99	0	252
239 PZ10	Sep 04	13,25	385	23,6	158	93	40,2	855	228	20	0	254

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^{-}**
240 PZ11	Jun 94	0,470	250	20	6	18,5	18,1	265	70	18,1	77,2	70
241 PZ11	Oct 94	0,600	200	12	29	60	16,1	300	82	18	9,8	228
242 PZ11	Ene 95	0,700	222	13	14	34	24,1	264	80	20	31	175
243 PZ11	Abr 95	0,360	156	19,8	5	16,5	17,3	200	88	14,5	24	70,1
244 PZ11	Jul 95	0,730	221	15	16	34	28,6	310	92	10,9	16	113
245 PZ11	Nov 95	0,400	215	16	22	37	33,8	210	134	27	26	257
246 PZ11	Ene 96	0,380	211	19	18	16	25,5	250	139	2	10	111
247 PZ11	Abr 96	93,0	218	16	31	14	23	191	180,6	1,7	30	189
248 PZ11	Ago 96	0,300	261	17	29	41	34	325	98	1,3	0	273
249 PZ11	Dic 96	0,940	240	20	21	34	65	293	107	3	0	253
250 PZ11	Abr 97	0,900	235	15	19	16	23	260	90	10	100	190
251 PZ11	Jun 97	0,370	147	9,4	55	40	47	217	74	3,5	0	243
252 PZ11	Feb 99	0,130	240	14	5,4	26,6	20,4	272	103	16,3	30,80	154
253 PZ11	Oct 99	0,360	251	11,5	13,7	30,4	18,5	281	122	4,32	18,30	241
254 PZ11	Mar 00	0,720	269	15,2	10,6	26,8	20,7	303	140	8,5	18,40	191
255 PZ11	Sep 00	0,110	291	13,5	32,4	41,4	31,4	306	107	20,1	0,00	362
256 PZ11	Mar 01	0,110	270	15,3	9,6	29	24,1	295	123	7,6	51,50	127
257 PZ11	Sep 01	0,070	282	16,9	47	45,9	36,8	356	155	22,3	0	281
258 PZ11	Jun 02	0,140	410	17	36,6	10,7	26,6	476	201	18,9	26,30	237
259 PZ11	Feb 03	0,080	294	14	42,3	54,9	27,7	422	200	35	0	261
260 PZ11	Jul 03	0,120	617	23,4	90,4	72,8	12,6	806	341	47,7	0	286
261 PZ11	Abr 04	0,270	333	14,2	59,8	46,1	39,8	461	205	13,2	0	324
262 PZ11	Sep 04	0,250	294	14,2	42,8	46,7	43,8	380	150	20,9	0	299

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
263 PZ12	Jun 94	0,080	382	17,4	29	46	25,3	488	126	22,9	17,3	273
264 PZ12	Oct 94	0,060	290	14	29	93	24	500	128	20	0	275
265 PZ12	Ene 95	0,700	310	12,5	37	70	25,9	466	132	22,5	0	315
266 PZ12	Abr 95	0,130	335	18,4	28,8	46,7	24,3	470	144	22,4	0	174
267 PZ12	Jul 95	0,380	340	17	32	42	22,9	490	128	13	0	165
268 PZ12	Nov 95	0,260	352	18	30,4	44	28,7	415	154	22	13	327
269 PZ12	Ene 96	0,040	373	18	27	43	24,8	405	218	2,5	0	318
270 PZ12	Abr 96	0,070	305	15	100	40	28	478	125	2,5	0	296
271 PZ12	Ago 96	0,060	479	19	33	44	29	650	128	1,2	0	304
272 PZ12	Dic 96	0,100	400	25	34	46	27	505	149	3,6	0	304
273 PZ12	Ene 97	0,130	400	20	77	64	26	577	113	22,5	0	480
274 PZ12	Abr 97	0,130	400	20	75	65	25	590	101	20	0	450
275 PZ12	Jun 97	0,370	116	9	31	25	30	161	53	189	0	128
276 PZ12	Feb 99	0,090	372	14,5	27,4	54,3	25,3	458	131	21	0	307
277 PZ12	Oct 99	0,070	368	13	22	47,5	24,3	428	139	3,02	9,1	297
278 PZ12	Mar 00	0,350	366	17,1	34,9	39,7	25	473	162	30,1	9,2	314
279 PZ12	Sep 00	0,120	358	17,1	32,4	47,3	23,8	477	117	25,3	0	369
280 PZ12	Mar 01	0,080	360	15,7	36,9	44,9	25,3	477	158	22	3,1	298
281 PZ12	Sep 01	0,270	452	19,3	38,2	50,8	25,6	504	174	25,1	19	268
282 PZ12	Jun 02	0,120	350	15,2	33,3	49,9	23,9	496	128	25,6	0	306
283 PZ12	Feb 03	0,030	310	13,7	33,5	48,8	23,8	452	81	19,9	0	314
284 PZ12	Jul 03	0,060	201	15,9	38,5	24,8	14,1	464	141	23,4	0	318
285 PZ12	Abr 04	0,090	383	16,5	39,9	43,6	28,2	511	181	13,6	0	332
286 PZ12	Sep 04	0,050	409	17,3	38	55,5	32,7	537	185	9,02	0	327

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^{-}**
287 PZ13	Jun 94	0,150	1100	24,5	210	150	26,6	2270	290	34,8	0	280
288 PZ13	Oct 94	0,150	850	23,5	198	231	31	1910	240	24	0	416
289 PZ13	Ene 95	0,120	1150	26,3	250	148	32	2230	290	31,2	0	320
290 PZ13	Abr 95	0,070	850	31,2	222	220	33,9	2000	310	26,8	0	174
291 PZ13	Jul 95	0,040	726	29	256	204	24	1815	345	23	0	177
292 PZ13	Nov 95	0,120	660	36	237	222	32	1440	630	33	0	340
293 PZ13	Ene 96	0,060	680	30	159,5	469	33	2150	532	1,7	0	322
294 PZ13	Abr 96	0,080	670	28	404	258	48	2100	318	3	0	297
295 PZ13	Ago 96	0,100	500	35	275	227	32,1	1517	331	5	0	294
296 PZ13	Dic 96	0,030	591	41	248	214	32	1520	395	4	0	303
297 PZ13	Ene 97	0,300	650	50	1078	700	39,5	3923	750	70,2	0	380
298 PZ13	Abr 97	0,300	640	50	1090	709	39	4200	750	70	0	390
299 PZ13	Jun 97	0,260	890	42	238	152	34	1835	357	20	0	279
300 PZ13	Feb 99	0,420	825	33,5	292	226	31,3	2016	411	46	0	301
301 PZ13	Oct 99	0,690	694	28,5	249	259	35,5	1762	390	7	21,4	257
302 PZ13	Mar 00	0,130	844	34,1	258	240	31,3	1985	465	39,7	0	303
303 PZ13	Sep 00	0,140	611	44,5	908	631	33,9	3659	698	90,1	0	258
304 PZ13	Mar 01	0,170	884	33	278	247	30	1935	574	64	0	283
305 PZ13	Sep 01	0,180	896	37	274	259	30,9	1922	659	68,2	0	276
306 PZ13	Jun 02	0,170	741	26,5	144	148	30,7	1407	280	139	0	309
307 PZ13	Feb 03	0,140	788	23	136	152	27,9	1377	696	189	0	314
308 PZ13	Jul 03	0,340	916	33	235	198	13	1656	453	99,8	0	288
309 PZ13	Abr 04	0,150	970	30,9	221	195	35,9	1789	732	87,3	0	295
310 PZ13	Sep 04	0,300	986	35,6	275	229	40	1923	627	141	0	302

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
311 PZ14	Jun 94	0,120	1000	38,6	510	405	50,7	3321	243	3,5	0	253
312 PZ14	Oct 94	0,340	663	36	403	573	46,1	3125	248	4	0	216
313 PZ14	Ene 95	0,110	1040	40	510	390	48,8	3300	290	5,3	0	250
314 PZ14	Abr 95	0,060	740	43,4	608	438	47,6	3210	300	2,6	0	134
315 PZ14	Jul 95	0,110	692	44	608	486	45,5	3340	250	2,97	0	137
316 PZ14	Nov 95	0,070	850	52	606	463	52	2200	473	8	0	199
317 PZ14	Ene 96	0,160	555	35	728	821	49,6	4100	444	3,6	0	239
318 PZ14	Abr 96	0,420	728	40	644	500	49	3340	400	5	0	221
319 PZ14	Ago 96	0,080	640	47	605	552	52,4	3372	265	4	0	241
320 PZ14	Dic 96	0,050	573	53	624	545	50,5	3245	327	0,3	0	246
321 PZ14	Ene 97	0,210	550	50	678	486	49	3100	313	2	0	307
322 PZ14	Abr 97	0,200	555	51	675	485	49	3105	315	9	0	305
323 PZ14	Jun 97	0,210	860	10	618	418	54,3	3280	285	0,82	0	241
324 PZ14	Feb 99	0,360	676	40,4	690	572	45,4	3661	324	5,2	0	232
325 PZ14	Oct 99	6,900	544	39,1	738	586	48,2	3424	297	0,5	0	251
326 PZ14	Mar 00	0,190	692	44,6	608	508	48,2	3255	338	6,4	0	225
327 PZ14	Mar 01	0,500	756	45	667	538	44,4	3527	377	2,8	0	206
328 PZ14	Sep 01	0,860	772	50	669	536	47	3604	372	7	0	235
329 PZ14	Jun 02	0,390	590	30,7	356	276	41,1	1867	294	16,1	0	217
330 PZ14	Feb 03	0,120	366	31,5	783	513	34,6	2493	932	167	0	342
331 PZ14	Abr 04	0,220	682	40,8	570	444	58,7	3106	289	4,3	0	258

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}
332 PZ15	Jun 94	0,300	1055	42,5	544	661	39,7	3856	307	7,04	0	247
333 PZ15	Oct 94	0,123	940	40	456	647	29,5	3884	312	2,64	0	165
334 PZ15	Ene 95	0,500	1150	45	450	600	48,2	3971	330	4,8	0	260
335 PZ15	Abr 95	0,124	666	49,5	624	622	50,9	3692	370	4,8	0	104
336 PZ15	Jul 95	0,320	768	49,5	640	642	44,6	3920	320	5,3	0	110
337 PZ15	Nov 95	0,070	1020	56	463	620	49	3575	760	9,7	0	200
338 PZ15	Ene 96	0,050	640	40,5	1109	347	49,9	3480	544	3,8	0	195
339 PZ15	Abr 96	0,050	720	49	632	527	50	3408	341	6	0	180
340 PZ15	Ago 96	0,270	635	52	704	682	48,5	3890	333	5	0	185
341 PZ15	Dic 96	0,090	850	92	608	671	50	3960	399	0,4	0	261
342 PZ15	Ene 97	0,120	830	85	765	611	49	3940	482	3,5	0	332
343 PZ15	Abr 97	0,100	850	80	770	609	48	3930	485	4	0	330
344 PZ15	Jun 97	0,140	900	11	665	639	52	4154	346	17	0	178
345 PZ15	Feb 99	0,040	772	42,1	765	743	46,9	4321	387	7,3	0	185
346 PZ15	Oct 99	0,120	513	41,3	904	709	39,7	4306	349	0,5	0	204
347 PZ15	Mar 00	0,180	762	50,6	722	748	47,3	4356	347	5,4	0	181
348 PZ15	Sep 00	0,910	888	53,6	746	804	44,1	4562	374	7,1	0	234
349 PZ15	Mar 01	0,090	769	51,3	789	735	43,5	4331	434	4,7	0	176
350 PZ15	Sep 01	0,080	781	72	783	814	46,4	4557	485	16	0	177
351 PZ15	Jun 02	0,300	889	46,7	703	645	43,8	3888	694	8,8	0	196
352 PZ15	Feb 03	0,320	408	31,3	469	440	38,1	2485	255	0,22	0	241
353 PZ15	Jul 03	1,320	636	47,6	757	695	26,9	4224	249	0,543	0	188
354 PZ15	Abr 04	0,740	902	51,2	742	679	57,4	4293	425	3,42	0	204
355 PZ15	Sep 04	0,240	812	59,6	829	713	59,5	4281	402	119	0	193

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^{-}**
356 PZ16	Ene 95	0,050	435	37	1000	642	37	3800	575	40	0	165
357 PZ16	Abr 95	0,130	1660	42	520	350	39,8	3830	730	41,4	0	210
358 PZ16	Jul 95	0,080	415	40,9	992	613	37,1	3500	860	46,2	0	106,7
359 PZ16	Nov 95	0,110	448	48	944	554	39,7	3550	623	47,52	0	200
360 PZ16	Ene 96	0,140	425	38	1182	470	41,1	3560	636	28	0	195
361 PZ16	Abr 96	0,060	700	40	864	321	41	3160	672	16	0	162
362 PZ16	Ago 96	0,300	720	50	601	665	43,5	3535	696	19	0	184
363 PZ16	Dic 96	0,080	484	58	470	315	39	1935	682	0,4	0	167
364 PZ16	Ene 97	0,450	500	55	367	305	62	1790	210	110	0	562
365 PZ16	Abr 97	0,350	500	59	370	305	20	2073	210	33	0	136
366 PZ16	Jun 97	0,150	645	10	650	554	43	3021	736	25	0	182
367 PZ16	Feb 99	0,060	459	40,7	1019	667	37	3841	725	63,2	0	191
368 PZ16	Oct 99	0,160	545	37,2	1008	799	48,5	4102	884	11,3	0	201
369 PZ16	Mar 00	1,900	490	39,8	912	628	37,3	3432	888	85,1	0	194
370 PZ16	Sep 00	0,070	588	45,9	924	675	34,5	3750	690	92,4	0	248
371 PZ16	Mar 01	0,190	359	39	824	536	35,6	2846	874	57,8	0	192
372 PZ16	Sep 01	0,090	467	45	898	585	36,3	3243	1007	1	0	185
373 PZ16	Jun 02	0,130	710	40,6	751	552	36,4	2785	1329	158	0	182
374 PZ16	Jul 03	0,450	360	40,5	927	440	16,2	2702	688	117	0	194
375 PZ16	Abr 04	0,320	565	41,9	780	585	44,5	2988	975	50,7	0	197
376 PZ16	Sep 04	0,110	415	46,5	828	559	48,4	2903	949	172	0	198

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^{-}**
377 S1	May 03	0,550	387	11,9	24,5	9,43	-	334	62,9	2,2	16,2	314
378 S1	Nov 03	0,610	287	13,7	20,8	15,7	50,2	355	50,7	2,36	0	245
379 S1	Nov 04	0,220	308	14	20,8	14,6	52,8	336	53,7	2,2	0	328
380 S2	May 03	0,130	328	12,1	20,4	10,9	-	353	61,9	2,2	0	232
381 S2	Nov 03	0,180	340	13,6	16,6	13,7	54,6	334	56,5	2,2	0	335
382 S2	Nov 04	0,110	321	14,5	23,2	14,1	48,3	356	50,1	2,33	0	243
383 S3	May 03	0,070	258	12,2	55,5	34,7	-	458	79,6	7,56	0	120
384 S3	Nov 03	0,550	251	14,3	46,6	34,4	53,6	452	71,8	4,07	0	124
385 S3	Nov 04	3,25	277	13,8	52,8	36	56,2	450	76,8	4,29	0	120
386 S7	May 03	0,070	252	14,2	62	36,7	-	458	82,9	4,62	0	125
387 S7	Nov 03	0,200	224	15	60,7	38,4	47,4	460	63,8	4	0	129
388 S7	Nov 04	2,550	271	15,6	58,4	38,4	46	453	71,1	3,85	0	129
389 S12	May 03	0,240	966	26	296	178	-	2127	343	23,3	0	165
390 S12	Nov 03	0,940	903	31,3	293	161	51,9	2104	345	13,4	0	180
391 S12	Nov 04	0,190	1049	32,4	308	169	29,8	2204	264	10,6	0	161
392 S16	Ene 97	3,13	345	10,14	93,6	73,39	43,2	692	165	3,72	0	179
393 S16	Nov 03	0,640	337	16,2	105	86,9	29,8	777	132	10,3	0	206
394 S16	Nov 04	0,790	314	14,2	102	80,3	56,6	685	96,9	7,06	0	224
395 S22	Mar 01	0,060	265	12,87	51,8	35	12	489	55,68	0,254	0	138
396 S22	Jun 02	0,055	274	12,48	55,6	36,2	12	500	72,48	0,254	0	138
397 S22	May 03	0,610	415	15,3	79,5	52,1	-	693	135	3,81	0	149
398 S22	Nov 03	0,610	362	16,4	79	54,11	45,2	686	139	5,96	0	152
399 S22	Nov 04	1,80	350	17,3	84,8	74,9	45,9	698	128	4,49	0	146

Tabla A4.1.2.- Concentraciones iónicas de las aguas subterráneas de la zona de estudio en mg/L (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	mg/L										
		Fe^{2+}	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**SiO_2**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**NO_3^{-}**	**CO_3^{2-}**	**HCO_3^{-}**
400 S27	Mar 01	0,1	945	17,99	168	64,29	22	1714	223	0,254	0	146
401 S27	Jun 02	0,05	951	16,38	144	61	32,38	1570	360	13,14	0	123
402 S27	May 03	0,960	919	21,7	167	78,3	-	1690	292	21,9	0	135
403 S27	Nov 03	1,94	1048	26,3	171	80,9	40,9	1751	289	10,8	0	124
404 S27	Nov 04	2,33	1143	29,7	206	81,5	38,9	1907	333	8,14	0	116
405 S28	Mar 01	0,200	1755	42,9	296	166	26,75	3075	768	0,254	18,3	98,21
406 S28	Jun 02	0,100	1535	39,39	302	92,11	28	3018	218	0,254	0	172
407 S28	May 03	0,450	1288	30,2	190	104	-	2274	362	22	0	129
408 S28	Nov 03	0,310	1173	23,13	190	102	35,2	2174	349	13,02	0	125
409 S28	Nov 04	0,240	1212	25,04	181	103	31	2201	352	10,54	0	131
410 S30	Mar 01	0,200	855	24,18	69,8	42,58	27	1353	128	0,254	0	148
411 S30	Jun 02	0,050	815	17,16	76	31,72	34,6	1270	215	11,16	0	110
412 S30	May 03	0,140	1213	30,3	195	89,8	-	2217	254	19,6	0	106
413 S30	Nov 03	0,330	1385	41,7	229	96,1	32,7	2368	265	8,1	0	107
414 S30	Nov 04	0,910	1613	49,9	288	136	37,4	2903	365	7,61	0	103
406 S32	Feb 03	1,21	781	16,8	147	75,6	28,1	1426	267	8,71	0	130
407 S32	May 03	1,21	831	19,2	152	80,9	-	1573	263	19,1	0	124
408 S32	Jul 03	0,13	801	24,6	170	46,7	15,6	1452	172	9,1	0	134
409 S32	Nov 03	0,950	926	25,2	158	79,7	35,5	1574	247	11,1	0	127
410 S32	Abr 04	0,048	882	20,4	161	67,9	35,2	1602	286	8,82	0	139
411 S32	Sep 04	0,470	835	23,6	158	77	34	1568	289	12,1	0	72,6
412 S32	Nov 04	0,14	931	27,4	161	78,4	37,1	1586	261	7,92	0	121

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio

Nombre	*Fecha muestra*	*(ºC)*		*C.E. (microS·cm^{-1})*	*pH*	*meq/L*			*SAR*	*Sólidos Disueltos (mg/L)*
		Tª aire	**Tª agua**			**TA**	**Dureza permanente**	**Dureza total**		
001 PZ1	Jun 94	19,9	25,2	8560	7,05	2,86	59,86	62,78	3,1	5400
002 PZ1	Oct 94	20	25,6	8400	6,94	2,54	55,52	58,1	3,4	5800
003 PZ1	Ene 95	17,1	25	8770	7,37	2,86	58,53	61,44	3,5	4100
004 PZ1	Abr 95	18,7	25,1	8360	7,48	1,64	57,56	59,24	2,4	3850
005 PZ1	Jul 95	23,2	24,9	6640	7,24	2	40,39	42,42	2,4	2900
006 PZ1	Nov 95	-	25,5	7970	7,27	3,54	53,24	56,82	3	5475
007 PZ1	Ene 96	18,2	25,3	7470	7,05	3,12	75,69	78,86	3,2	5350
008 PZ1	Abr 96	18,5	25	7360	7,05	2,74	51,92	54,7	3,7	4076
009 PZ1	Ago 96	23,4	24,8	8020	7,03	1,51	63,89	65,46	2,6	4266
010 PZ1	Dic 96	18,7	25,4	8630	7,46	4,7	47,29	52,04	6,1	6766
011 PZ1	Ene 97	16,5	25,7	7920	7,1	4,98	60,53	65,56	6,3	5692
012 PZ1	Abr 97	18,3	25	7900	7,1	5	60,55	65,52	6,3	5685
013 PZ1	Jun 97	22,8	25,2	8330	7,4	3,02	57,31	60,58	2,56	4022
014 PZ1	Feb 99	17,4	25,1	7910	7,1	3,04	68,25	71,3	2,7	6587
015 PZ1	Oct 99	22,3	25	7070	7,8	2,54	62,47	65,56	3	5807
016 PZ1	Mar 00	21	24,8	9100	7,4	2,5	68,57	71,46	3,4	6212
017 PZ1	Sep 00	23,4	24,6	8520	6,9	4,26	76,93	77,04	2,9	5451
018 PZ1	Mar 01	18,7	25,7	7760	7,7	2,84	69,35	72,44	2,9	7020
019 PZ1	Sep 01	-	25,5	7650	7	2,78	75,54	78,38	2,5	6778
020 PZ1	Jun 02	20,5	25	1790	7,6	3,52	6,73	10,26	4	1408
021 PZ1	Feb 03	16,2	25,5	5590	8,04	3,16	43,54	46,32	4,22	3352
022 PZ1	Jul 03	23,1	25,2	5820	8,19	3,22	43,31	46,48	2,65	3400
023 PZ1	Abr 04	18,6	25,1	2110	7,72	3,72	10,67	13,28	3,6	1518
024 PZ1	Sep 04	23,7	25	6750	7,58	3,22	54,36	57,64	2,86	4572

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
025 PZ2	Jun 94	22,4	27,2	2600	7,8	2,7	3,92	6,64	8,2	1275
026 PZ2	Oct 94	23	26,9	2300	7,54	2,36	3,38	5,74	9,2	1498
027 PZ2	Ene 95	18,5	27,1	2640	7,79	2,7	4	6,7	8,3	1250
028 PZ2	Abr 95	19,8	27	2470	7,9	1,49	5,19	6,68	6,2	1036
029 PZ2	Jul 95	-	26,8	2600	7,64	1,55	5	6,6	5,6	1000
030 PZ2	Nov 95	22,7	27,5	2440	7,8	2,94	4,02	6,96	7,6	1316
031 PZ2	Ene 96	20	27,4	2088	7,79	3,04	2,72	6,76	7,8	1300
032 PZ2	Abr 96	20,2	28	2105	7,74	2,58	5,64	8,22	6,2	1248
033 PZ2	Ago 96	24,6	27	2095	7,64	2,66	3,94	6,6	6,3	1105
034 PZ2	Dic 96	20,7	26,8	2267	7,8	4,86	1,32	6,18	9,7	1451
035 PZ2	Ene 97	21,7	27,1	1903	7,6	5,5	1,48	6,98	9,1	1323
036 PZ2	Abr 97	20,5	27,6	2000	7,5	2,7	4,0	6,7	7,7	1230
037 PZ2	Jun 97	23,7	27,3	2165	7,7	2,66	3,22	5,88	4,9	846
038 PZ2	Feb 99	18,3	27	1981	7,7	3,08	4,10	7,18	6,9	1320
039 PZ2	Oct 99	24	26,8	1970	8,3	2,62	2,92	5,54	8,3	1380
040 PZ2	Mar 00	22,6	27,5	1985	8,05	2,46	3,60	6,06	8,3	1257
041 PZ2	Sep 00	24,5	27,1	1829	7,8	2,94	1,78	4,72	9,2	1151
042 PZ2	Mar 01	21,2	27,4	1600	7,8	2,36	5,66	8,02	5	1289
043 PZ2	Sep 01	24,3	27,6	1730	7,6	2,32	6,20	8,52	5	1354
044 PZ2	Jun 02	22,7	28	1340	8,1	1,70	1,72	3,42	7,8	890
045 PZ2	Feb 03	17,9	27,3	1520	8,4	1,56	1,86	3,42	6,84	978
046 PZ2	Jul 03	24,4	27	1540	8,23	1,85	1,35	3,2	8,16	890
047 PZ2	Abr 04	20,8	27	1415	8,19	2,04	1,26	3,3	8,5	762
048 PZ2	Sep 04	24,2	26,8	1552	7,96	1,85	1,51	3,36	8,67	874

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
049 PZ3	Jun 94	22,3	23,7	2050	7,8	2,46	4,42	6,88	5,8	1006
050 PZ3	Oct 94	23,1	23,6	1911	7,59	2,34	7,42	9,76	4,3	1415
051 PZ3	Ene 95	18,3	23,8	2200	7,82	2,54	4,40	6,94	5,8	990
052 PZ3	Abr 95	19,5	24,2	2010	7,97	1,44	4,42	5,86	5	850
053 PZ3	Jul 95	23,7	23,5	2230	7,78	1,5	5,18	6,68	3,9	820
054 PZ3	Nov 95	22,4	23,7	1900	7,08	1,46	5,28	6,74	3,9	780
055 PZ3	Ene 96	-	24,1	1750	7,89	2,74	5,40	7,14	5,2	1030
056 PZ3	Abr 96	20,8	24	1789	7,87	2,5	7,18	9,68	4	1023
057 PZ3	Ago 96	24,3	23,7	1820	7,8	2,44	4,54	6,98	4,7	960
058 PZ3	Dic 96	21,1	23,8	1936	7,8	5,8	0,42	6,62	6,4	1117
059 PZ3	Ene 97	21,8	24	1704	7,7	3,56	3,22	6,78	5	1018
060 PZ3	Abr 97	20,5	23,9	1695	7	3,44	3,92	7,36	5,11	1045
061 PZ3	Jun 97	23,6	24,1	1837	8	2,62	4,04	6,66	0,4	840
062 PZ3	Feb 99	18,3	23,5	1680	7,8	3,02	4,26	7,28	5,5	1089
063 PZ3	Oct 99	24,1	23,7	1710	8,2	2,42	4,08	6,5	5,5	1201
064 PZ3	Mar 00	22,5	23,8	1783	8	2,3	5,22	7,52	5	1165
065 PZ3	Sep 00	24,5	23,9	1866	7,6	3,28	4,28	7,56	6,1	1281
066 PZ3	Mar 01	20,5	24,1	1578	7,8	1,82	5,90	7,72	4,9	1282
067 PZ3	Sep 01	24,5	24,3	1470	8	2,32	1,62	3,94	7,6	971
068 PZ3	Jun 02	23,1	24,7	1730	7,7	2,44	5,54	7,98	5,2	1236
069 PZ3	Feb 03	18,2	24,1	1858	8,02	2,4	5,34	7,74	4,7	1042
070 PZ3	Jul 03	25,1	23,9	1904	7,81	2,48	5,52	8	5,1	1136
071 PZ3	Abr 04	20,8	23,5	1767	7,61	2,42	5,08	7,5	5,2	940
072 PZ3	Sep 04	-	23,7	1922	7,6	2,44	5,62	8,06	5,25	1164

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
073 PZ4	Jun 94	22,5	25,9	1795	7,7	3,2	2,54	5,74	6,3	950
074 PZ4	Oct 94	23,1	25	1759	7,48	2,98	6,10	9,08	4	1163
075 PZ4	Ene 95	18,4	25,7	1950	7,78	3,22	1,42	4,64	6,8	930
076 PZ4	Abr 95	19	25,6	1855	7,88	1,75	3,91	5,66	4,6	802
077 PZ4	Jul 95	24	25,5	1930	7,61	1,80	3,96	5,76	3,8	750
078 PZ4	Nov 95	22,5	26	1880	7,65	3,5	2,9	6,4	5	823
079 PZ4	Ene 96	19,9	25,9	1581	7,61	3,46	2,56	6,02	6,6	1027
080 PZ4	Abr 96	20,4	25,5	1638	7,53	2,92	5,10	8,02	4,3	943
081 PZ4	Ago 96	-	25	1653	7,63	3,1	3,48	6,58	4,2	870
082 PZ4	Dic 96	21,5	25,1	2729	8	5,98	-	5,7	6,7	956
083 PZ4	Ene 97	20,6	25,6	1657	7,7	5,72	0,92	6,64	5,3	1011
084 PZ4	Abr 97	20,4	25,3	1670	7,8	5,66	1,18	6,84	5,04	1040
085 PZ4	Jun 97	23,8	25,4	1680	7,5	3,06	3,42	6,48	5,2	1100
086 PZ4	Feb 99	18,5	25	1587	8	2,76	5,62	7,38	5,1	1073
087 PZ4	Oct 99	24	25,1	1410	8,1	2,92	2,30	4,22	6,9	912
088 PZ4	Mar 00	22,8	25,3	1606	8	2,7	4,34	6,04	5,3	1011
089 PZ4	Sep 00	24,7	25,8	1695	7,7	3,74	2,50	6,24	6,1	1094
090 PZ4	Mar 01	21,3	25,7	1498	7,5	2,98	3,94	6,92	4,9	1100
091 PZ4	Sep 01	24,5	25,9	1580	7,5	2,94	4,04	6,98	5,3	1108
092 PZ4	Jun 02	23,2	26,3	1430	7,5	2,98	3,80	6,78	6,2	1215
093 PZ4	Feb 03	18,1	25,3	1670	7,86	3,14	3,30	6,44	4,86	844
094 PZ4	Jul 03	25,2	25,1	1708	7,47	2,74	3,44	6,18	6,1	936
095 PZ4	Abr 04	20,7	25,3	1560	7,47	3,14	3,08	6,22	5,59	862
096 PZ4	Sep 04	24,6	25,1	1746	7,42	2,86	5,20	8,06	5,32	1062

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
097 PZ5	Jun 94	22,5	28,1	2780	8	1,39	7,05	8,44	8	1505
098 PZ5	Oct 94	23,3	28	2700	7,66	1,31	11,49	12,8	5,3	1891
099 PZ5	Ene 95	18,5	27,5	3090	7,95	1,51	8,75	9,26	6,8	1250
100 PZ5	Abr 95	19,2	27,9	2920	7,98	0,90	6,88	7,78	5,5	1080
101 PZ5	Jul 95	23,8	27,5	2960	7,8	0,90	6,64	7,54	6,8	1210
102 PZ5	Nov 95	22,1	27,6	2900	7,93	2,64	6,60	8,24	7,8	1055
103 PZ5	Ene 96	20	28,4	2462	7,96	1,56	6,22	7,78	7,2	1300
104 PZ5	Abr 96	20,6	28,3	2548	7,9	1,25	9,91	11,16	5,5	1342
105 PZ5	Ago 96	24,4	28,1	2572	8,05	1,61	6,19	7,8	6,6	1265
106 PZ5	Dic 96	22	27,9	2739	8	2,46	5,02	7,48	9,5	1655
107 PZ5	Ene 97	20,1	28,4	2592	7,8	2,14	6,60	8,74	5,4	1117
108 PZ5	Abr 97	23,8	28,2	2600	7,6	2,16	5,22	7,38	6	1150
109 PZ5	Jun 97	-	27,8	2607	8	1,34	6,50	7,84	7,8	1346
110 PZ5	Feb 99	18,6	28,4	2260	7,9	1,44	7,40	8,84	7,5	1549
111 PZ5	Oct 99	24,2	28	1790	8	0,97	3,51	4,48	9,8	1320
112 PZ5	Mar 00	22,8	28,2	1344	8	0,94	4,18	5,12	8,2	912
113 PZ5	Sep 00	24,5	28,4	2110	8	1,87	3,39	5,26	8,8	1263
114 PZ5	Mar 01	21,7	28,5	2370	7,6	1,17	5,95	7,12	8	1574
115 PZ5	Sep 01	24,6	28,7	1940	7,6	1,03	4,77	5,8	8,4	1233
116 PZ5	Jun 02	22,8	29,1	1710	8,1	0,95	3,75	4,7	8,4	1272
117 PZ5	Feb 03	18,2	27,9	2630	8,24	1,32	6,60	7,92	7,98	1410
118 PZ5	Jul 03	25,4	28,1	2520	7,45	1,43	5,71	6,14	10,8	1376
119 PZ5	Sep 04	24,4	27,9	2061	7,9	1,02	4,20	5,22	9,3	1266

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
120 PZ6	Jun 94	21,8	21,8	1235	7,2	4,96	0,26	5,22	3,9	755
121 PZ6	Oct 94	22	22	1580	7,01	4,52	1,16	5,68	3,8	838
122 PZ6	Ene 95	17,7	21,5	1361	7,16	4,92	-	4,68	4,1	700
123 PZ6	Abr 95	18,9	21,6	1280	7,45	2,46	2,92	5,38	3,3	660
124 PZ6	Jul 95	23,6	21,9	1430	7,08	2,86	1,92	4,78	2,7	550
125 PZ6	Nov 95	21,7	22	1581	7,33	5,04	1,20	6,24	3,8	836
126 PZ6	Ene 96	18,9	21,8	1095	7,29	5,52	0,08	5,6	3,3	756
127 PZ6	Abr 96	19,8	21,5	1095	7,16	5,08	0,54	5,62	3,8	681
128 PZ6	Ago 96	23,5	21,7	1505	7,32	4,52	3,82	7,34	2,9	840
129 PZ6	Dic 96	19	22,1	1261	7,3	5,24	0,34	5,58	4,3	686
130 PZ6	Ene 97	17,8	22	1139	7,4	6,04	-	5,54	4,4	850
131 PZ6	Abr 97	19,6	21,8	1200	7,3	3,52	-	3,12	6	670
132 PZ6	Jun 97	22,5	21	1187	7,32	5,16	0,58	5,74	3,07	731
133 PZ6	Feb 99	17,6	21,7	1128	8,1	5,76	0,90	6,66	3,4	790
134 PZ6	Oct 99	23,2	21,3	1110	7,9	4,08	-	3,06	5,4	831
135 PZ6	Mar 00	-	21,5	1350	7,1	5,28	0,80	6,08	3,5	809
136 PZ6	Sep 00	23,6	22	2960	7,2	4,08	6,58	11,66	6,7	2078
137 PZ6	Mar 01	19	22,3	1129	7,2	5,18	1,34	6,52	3,7	865
138 PZ6	Sep 01	23,5	22	1240	7,2	5,12	1,82	6,94	3,5	776
139 PZ6	Jun 02	21,4	22,4	1340	7,1	5,46	1,58	7,04	4,6	1051
140 PZ6	Feb 03	16,2	21	1380	7,34	4,52	2,56	7,08	3,32	749
141 PZ6	Jul 03	22,6	21,2	1381	7,73	5,38	1,68	7,06	3,63	872
142 PZ6	Abr 04	19,9	21,4	1222	7,17	5,54	0,64	6,18	3,45	984
143 PZ6	Sep 04	23,5	21,7	1384	7,03	5,48	1,36	6,84	3,59	852

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
144 PZ7	Jun 94	22,3	27,8	2800	7,55	3,64	6,82	9,46	7,3	1505
145 PZ7	Oct 94	22,2	26,3	2600	7,26	3,8	13,04	16,84	3	1831
146 PZ7	Ene 95	17,9	26,8	2950	7,55	4,48	5,80	10,28	6,1	1500
147 PZ7	Abr 95	18,7	26,5	2810	7,7	2,4	7,22	9,62	4,6	1124
148 PZ7	Jul 95	23,9	26,5	2840	7,34	2,46	6,72	9,18	5	1200
149 PZ7	Nov 95	22,6	27,1	2770	7,41	4,6	5,58	10,18	5,5	1204
150 PZ7	Ene 96	20	26	2388	7,13	4,58	5,00	9,58	5,5	1366
151 PZ7	Abr 96	-	26,5	2450	7,35	3,94	8,70	12,64	4,6	1413
152 PZ7	Ago 96	23,7	26,1	2530	7,38	4,34	5,54	9,88	4,2	1185
153 PZ7	Dic 96	-	27,4	2650	7,4	5,08	4,30	9,38	7	1466
154 PZ7	Ene 97	17,6	27,5	2486	7,5	5,64	3,86	9,5	6,9	1513
155 PZ7	Abr 97	19,9	26,3	2500	7,6	3,6	3,58	7,18	7,8	1370
156 PZ7	Jun 97	22,3	26,8	1680	7,5	3,06	3,42	6,48	5,2	1100
157 PZ7	Feb 99	17,8	26,3	2220	8,3	4,98	5,78	10,76	6,2	1549
158 PZ7	Oct 99	22,7	26,5	2300	7,6	4,42	4,70	9,12	6,5	1690
159 PZ7	Mar 00	21,6	26,1	2560	7,2	4,4	5,26	9,66	6,7	1532
160 PZ7	Sep 00	23,5	26,5	2810	7,3	5,54	4,62	10,16	8,1	1818
161 PZ7	Mar 01	18,9	27,4	1884	7,2	4,44	6,00	10,44	5,3	1576
162 PZ7	Sep 01	23,7	27,1	2330	7,4	4,32	6,68	11	4,9	1490
163 PZ7	Jun 02	21,3	27,5	1950	7,3	4,56	5,42	9,98	4,9	1297
164 PZ7	Feb 03	17,1	26	2650	7,47	4,54	6,12	10,66	6,55	1526
165 PZ7	Jul 03	23,2	26,3	2430	7,51	4,6	4,32	8,92	6,7	1366
166 PZ7	Abr 04	20,2	26,5	2370	7,26	4,86	6,16	11,02	5,73	1246
167 PZ7	Sep 04	23,4	26,8	2300	7,2	4,56	5,68	10,24	5,67	1320

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha Muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
168 PZ8	Jun 94	22,5	31	1595	7,8	3,68	2,74	6,42	5	890
169 PZ8	Oct 94	22,2	30,6	1624	8,12	3,98	5,32	9,3	3,5	1146
170 PZ8	Ene 95	17,6	30,5	1958	7,93	4,02	3,84	7,86	4,1	950
171 PZ8	Abr 95	18,5	31	1920	7,98	2,14	4,96	7,1	3,4	810
172 PZ8	Jul 95	23,3	31,5	1970	7,72	2,2	4,86	7,06	3,4	820
173 PZ8	Nov 95	20,9	30,4	1916	8,2	2,1	4,48	6,58	3,9	808
174 PZ8	Ene 96	19,6	30,9	1616	7,81	4	2,82	6,82	4,6	980
175 PZ8	Abr 96	20,2	30,6	1470	7,89	3,88	5,06	8,94	3,8	1000
176 PZ8	Ago 96	24	30,6	1640	7,98	1,08	5,72	6,8	5,1	920
177 PZ8	Dic 96		31,2	2617	8	7,56	-	6,12	7,4	905
178 PZ8	Ene 97	17,4	31,9	1564	8,2	7,86	-	6,18	7,4	1300
179 PZ8	Abr 97	20	30,7	1450	7,8	2,7	2,84	5,54	5	800
180 PZ8	Jun 97	23	31	1560	8	1,34	6,50	7,84	7,8	1346
181 PZ8	Feb 99	17,6	30,6	1130	7,7	3,86	4,34	8,2	5,4	1097
182 PZ8	Oct 99	22,7	30	1200	8,2	7,66	0	7,66	4,2	915
183 PZ8	Mar 00	22	30,6	1650	7,2	7,26	-	6,68	4,7	920
184 PZ8	Sep 00	23,5	31	1538	7,1	8,48	-	7,9	4,3	944
185 PZ8	Mar 01	19,8	31,2	1386	7,2	6,84	0,98	7,72	4,1	948
186 PZ8	Sep 01	23,6	31,5	1500	7,2	6,88	1,60	8,48	3,8	936
187 PZ8	Jun 02	21,1	31,9	1420	7,2	6,36	1,42	7,78	4,7	961
188 PZ8	Feb 03	16,9	30,4	1670	7,63	6,86	1,48	8,34	3,48	974
189 PZ8	Jul 03	22,5	30,7	1688	7,32	6,58	2,04	8,62	4,62	1014
190 PZ8	Abr 04	-	30,9	1515	7,25	7,32	0,46	7,78	4,69	1008
191 PZ8	Sep 04	23,4	31	1844	7,24	6,24	1,68	7,92	4,73	1074

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
192 PZ9	Jun 94	21,9	23,2	1365	7,5	3,86	1,12	4,98	5,2	775
193 PZ9	Oct 94	22,5	23	1314	7,82	3,58	1,26	4,84	5,2	833
194 PZ9	Ene 95	18	23,4	1958	7,46	3,9	2,3	6,2	4,4	830
195 PZ9	Abr 95	19,5	23,8	1440	7,6	2,14	2,72	4,86	3,6	612
196 PZ9	Jul 95	23,1	23,6	1550	7,17	2,1	2,68	4,78	4,4	670
197 PZ9	Nov 95	20,7	22,9	1361	8,22	3,04	1,32	4,36	4,6	678
198 PZ9	Ene 96	19,8	23	1237	7,35	4,02	1,42	5,44	4,1	809
199 PZ9	Abr 96	21	23,8	1268	7,63	3,78	2,90	6,68	3	710
200 PZ9	Ago 96	23,7	23,8	1301	7,85	3,88	1,24	5,12	4,6	776
201 PZ9	Dic 96	19,8	23,6	1319	7,5	3,74	1,06	4,8	5	1010
202 PZ9	Ene 97	17,8	22,9	1261	7,7	4,86	1,56	6,42	4,1	770
203 PZ9	Abr 97	20,1	23	800	7,6	4,6	1,52	6,12	2	610
204 PZ9	Jun 97	17,7	23,4	1187	7,32	5,18	0,66	5,74	3,07	731
205 PZ9	Feb 99	22,5	22,9	1190	7,5	3,78	1,96	5,74	4,1	742
206 PZ9	Oct 99	-	23,8	1000	8,1	4,04	0,94	4,98	4,7	774
207 PZ9	Mar 00	21,8	23,6	1280	7,3	3,86	0,86	4,72	5	710
208 PZ9	Sep 00	23,7	23,8	1306	7,3	4,72	0,56	5,28	4,8	747
209 PZ9	Mar 01	19,3	23,5	1183	7,4	3,64	1,66	5,2	5,2	774
210 PZ9	Sep 01	23,5	23,6	1230	7,5	3,64	1,98	5,62	4,11	710
211 PZ9	Jun 02	20,9	24	1170	7,3	3,7	1,58	5,28	5,6	821
212 PZ9	Feb 03	16,5	22,9	1340	7,53	3,8	1,62	5,42	3,83	718
213 PZ9	Jul 03	23,4	22,7	1317	7,37	3,76	1,54	5,2	4,63	828
214 PZ9	Abr 04	20,4	23	1201	7,4	3,9	1,24	5,14	4,2	634
215 PZ9	Sep 04	-	23,4	1338	7,3	3,72	2,56	5,28	4,64	784

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
216 PZ10	Jun 94	22,4	24	2360	7,75	3,52	6,66	9,18	6,3	1270
217 PZ10	Oct 94	22,1	23,7	2300	7,47	3,52	10,50	13,02	3,9	1749
218 PZ10	Ene 95	18,2	23,5	2590	7,89	3,94	3,66	7,6	5,6	1100
219 PZ10	Abr 95	19	23,5	2380	7,9	2,2	7,3	9,5	3,8	1042
220 PZ10	Jul 95	23,7	24	2390	7,75	1,5	5,94	7,44	6,2	1115
221 PZ10	Nov 95	21	23,9	2450	7,83	4,02	4,76	8,78	6,1	1229
222 PZ10	Ene 96	20,1	23,5	1963	7,74	3,22	5,80	9,02	4,6	1242
223 PZ10	Abr 96	20,6	23,7	2030	7,67	2,62	6,08	8,7	4,7	1102
224 PZ10	Ago 96	23,6	23,5	2981	7,5	3,76	10,70	14,46	5,4	1651
225 PZ10	Dic 96	20	24	2172	8	3,66	4,84	8,5	6	1388
226 PZ10	Ene 97	18,5	23,4	2103	7,7	4,58	4,04	8,62	6	1227
227 PZ10	Abr 97	20,3	22,7	1300	8	4,26	4,18	8,44	6	1270
228 PZ10	Jun 97	22,7	23	2600	7,42	4,4	5,5	9,9	4,7	1219
229 PZ10	Feb 99	17,9	23,4	2090	7,8	3,86	7,16	11,02	5,4	1413
230 PZ10	Oct 99	22,8	23	1800	8,4	3,94	5,00	8,94	5,5	1457
231 PZ10	Mar 00	21,7	23,1	2190	7,6	3,78	5,04	8,82	6,3	1352
232 PZ10	Sep 00	-	23,6	2160	7,6	4,86	4,38	9,24	5,8	1330
233 PZ10	Mar 01	19,6	23,7	2070	7,7	3,74	5,86	9,6	5,9	1456
234 PZ10	Sep 01	23,6	23,6	1990	7,8	3,76	6,18	9,94	5,6	1280
235 PZ10	Jun 02	21,1	24	2980	7,2	4,04	12,14	16,18	6,7	2381
236 PZ10	Feb 03	17,1	23,1	1590	8,05	2,12	5,80	7,92	3,75	974
237 PZ10	Jul 03	23,1	23,4	3870	7,59	4,32	16,06	20,38	6,16	2256
238 PZ10	Abr 04	20,6	23,5	3050	6,69	4,14	9,84	13,98	6,34	2026
239 PZ10	Sep 04	23,5	22,7	3190	7,34	4,16	11,38	15,54	5,99	1833

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
240 PZ11	Jun 94	22	23	1420	9,85	3,72	-	1,82	11,4	659
241 PZ11	Oct 94	22,4	22,9	1543	8,16	4,06	2,32	6,38	4,8	931
242 PZ11	Ene 95	17,9	23,5	1602	9,15	3,9	-	3,5	7,3	730
243 PZ11	Abr 95	18,7	23,4	1437	9,5	1,95	-	1,61	7,5	530
244 PZ11	Jul 95	24,1	23	1830	8,79	2,38	1,22	3,6	7,2	776
245 PZ11	Nov 95	20,8	22,6	1690	8,4	5,08	-	4,14	6,5	820
246 PZ11	Ene 96	19,6	22,9	1288	9,54	2,16	-	2,22	8,7	730
247 PZ11	Abr 96	20,6	23,4	1280	9,65	4,1	-	2,7	8,1	663
248 PZ11	Ago 96	23,4	23,7	1550	7,76	4,48	0,34	4,82	7,3	938
249 PZ11	Dic 96	20	23,1	1544	8,5	4,14	-	3,84	7,5	865
250 PZ11	Abr 97	20	23,4	900	9	6,44	-	2,26	9,6	800
251 PZ11	Jun 97	22,8	23	1560	8	3,98	2,04	6,04	3,6	770
252 PZ11	Feb 99	17,7	22,7	1247	9,3	3,56	-	2,46	9,4	761
253 PZ11	Oct 99	22,6	23	1400	8,4	4,56	-	3,18	8,6	965
254 PZ11	Mar 00	21,7	23,7	1450	8,7	3,74	-	2,74	9,9	787
255 PZ11	Sep 00	23,5	23	1575	8	5,94	-	5,02	7,9	939
256 PZ11	Mar 01	19,7	22,9	1342	9,2	3,76	-	2,9	9,7	893
257 PZ11	Sep 01	-	23	1650	7,8	4,6	1,52	6,12	6,9	980
258 PZ11	Jun 02	21,2	23,7	2080	8,5	4,6	-	2,7	15,3	1312
259 PZ11	Feb 03	17	22,7	2100	8,49	4,28	2,36	6,64	6,93	1244
260 PZ11	Jul 03	23,1	23,1	3810	8,06	4,68	5,82	10,5	10,2	2204
261 PZ11	Abr 04	20,3	23	2090	7,8	5,32	1,46	6,78	7,85	1210
262 PZ11	Sep 04	23,5	23,4	1890	7,76	4,9	1,08	5,98	7,38	1110

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
263 PZ12	Jun 94	22,5	23,1	2370	7,95	5,06	0,18	5,24	10,2	1280
264 PZ12	Oct 94	22,2	23,4	2300	7,63	4,5	4,6	9,1	5,9	1334
265 PZ12	Ene 95	17,5	23,1	2550	7,9	5,16	2,44	7,6	6,9	1260
266 PZ12	Abr 95	23,5	23	2430	8,23	2,86	2,42	5,28	8,9	1154
267 PZ12	Jul 95	21,2	22,5	2500	7,8	2,7	2,36	5,06	9,3	1180
268 PZ12	Nov 95	-	22,8	2450	8,07	5,8	0,34	5,14	9,5	820
269 PZ12	Ene 96	20	22,7	2154	8,03	5,22	-	4,88	10,4	1254
270 PZ12	Abr 96	21	23,1	2180	7,9	4,86	3,42	8,28	6,5	1193
271 PZ12	Ago 96	24	23,4	2258	7,88	4,98	0,28	5,26	12,8	1280
272 PZ12	Dic 96	19,9	23	2310	8	4,98	0,50	5,48	11	1262
273 PZ12	Ene 97	18,5	22,6	2201	8	7,86	1,26	9,12	8,1	1256
274 PZ12	Abr 97	19,9	22,9	1270	8	7,38	1,72	9,1	8,1	1680
275 PZ12	Jun 97	22,5	22,9	1151	8	2,1	1,5	3,6	3,8	510
276 PZ12	Feb 99	18	23	2050	7,5	5,04	0,80	5,84	9,4	1261
277 PZ12	Oct 99	22,9	23,4	1908	8,2	5,2	-	5	10	1276
278 PZ12	Mar 00	22	22,7	2230	7,9	5,46	-	5,02	10	1223
279 PZ12	Sep 00	23,7	23	2230	7,9	6,04	-	5,5	9,3	1179
280 PZ12	Mar 01	18,8	23,7	1903	8,3	4,98	0,54	5,52	9,3	1219
281 PZ12	Sep 01	23,6	23,4	2140	8,3	5,02	1,06	6,08	7,7	1254
282 PZ12	Jun 02	21,3	23,8	1890	8,2	5,02	0,76	5,78	8,9	1345
283 PZ12	Feb 03	16,8	22,6	2330	8,35	5,14	0,54	5,68	7,98	1170
284 PZ12	Jul 03	22,9	22,9	2250	7,99	5,22	-	3,96	11,4	1334
285 PZ12	Abr 04	20,2	22,8	2210	7,96	5,44	0,14	5,58	9,95	1310
286 PZ12	Sep 04	23,5	22,9	2330	7,88	5,36	1,10	6,46	9,87	1256

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
287 PZ13	Jun 94	22,3	23,5	6510	7,6	4,58	17,26	22,84	14,1	3825
288 PZ13	Oct 94	22,4	23,1	6400	7,36	6,82	21,08	28,9	9,7	4012
289 PZ13	Ene 95	18,2	23,3	7700	7,21	5,24	19,42	24,66	14,2	4150
290 PZ13	Abr 95	20	22,9	6820	7,73	2,86	26,34	29,2	9,6	3750
291 PZ13	Jul 95	23,7	23,2	2500	7,48	2,9	26,68	29,58	8,2	3500
292 PZ13	Nov 95	20,8	23,4	7070	7,73	5,58	24,54	30,12	7,4	3500
293 PZ13	Ene 96	20	23,7	5840	7,6	5,28	41,30	46,58	6,1	4166
294 PZ13	Abr 96	21,1	23,4	6340	7,6	4,86	36,56	41,42	7,7	3200
295 PZ13	Ago 96	24	23,8	6620	7,57	4,82	27,60	32,42	5,4	3100
296 PZ13	Dic 96	20,2	24	6930	7,2	4,96	25,04	30	6,6	4555
297 PZ13	Ene 97	17,5	24,5	8750	7,1	6,22	104,78	111	4	8845
298 PZ13	Abr 97	20,1	24,3	8600	7,3	6,4	106,6	113	4	7750
299 PZ13	Jun 97	23	24,5	6500	7,6	4,58	19,82	24,4	11	3538
300 PZ13	Feb 99	18,2	25,3	6150	7,5	4,94	28,26	33,2	8,7	4459
301 PZ13	Oct 99	23	25,1	6150	8,2	4,92	28,90	33,82	7,3	5201
302 PZ13	Mar 00	22,5	22,4	7100	7,5	4,96	27,72	32,68	9	4548
303 PZ13	Sep 00	23,8	22	9920	7,2	4,22	92,08	97,3	3,8	8355
304 PZ13	Mar 01	18,9	22,7	6090	7,5	4,64	29,62	34,26	9,2	4703
305 PZ13	Sep 01	23,8	22,5	6120	7,6	4,52	30,48	35	9,2	4352
306 PZ13	Jun 02	21,4	22,9	4790	7,7	5,06	14,32	19,38	10,3	3474
307 PZ13	Feb 03	17	22,3	5760	8,12	5,14	14,16	19,3	11,01	3548
308 PZ13	Jul 03	22,6	22,1	6640	7,58	4,72	23,30	28,02	9,69	3924
309 PZ13	Abr 04	-	21,9	6880	7,75	4,84	22,24	27,08	11,4	4434
310 PZ13	Sep 04	23,7	22,1	6720	7,61	4,94	27,64	32,58	10,6	4020

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
311 PZ14	Jun 94	22,3	24,3	10410	7,55	4,14	53,68	58,82	8	6545
312 PZ14	Oct 94	22,1	24	10300	6,9	3,54	63,76	67,3	4,9	5840
313 PZ14	Ene 95	18	23,9	11620	7,24	4,1	53,48	57,58	8,4	5650
314 PZ14	Abr 95	19,7	23,8	11030	7,44	2,2	64,22	66,42	5,6	5400
315 PZ14	Jul 95	23,6	24,2	11300	7,13	2,24	68,14	70,38	5	5500
316 PZ14	Nov 95	21,1	24	11550	7,31	3,26	65,12	68,38	8,6	4283
317 PZ14	Ene 96	20,1	24,2	8640	7,04	3,92	100,02	103,94	3,3	6304
318 PZ14	Abr 96	21,3	24	9050	7,23	3,62	69,70	73,32	5,2	5800
319 PZ14	Ago 96	23,8	23,9	9960	7,18	3,94	71,72	75,66	4,5	5646
320 PZ14	Dic 96	20	23,8	10970	7	4,04	72,04	76,08	4	8384
321 PZ14	Ene 97	17,4	24,3	10080	7,2	5,04	68,84	73,88	4	5350
322 PZ14	Abr 97	20,3	24,8	10000	7,4	5	68,64	73,64	4	5430
323 PZ14	Jun 97	23,1	24	10660	7,2	3,96	61,32	65,28	6,5	5700
324 PZ14	Feb 99	18,3	24,2	10050	7,1	3,8	77,76	81,56	4,6	7708
325 PZ14	Oct 99	23,2	24	9460	7,8	4,12	81,00	85,12	3,6	7564
326 PZ14	Mar 00	22,7	23,9	10130	7,1	3,68	68,54	72,22	5	6985
327 PZ14	Mar 01	19,7	24,2	9020	7,3	3,38	74,28	77,66	5,3	7848
328 PZ14	Sep 01	23,7	24,4	9200	7,2	3,86	73,94	77,8	15	6908
329 PZ14	Jun 02	20,7	24,8	5240	7,4	3,56	36,94	40,5	5,7	3600
330 PZ14	Feb 03	17,1	23,9	7910	7,26	5,6	75,74	81,34	2,49	5276
331 PZ14	Abr 04	23,6	24	9590	7,4	4,22	61,80	65,02	5,2	4852

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
332 PZ15	Jun 94	22,1	25	11860	7,25	4,06	77,52	81,58	7,6	7445
333 PZ15	Oct 94	22,5	24,8	12100	7,01	2,7	73,34	76,04	6,6	8400
334 PZ15	Ene 95	18,3	24,6	13410	7,3	4,24	67,62	71,86	8,3	6660
335 PZ15	Abr 95	20	25,2	12880	7,35	1,71	80,65	82,36	4,5	6000
336 PZ15	Jul 95	24	25	12920	7,09	1,80	83,02	84,82	5,1	6350
337 PZ15	Nov 95	22	24,7	13010	7,38	3,28	70,88	74,16	7,3	6630
338 PZ15	Ene 96	20,3	24,9	10430	7,08	3,2	80,76	83,96	4,3	6307
339 PZ15	Abr 96	21	24,8	11330	7,12	2,94	72,00	74,94	5,1	5800
340 PZ15	Ago 96	23,7	25,1	11580	7,17	3,04	88,26	91,3	4	6358
341 PZ15	Dic 96	20,3	25	12600	7	5,44	80,16	85,6	5,6	10299
342 PZ15	Ene 97	17,8	24,8	11720	7	5,4	83,1	88,5	5,4	6331
343 PZ15	Abr 97	20,3	24,5	11500	7,2	2,92	85,68	88,6	5,5	6970
344 PZ15	Jun 97	23	24,7	12330	7,12	3,04	82,78	85,82	6	6272
345 PZ15	Feb 99	18,3	25,2	11460	7	3,34	93,14	96,48	4,8	9082
346 PZ15	Oct 99	23,4	25	11860	7,8	2,94	107,26	110,2	3	9453
347 PZ15	Mar 00	22,8	24,7	12820	7,1	3,86	93,84	97,7	4,7	9069
348 PZ15	Sep 00	23,7	24,9	11920	7	3	100,46	103,46	5,3	10061
349 PZ15	Mar 01	19,9	25,5	11000	7,2	3,02	96,96	99,98	4,7	9380
350 PZ15	Sep 01	23,8	25,4	11640	7,3	3,2	102,94	106,14	4,6	9585
351 PZ15	Jun 02	21,4	25,8	10260	7,1	3,94	84,42	87,36	5,8	9490
352 PZ15	Feb 03	17,4	24,7	7250	7,78	3,08	56,56	59,64	3,24	3904
353 PZ15	Jul 03	23,4	24,5	11510	7,06	3,34	91,68	95,02	4,01	7252
354 PZ15	Abr 04	20,6	24,8	12670	7,13	3,16	89,80	92,96	5,74	6244
355 PZ15	Sep 04	23,7	24,7	12160	6,99	3,14	96,96	100,1	4,98	7490

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza temporal	Dureza total		
356 PZ16	Ene 95	18,5	23,5	11840	7	2,7	100,1	102,8	2,6	7582
357 PZ16	Abr 95	20,1	23,4	13350	7,23	3,44	51,34	54,78	13,7	7200
358 PZ16	Jul 95	24,1	23,5	12880	7,41	1,75	98,27	100,02	2,5	6392
359 PZ16	Nov 95	22,3	23,1	12500	7,34	3,28	89,52	92,8	3,5	6200
360 PZ16	Ene 96	20	22,9	10910	7,02	3,2	94,52	97,72	2,6	6000
361 PZ16	Abr 96	21,1	23,2	10420	7,15	2,66	66,92	69,58	5,1	5640
362 PZ16	Ago 96	23,8	23	11300	6,9	3,32	81,44	84,76	4,8	6397
363 PZ16	Dic 96	20,3	22,9	11940	7	2,72	46,68	49,4	4,2	11135
364 PZ16	Ene 97	17,3	23,5	1917	7,2	9,22	34,22	43,44	5	1535
365 PZ16	Abr 97	20,2	23	7750	7,1	2,22	41,36	43,58	4,6	4140
366 PZ16	Jun 97	23,2	23,1	11400	7,14	2,98	75,10	78,08	4,5	6222
367 PZ16	Feb 99	18,3	23,5	10340	7,1	3,14	102,70	105,84	2,7	8959
368 PZ16	Oct 99	23,4	23	10850	7,8	3,3	112,9	116,2	3,1	9632
369 PZ16	Mar 00	22,8	22,7	11600	7,1	3,18	94,12	97,3	3	8310
370 PZ16	Sep 00	23,9	22,9	9880	7,1	4,06	97,66	101,72	3,5	9097
371 PZ16	Mar 01	19,2	23,6	8640	7,2	3,14	82,22	85,36	2,3	7184
372 PZ16	Sep 01	23,7	23,5	9050	7,3	3,04	89,98	93,02	2,9	7960
373 PZ16	Jun 02	21,2	23,9	8332	7,1	2,98	82,86	85,84	4,7	7456
374 PZ16	Jul 03	23,2	23	9320	7,08	3,18	79,34	82,52	2,53	6316
375 PZ16	Abr 04	20,5	22,9	9930	7,15	3,22	14,36	17,58	3,78	8200
376 PZ16	Sep 04	23,6	23,1	9210	7,03	3,24	84,14	87,38	2,72	5880

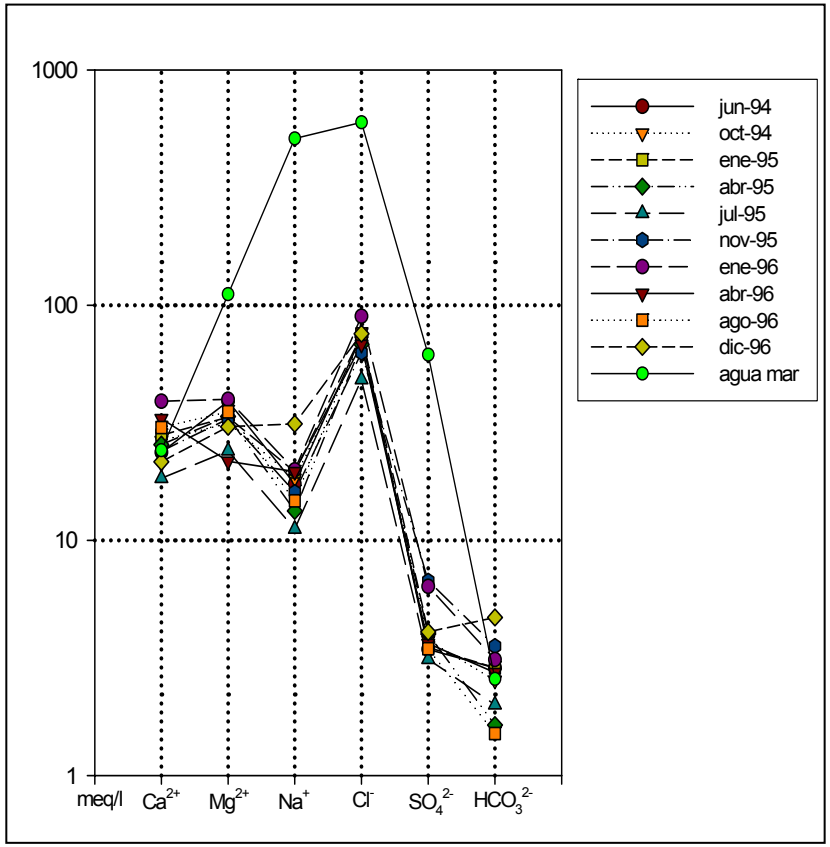
Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
377 S1	May 03	25,2	24,5	1708	8,39	5,70	-	2,0	16,8	912
378 S1	Nov 03	21,1	24,3	1489	7,89	4,02	-	2,34	11,6	898
379 S1	Nov 04	22,3	24,8	1609	7,87	5,38	-	2,24	13,2	1062
380 S2	May 03	26,1	25,3	1556	7,85	3,82	-	1,92	14,5	820
381 S2	Nov 03	21,4	25,1	1575	7,88	5,50	-	1,96	14,9	952
382 S2	Nov 04	21,8	25,4	1548	7,92	3,98	-	2,32	12,9	1144
383 S3	May 03	24,8	23,5	1749	6,86	1,97	3,66	5,62	6,68	986
384 S3	Nov 03	20,7	23,7	1682	7,04	2,04	3,12	5,16	6,49	1072
385 S3	Nov 04	21,9	23,4	1711	7,04	1,97	3,63	5,6	7,19	1118
386 S7	May 03	27,3	29,1	1782	7,09	2,06	4,06	6,12	6,26	926
387 S7	Nov 03	20,2	28,8	1741	7,29	2,11	4,07	6,20	5,53	956
388 S7	Nov 04	20,3	28,9	1756	7,22	2,11	3,96	6,08	6,75	1008
389 S12	May 03	20,3	25,2	7200	7,48	2,70	26,74	29,44	11,3	3788
390 S12	Nov 03	19,1	25,5	7140	7,21	2,90	24,98	27,88	10,51	4240
391 S12	Nov 04	19,5	24,9	7120	7,54	2,64	26,66	29,30	12,6	4096
392 S16	Ene 97	18,4	26,2	2630	6,97	2,93	7,77	10,71	6,49	1562
393 S16	Nov 03	19,3	25,8	2970	7,27	3,38	9,02	12,40	5,88	1574
394 S16	Nov 04	20,2	25,9	2570	7,08	3,67	8,03	11,70	5,63	1222
395 S22	Mar 01	18,9	23,2	1860	6,91	2,26	3,2	5,46	6,97	1059
396 S22	Jun 02	21,3	23,6	1920	6,94	2,26	3,49	5,75	7,03	1100
397 S22	May 03	22,1	23,4	2520	6,88	2,44	5,82	8,26	8,87	1326
398 S22	Nov 03	19,8	23,7	2550	7,14	2,50	5,90	8,40	7,68	1410
399 S22	Nov 04	19,8	23,5	2540	6,92	2,39	7,01	10,40	6,66	1800

Tabla A4.1.3.- Otros datos químicos de las aguas de la zona de estudio (Cont.)

Nombre	Fecha muestra	(ºC)		C.E. (microS·cm^{-1})	pH	meq/L			SAR	Sólidos Disueltos (mg/L)
		Tª aire	Tª agua			TA	Dureza permanente	Dureza total		
400 S27	Mar 01	19,6	24,1	5680	7,56	2,39	11,28	13,67	15,72	3299
401 S27	Jun 02	21,3	24,5	5220	7,43	2,02	10,19	12,2	16,75	3238
402 S27	May 03	20,2	24,3	5840	7,15	2,22	12,56	14,78	14,68	3388
403 S27	Nov 03	17,7	23,9	6400	7,1	2,04	13,16	15,20	16,5	3420
404 S27	Nov 04	20,5	24	6330	7,17	1,90	15,10	17	18,6	3556
405 S28	Mar 01	19,3	26,3	8550	8,78	2,22	26,21	28,43	20,25	6248
406 S28	Jun 02	20,7	26	8620	7,68	2,82	19,83	22,65	19,84	5274
407 S28	May 03	19,7	25,7	7740	7,17	2,12	15,94	18,06	18,6	4068
408 S28	Nov 03	17,5	26,1	6410	7,3	2,05	15,82	17,87	17,07	3620
409 S28	Nov 04	19,3	26	6430	7,26	2,15	15,36	17,51	17,82	3657
410 S30	Mar 01	19,7	24,2	4670	7,63	2,43	4,56	6,99	19,90	2646
411 S30	Jun 02	21	24,6	4280	7,3	1,8	4,6	6,4	19,81	2546
412 S30	May 03	19,7	23,9	7190	7,04	1,62	15,52	17,14	18	4248
413 S30	Nov 03	19,5	24,5	7790	7,23	1,76	17,58	19,34	19,4	4160
414 S30	Nov 04	20,2	24,3	8970	7,12	1,69	23,89	25,58	22,5	4980
406 S32	Feb 03	17,1	26,8	5080	7,77	2,13	11,43	13,56	13,02	2896
407 S32	May 03	19,5	26,5	5480	7,2	2,04	12,22	14,26	13,5	3024
408 S32	Jul 03	23,7	27	5340	7,56	2,20	10,14	12,34	14	3068
409 S32	Nov 03	18,7	26,6	5510	7,5	2,08	12,38	14,46	15	3328
410 S32	Abr 04	21	26,5	5280	7,67	2,28	11,36	13,64	15,63	2758
411 S32	Sep 04	23,7	26,8	5360	7,23	1,20	13,02	14,22	13,6	3004
412 S32	Nov 04	20,2	27	5410	7,51	1,98	12,52	14,50	16	2876

A4.2. DIAGRAMAS SCHÖELLER-BERKALOFF



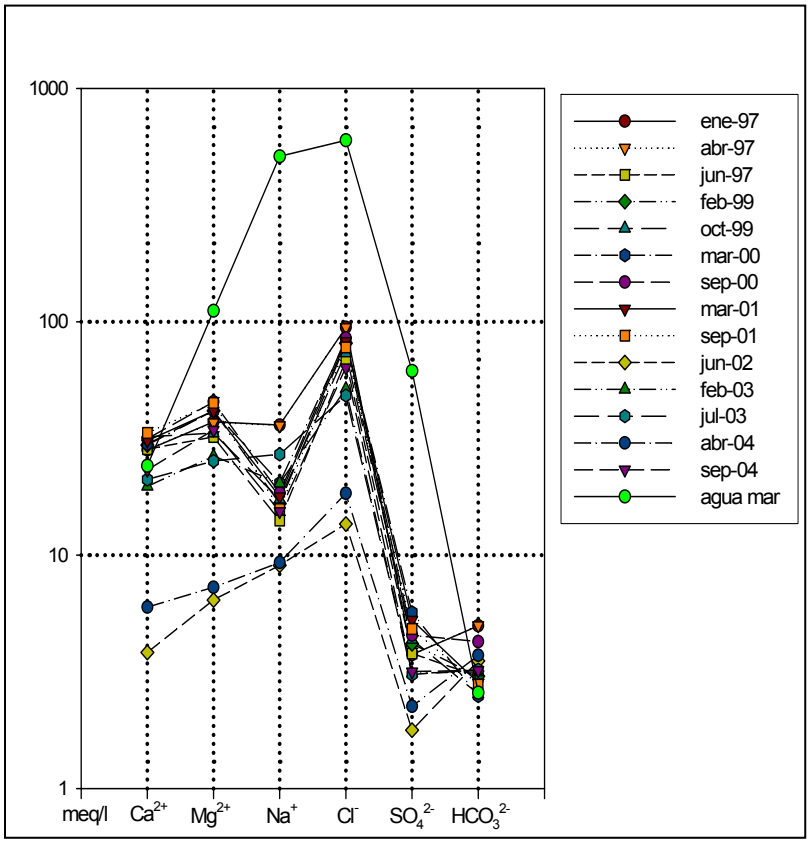
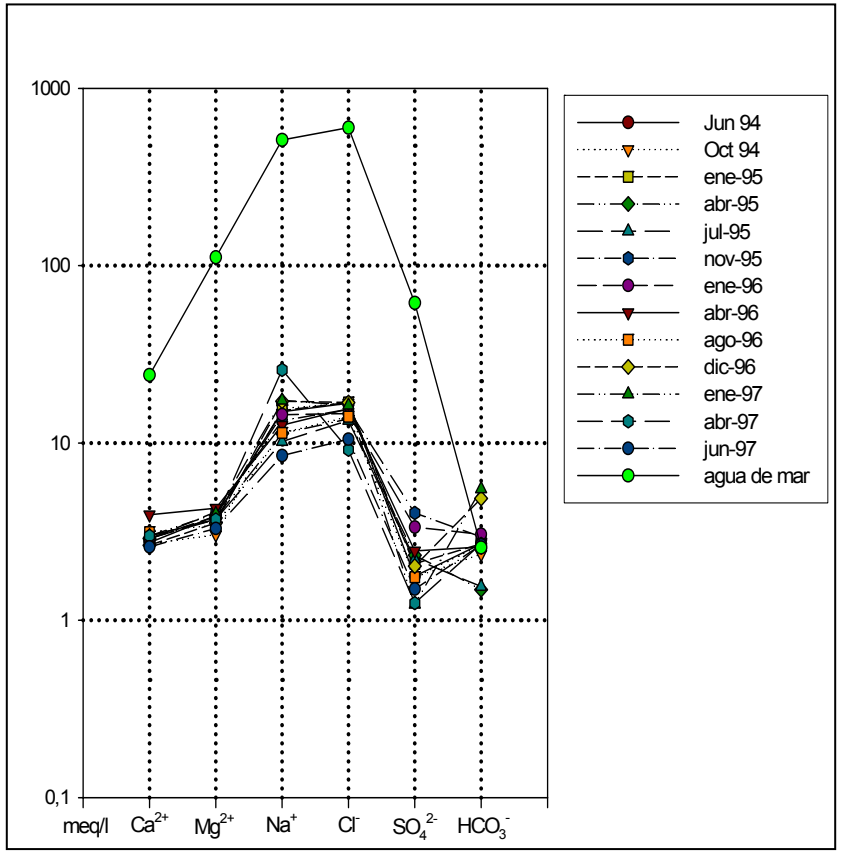


Figura A4.2.1.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 1 comparado con el agua de mar.



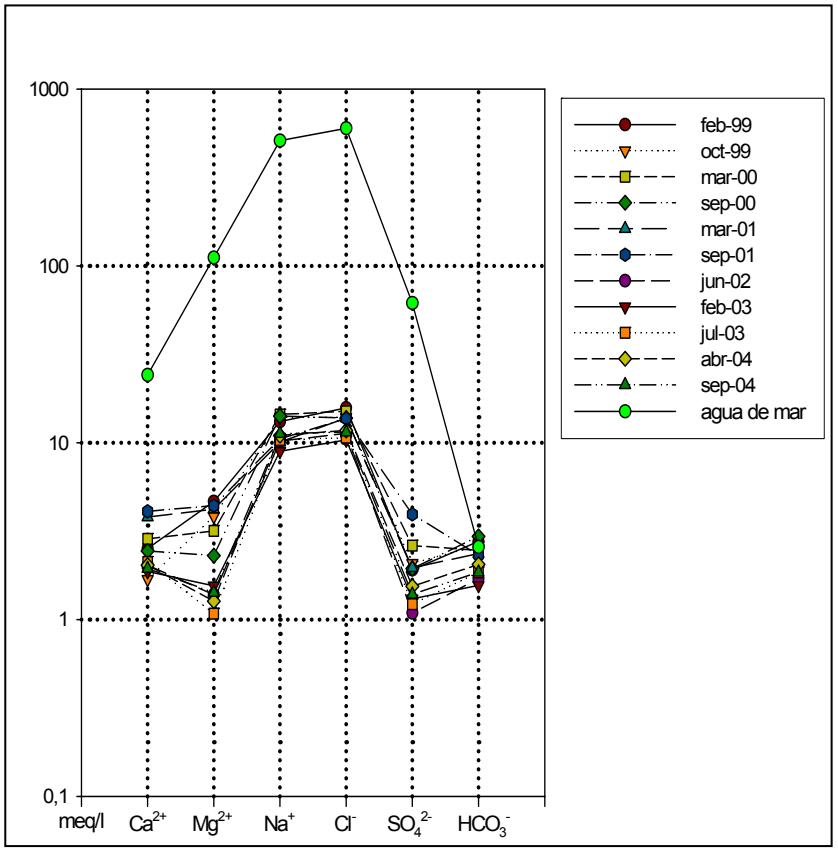
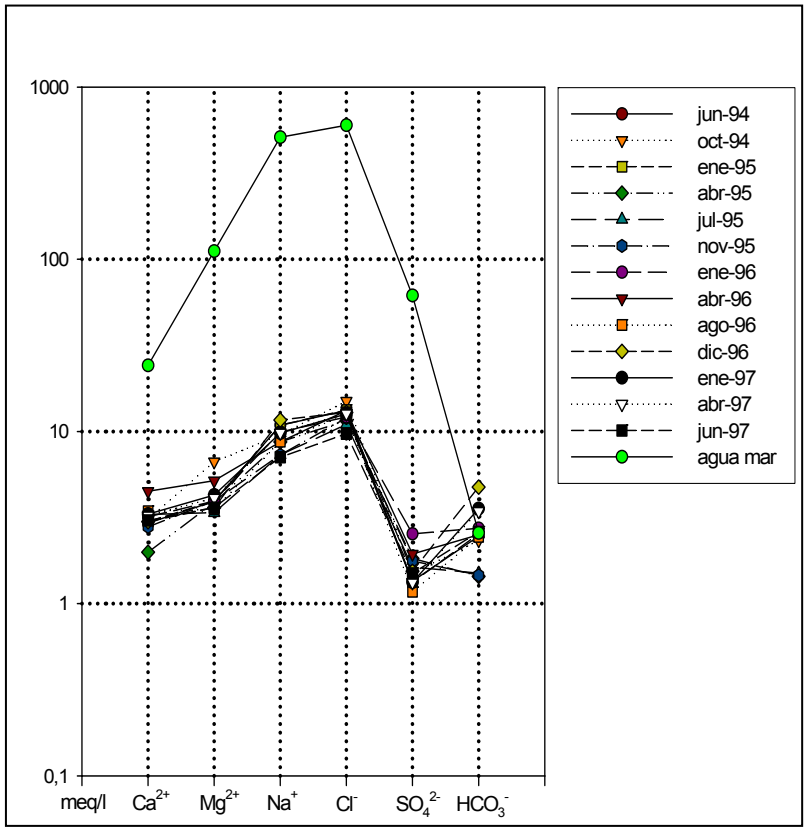


Figura A4.2.2.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 2 comparado con el agua de mar.



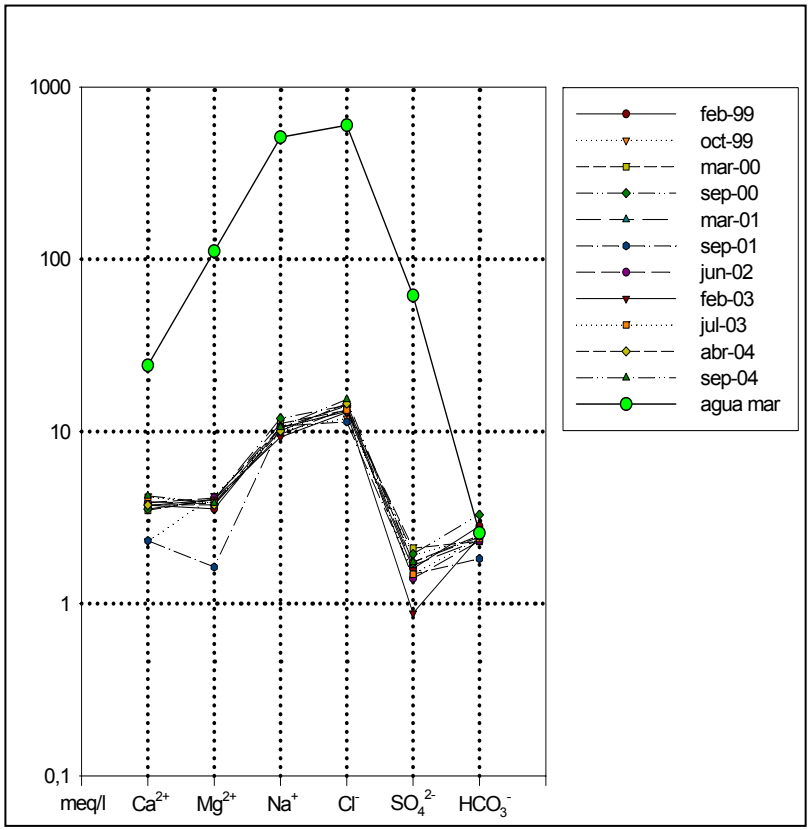
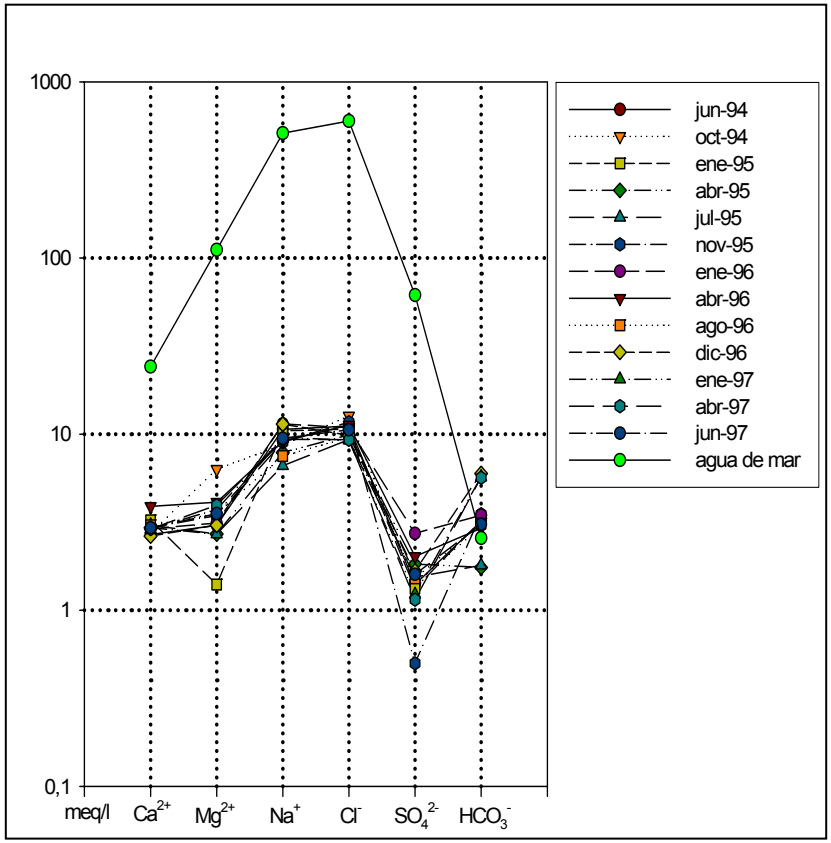


Figura A4.2.3.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 3 comparado con el agua de mar.



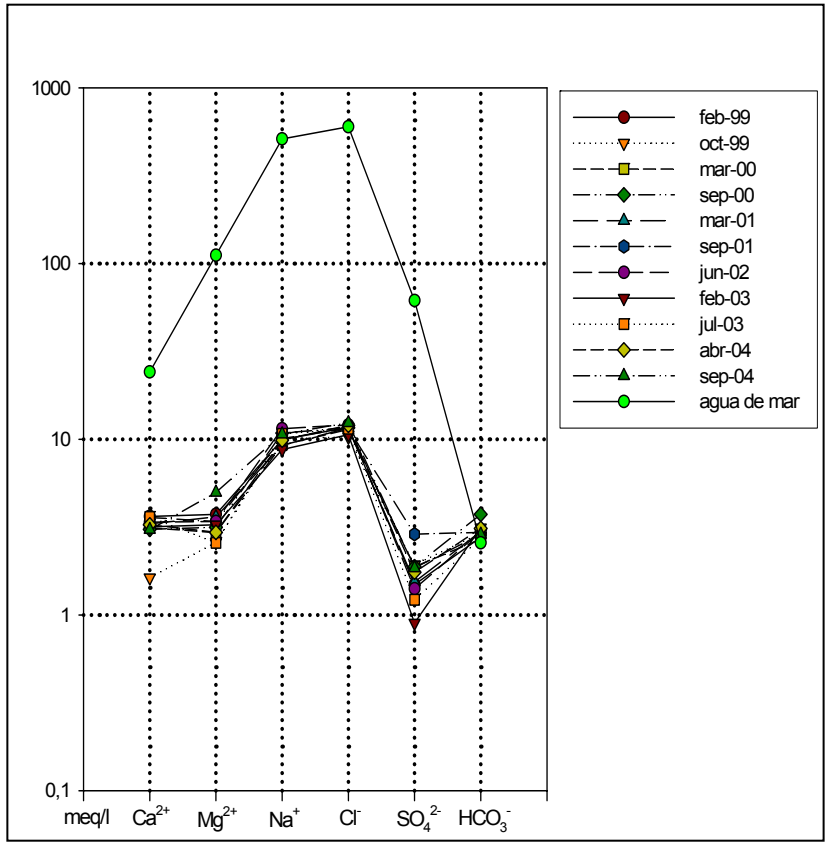
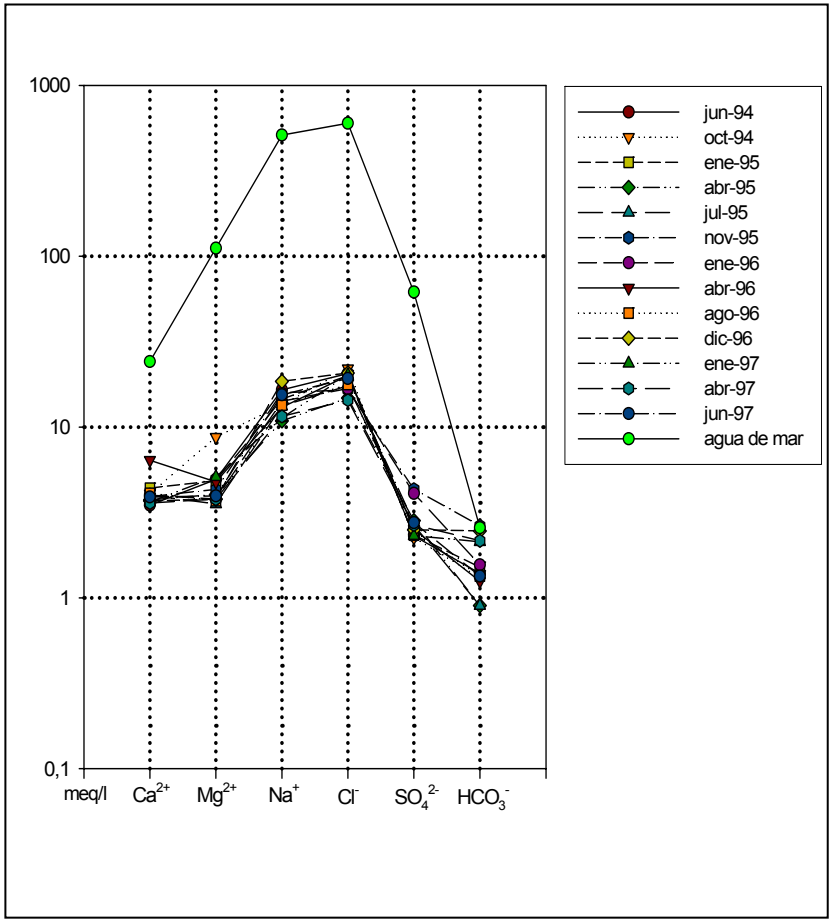


Figura A4.2.4.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 4 comparado con el agua de mar.



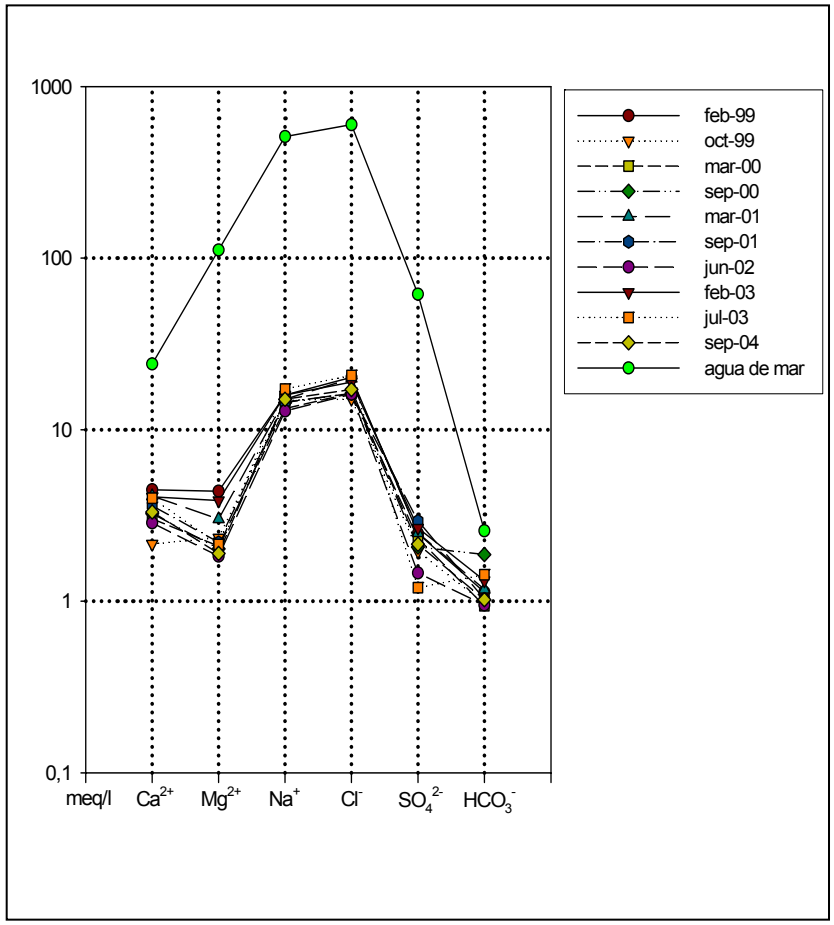
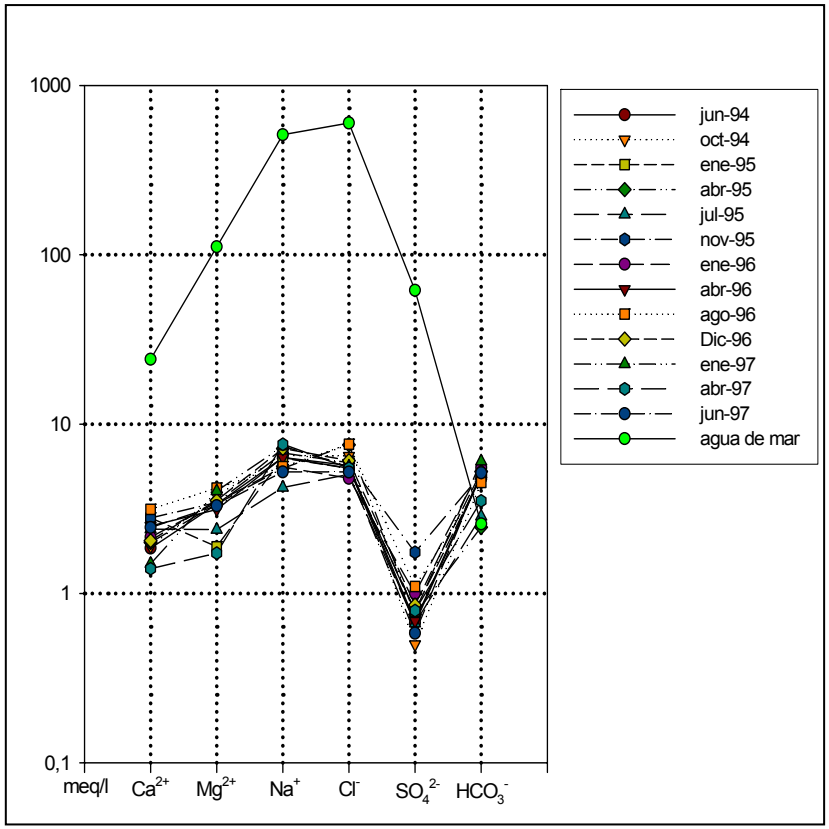


Figura A4.2.5.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 5 comparado con el agua de mar.



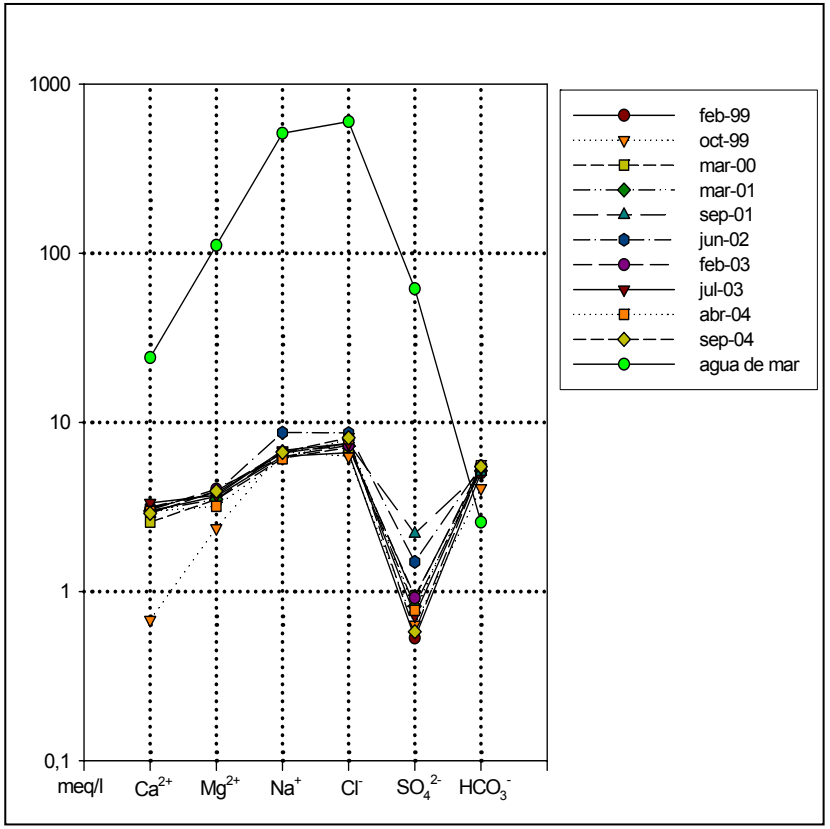
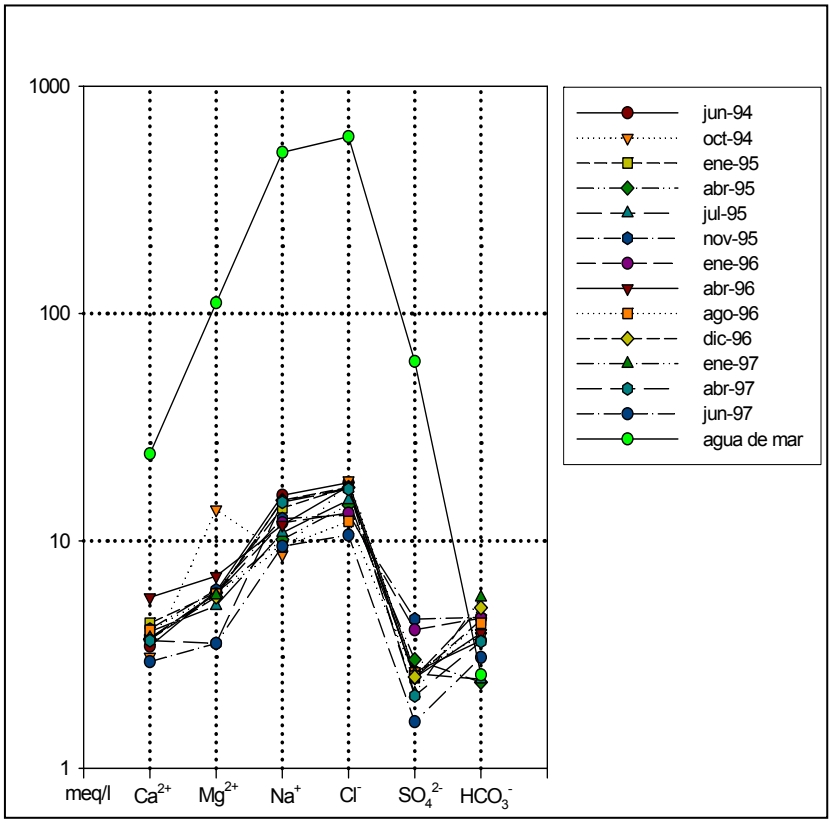


Figura A4.2.6.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 6 comparado con el agua de mar.



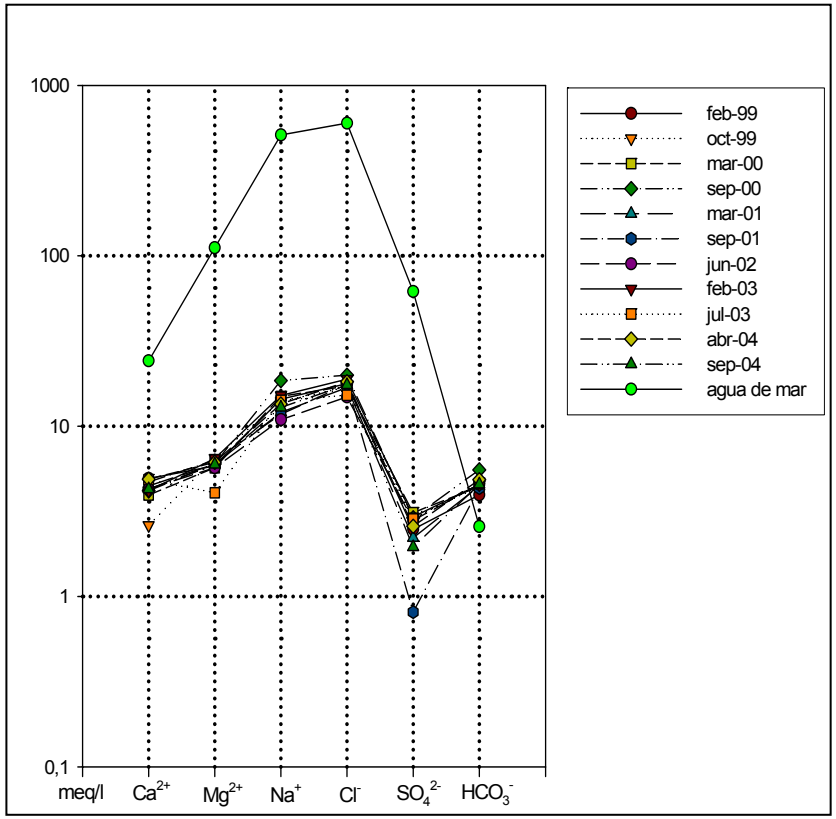
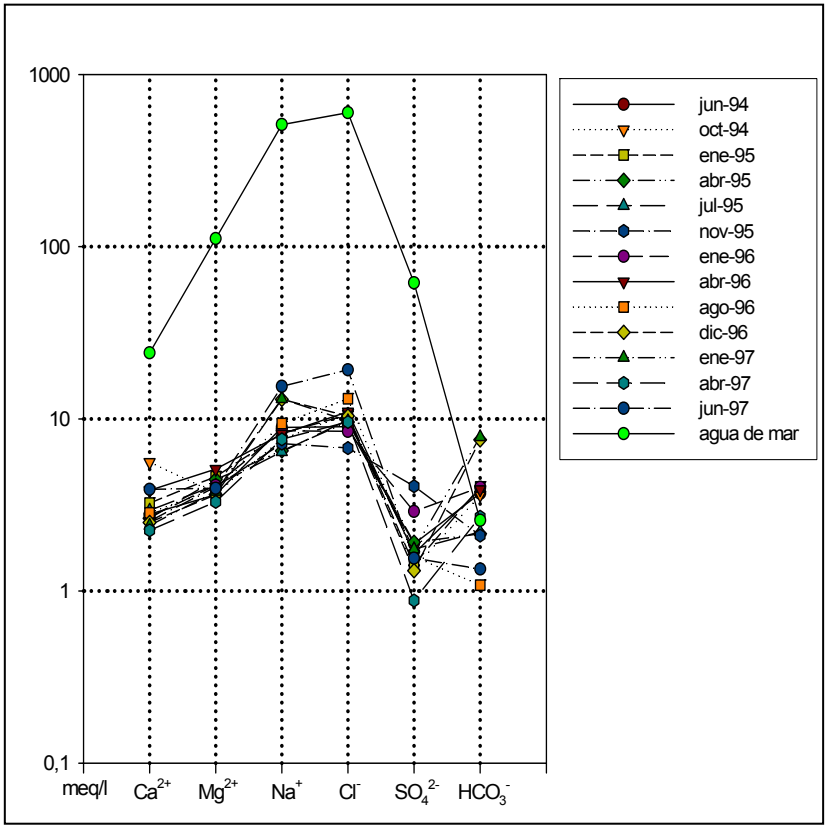


Figura A4.2.7.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 7 comparado con el agua de mar.



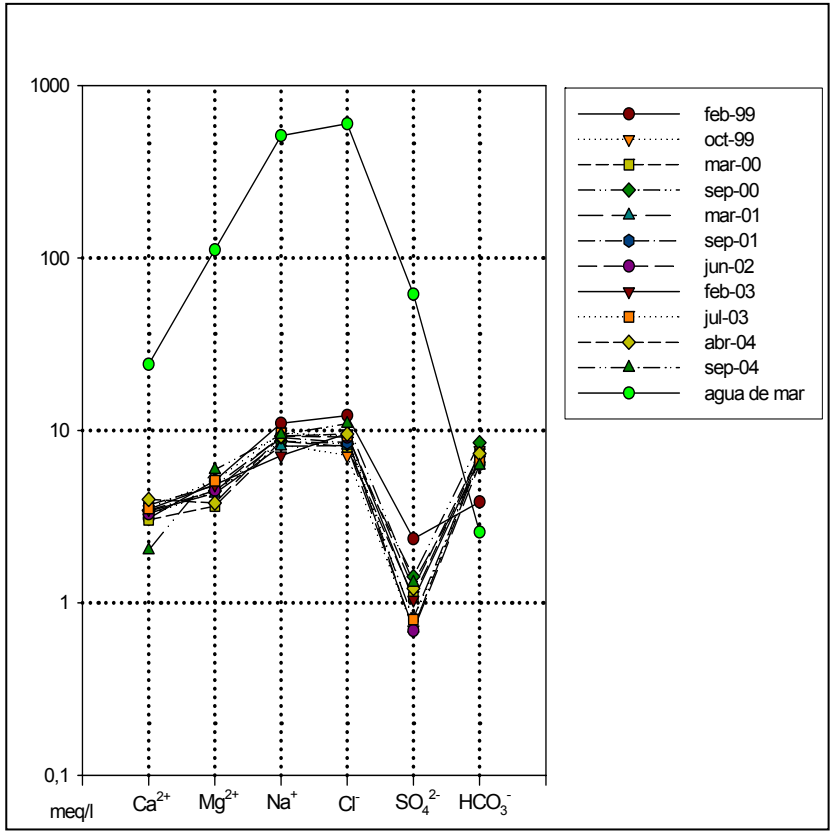


Figura A4.2.8.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 8 comparado con el agua de mar.

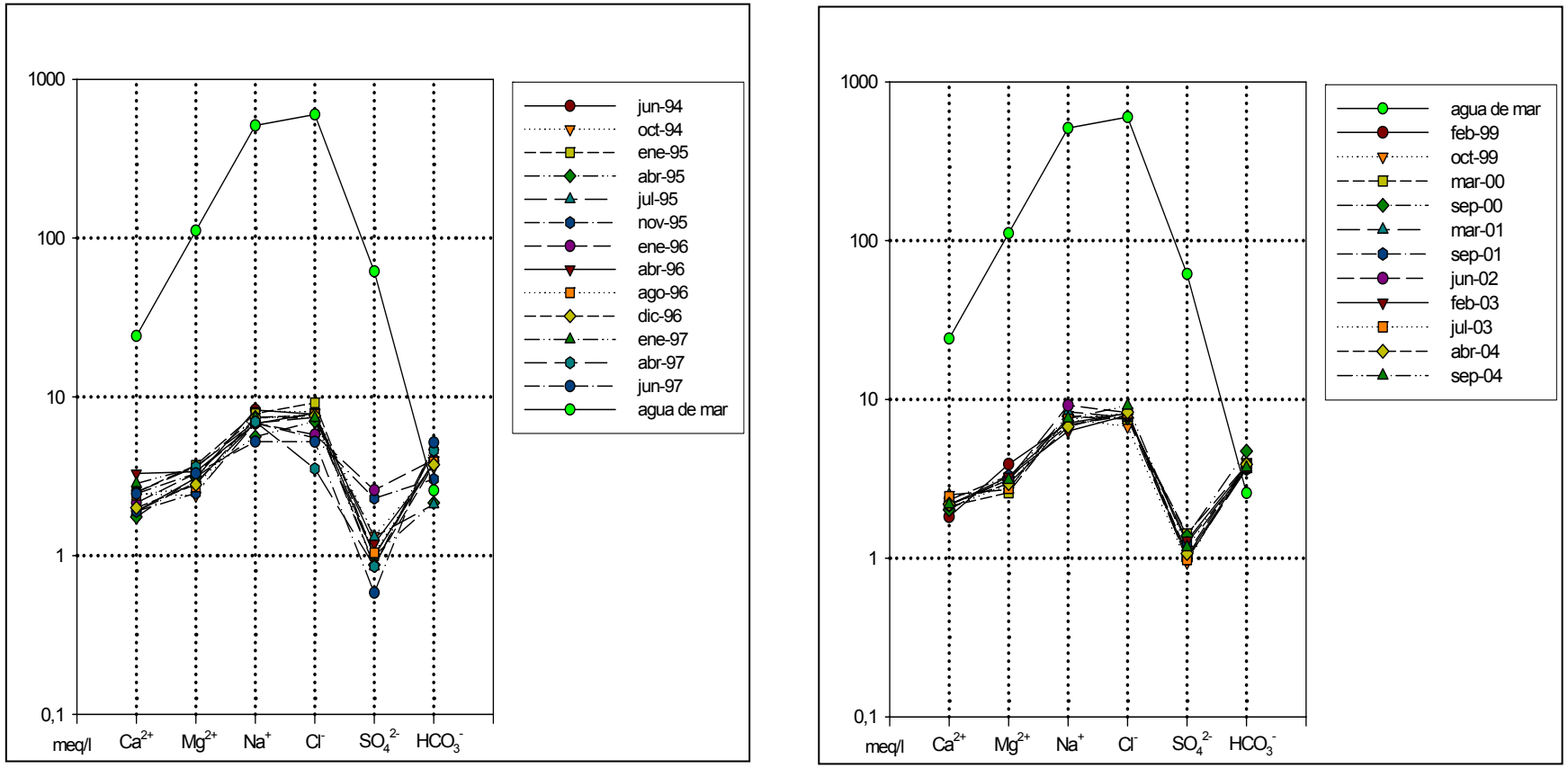
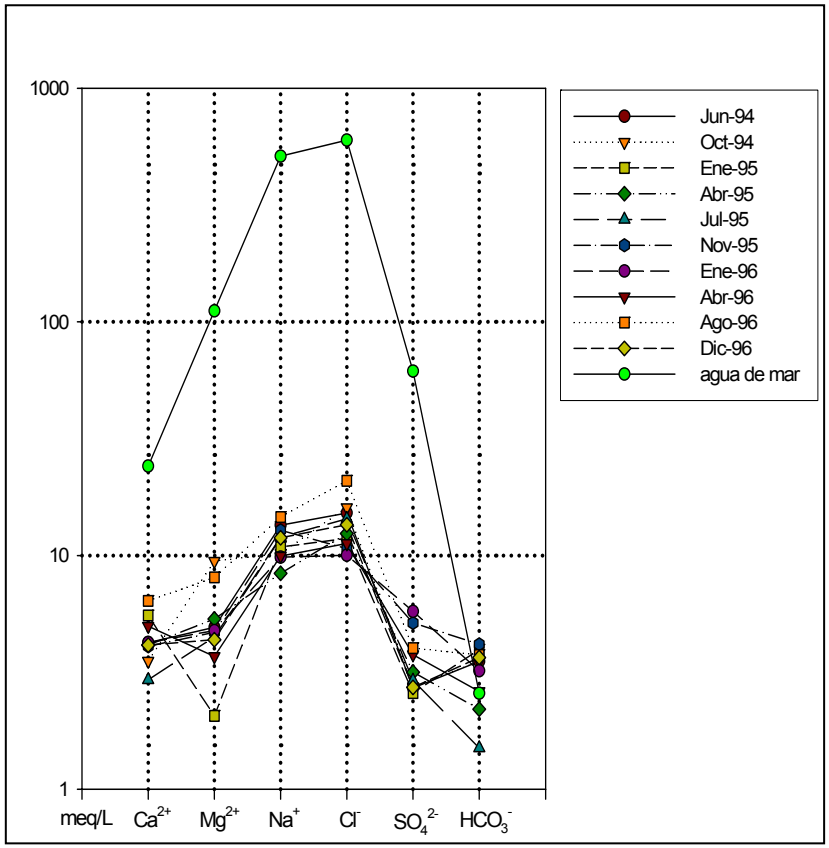


Figura A4.2.9.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 9 comparado con el agua de mar.



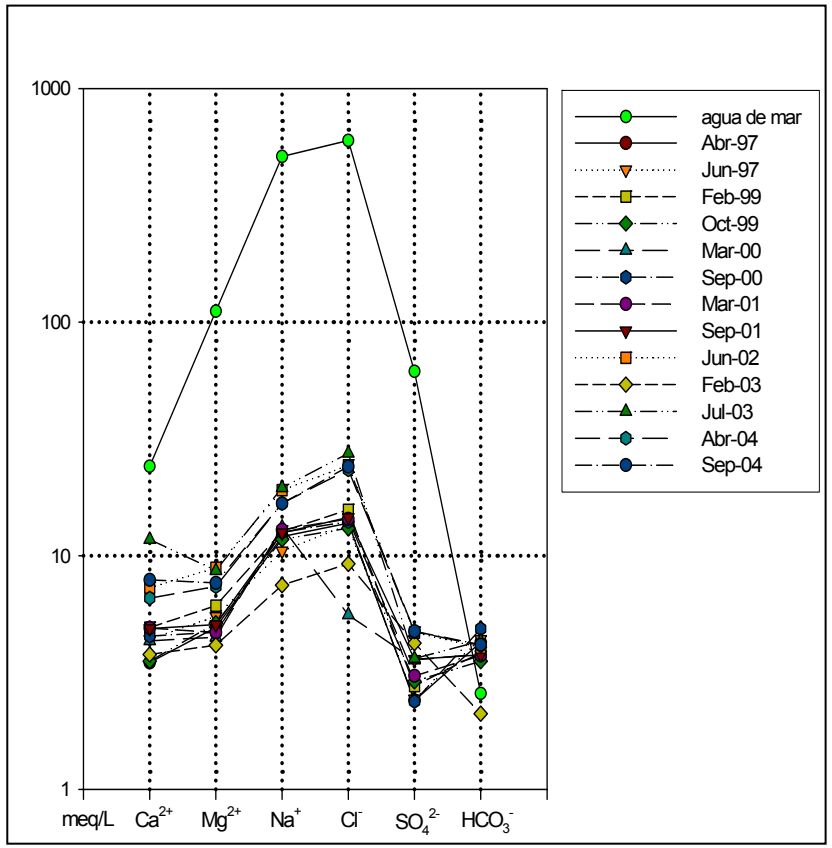


Figura A4.2.10.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 10 comparado con el agua de mar.

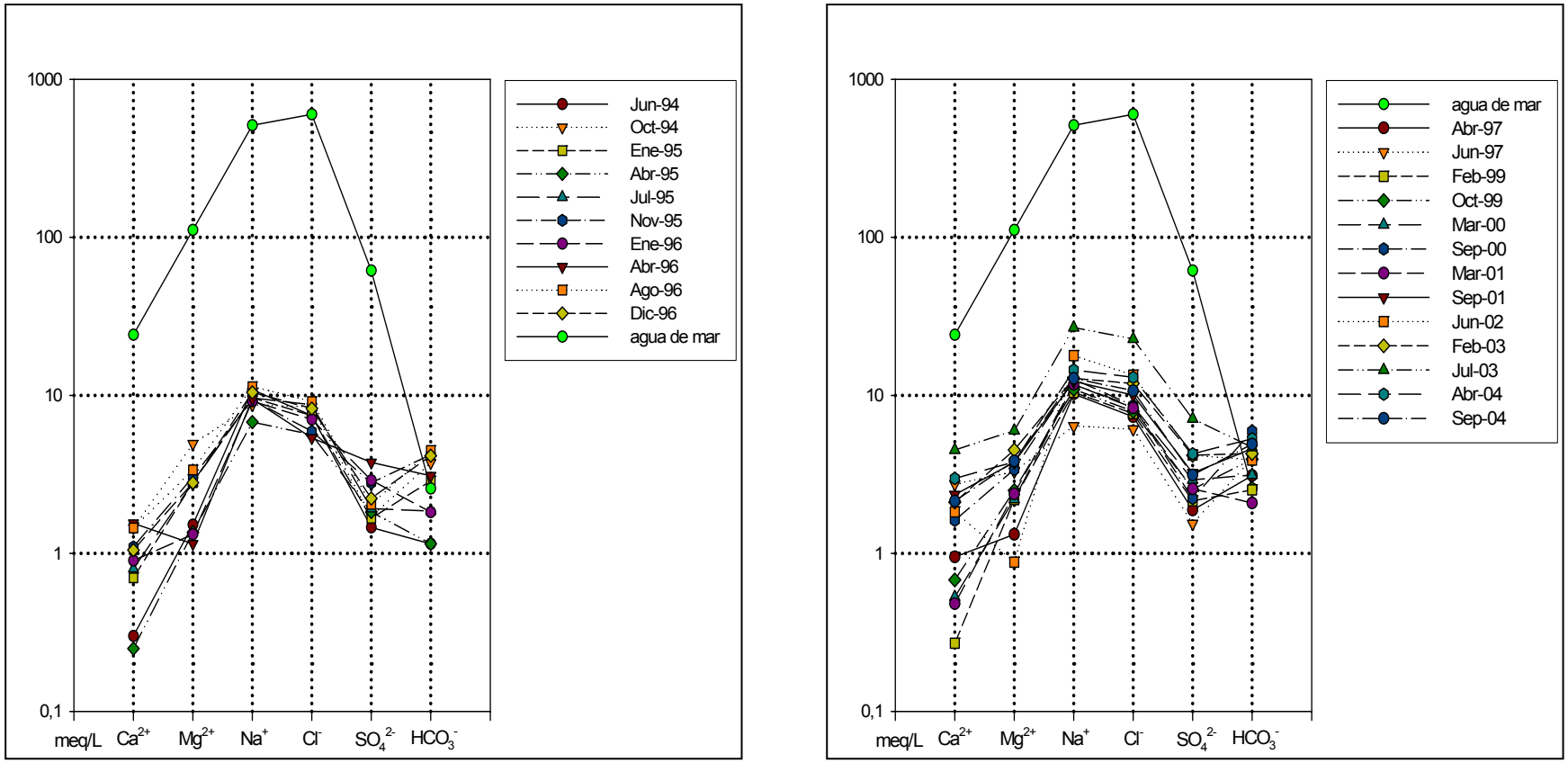


Figura A4.2.11.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 11 comparado con el agua de mar.

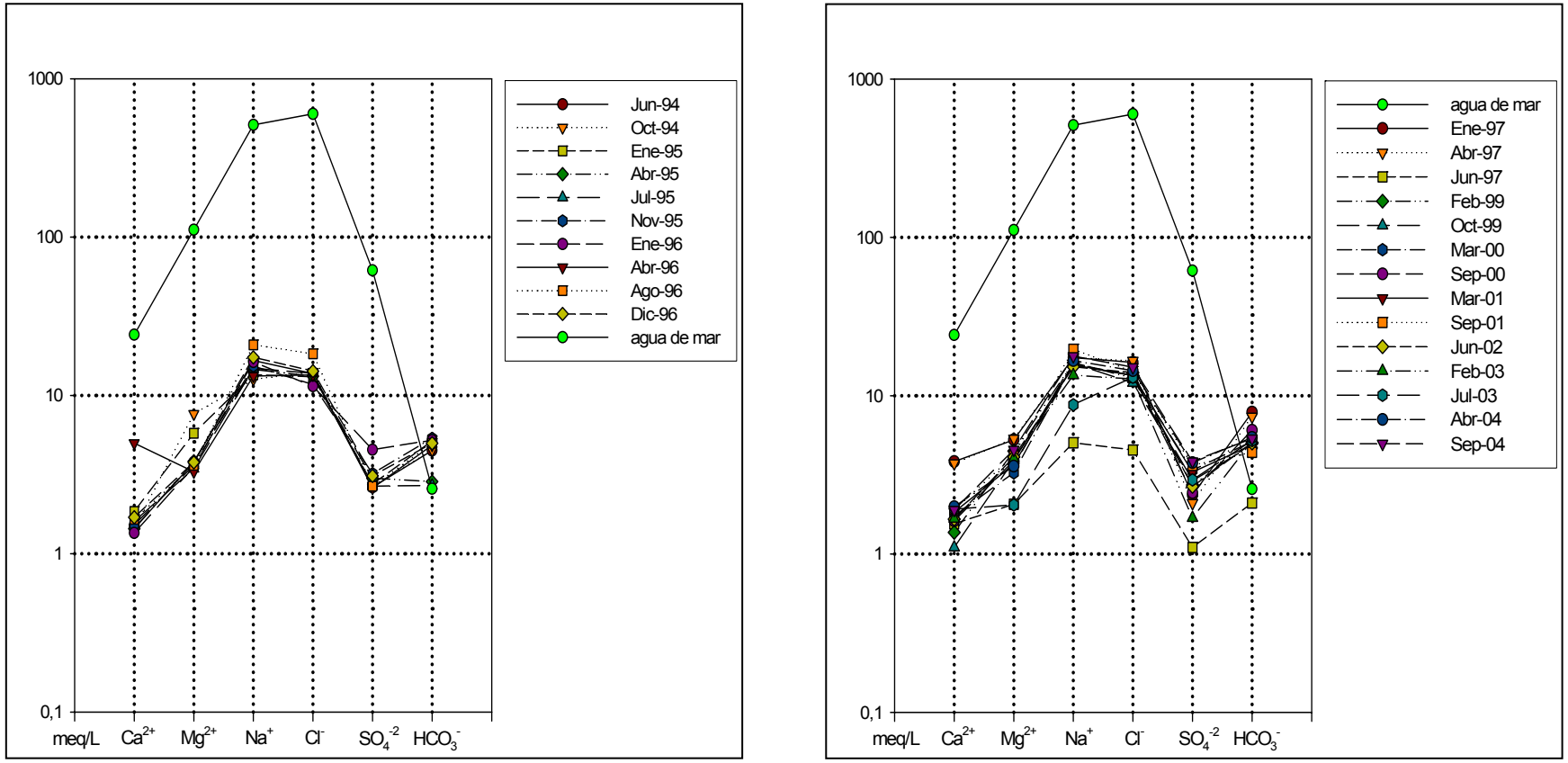
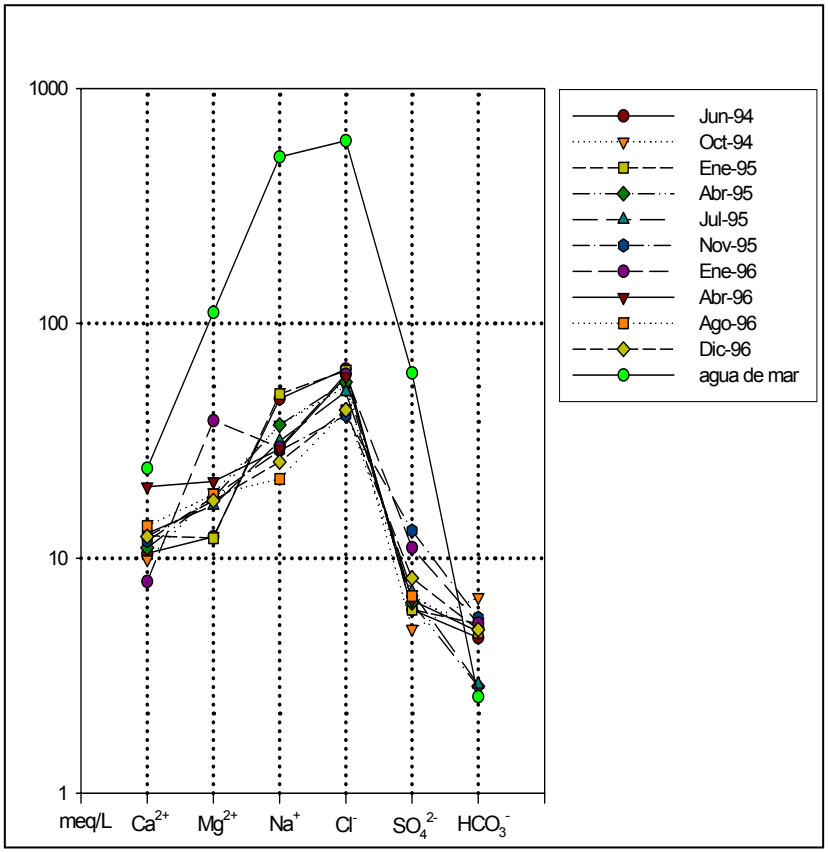


Figura A4.2.12.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 12 comparado con el agua de mar.



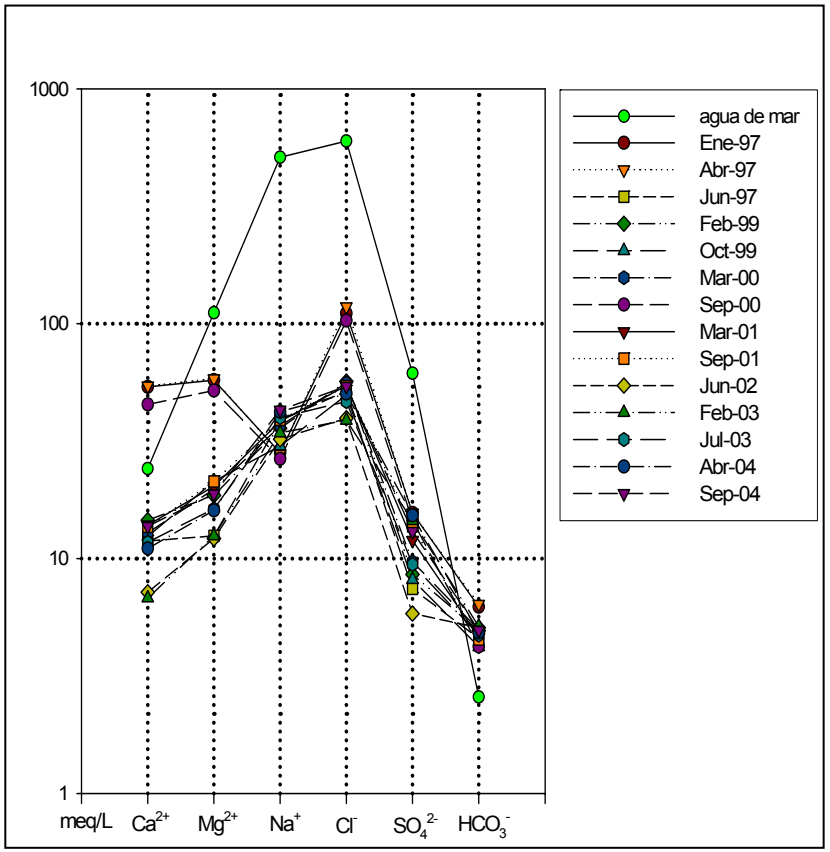
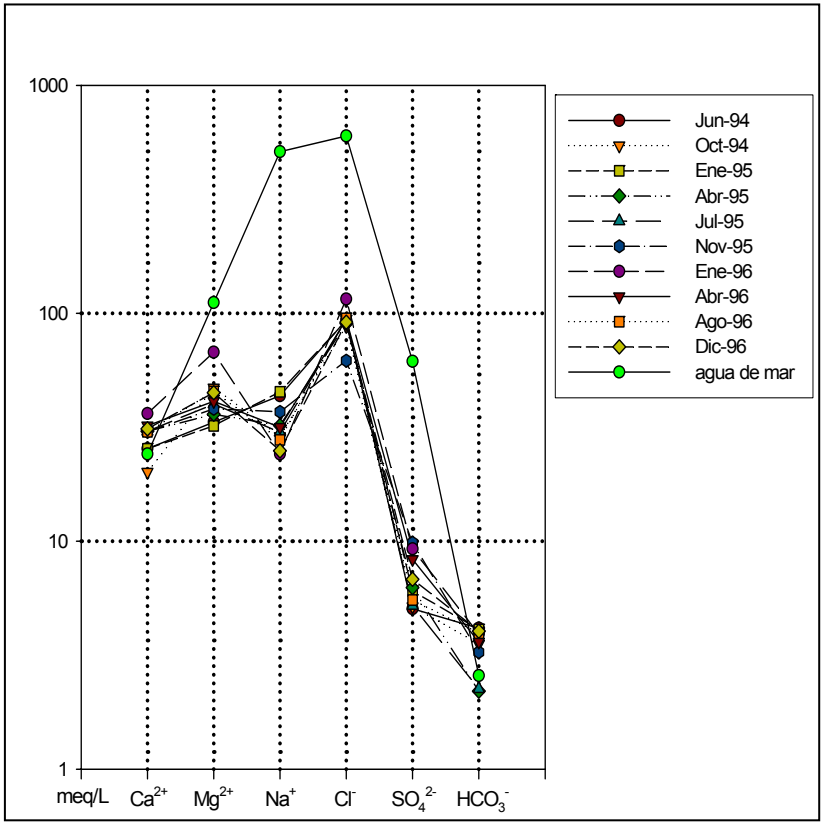


Figura A4.2.13.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 13 comparado con el agua de mar.



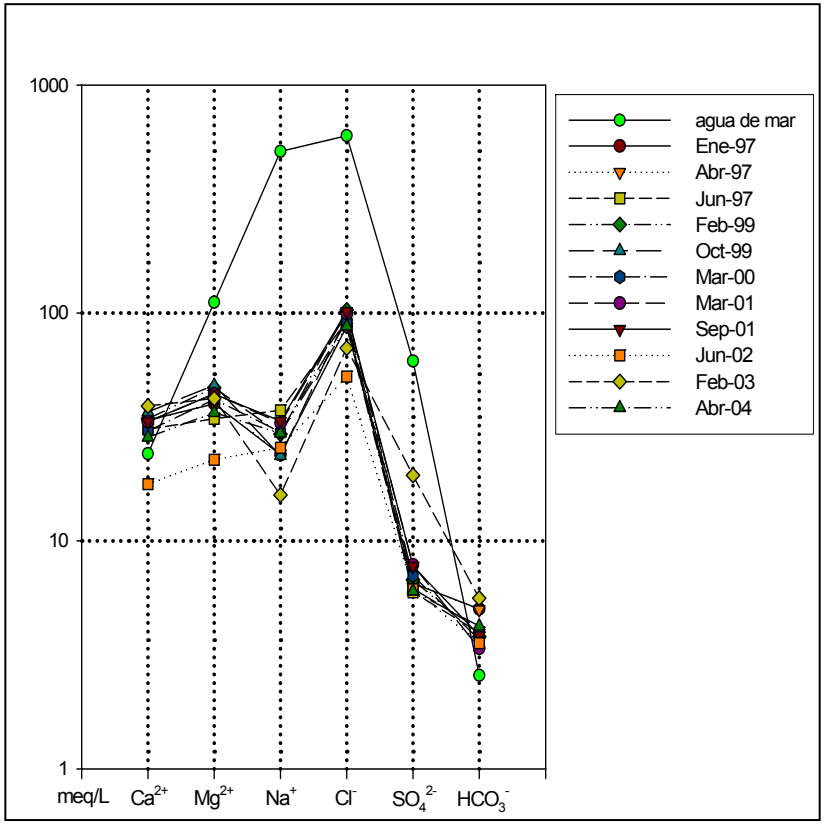


Figura A4.2.14.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 14 comparado con el agua de mar.

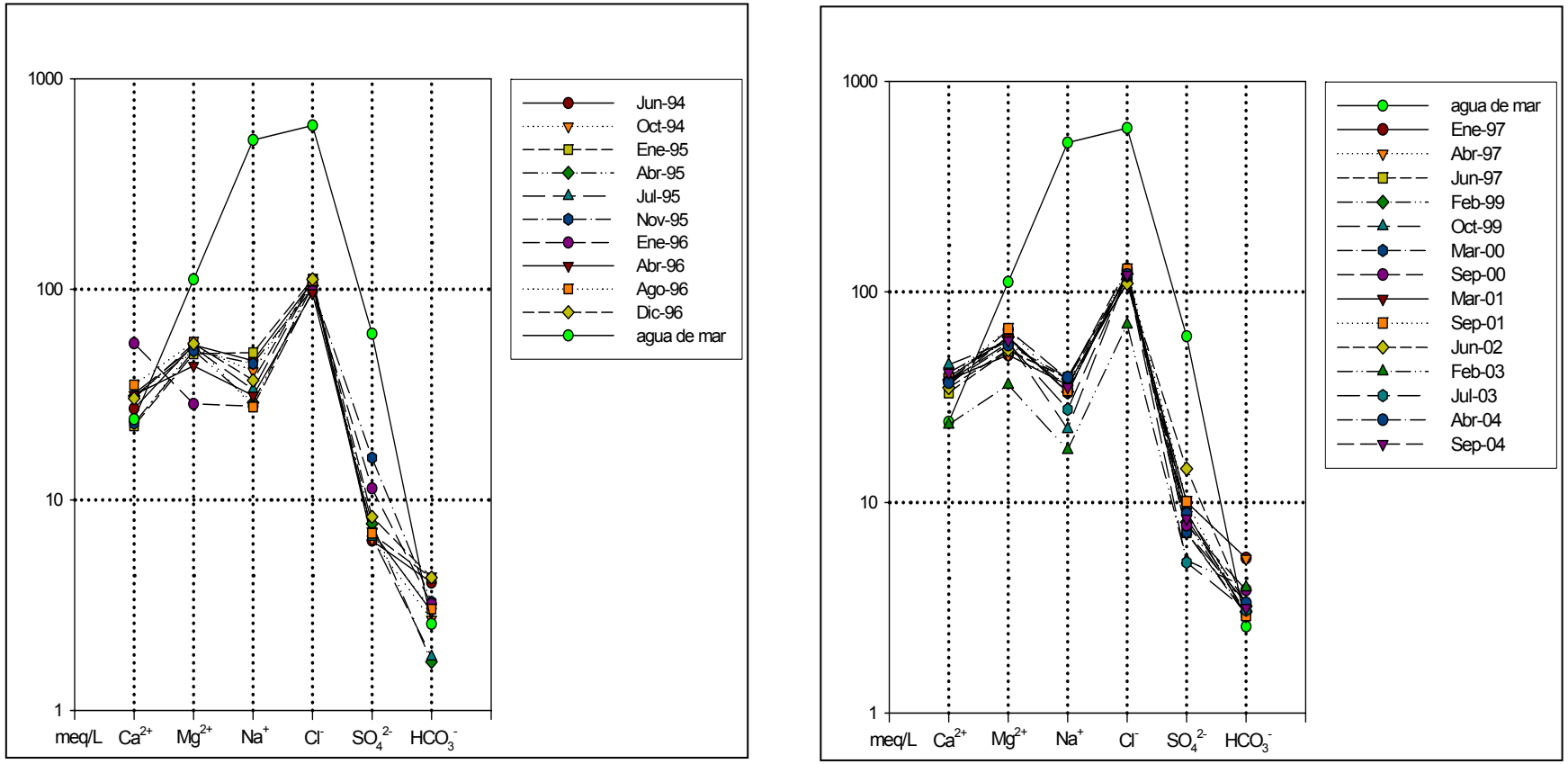
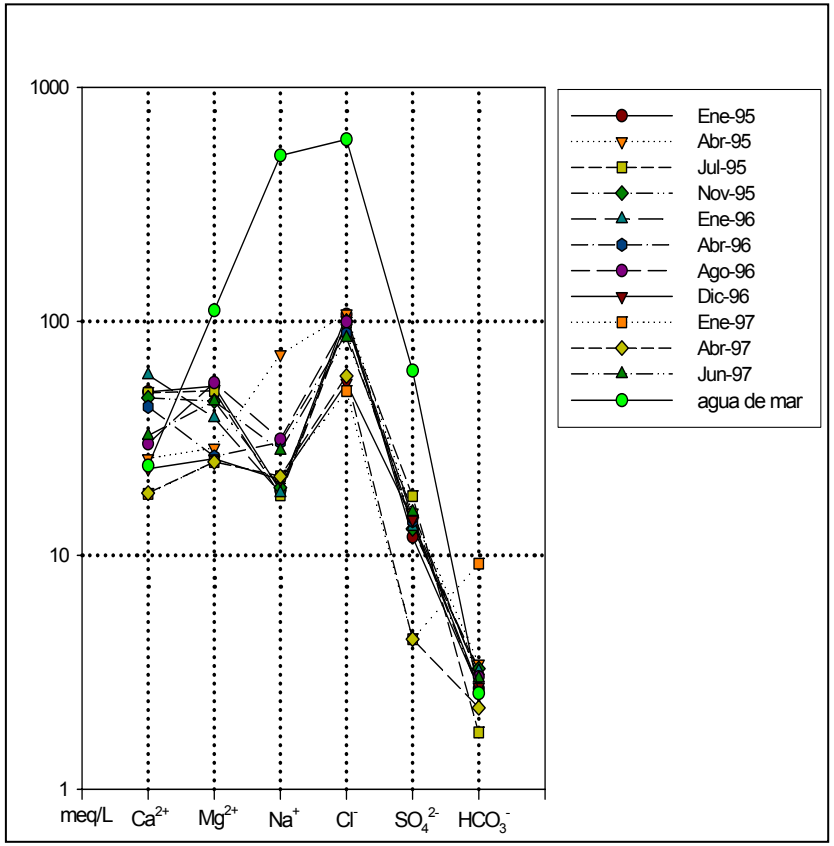


Figura A4.2.15.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 15 comparado con el agua de mar.



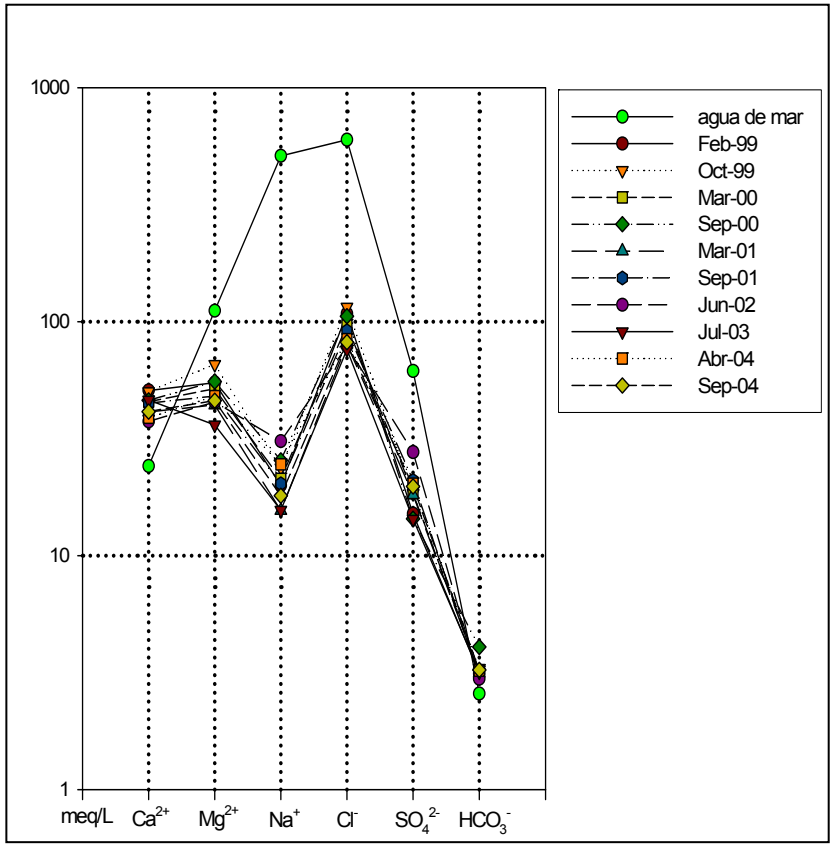


Figura A4.2.16.- Diagramas Schöeller-Berkaloff de los registros del Pozo 16 comparado con el agua de mar.

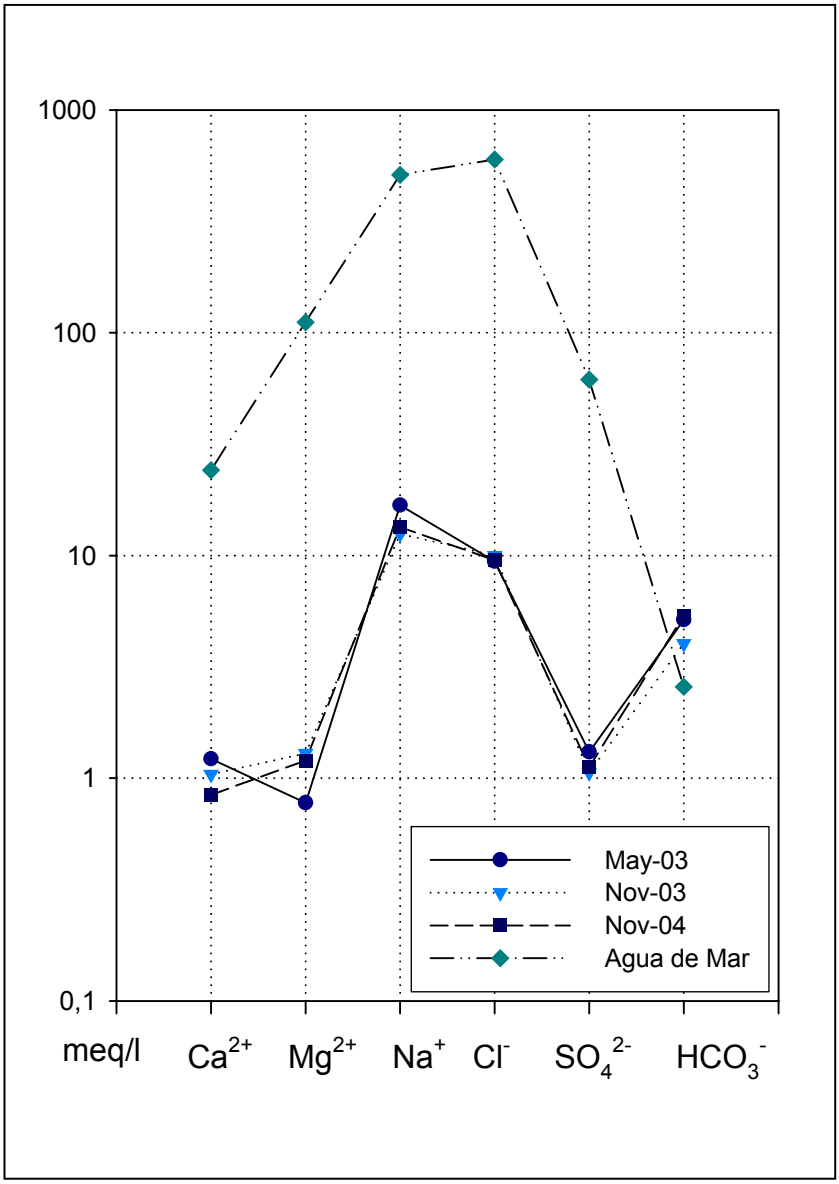


Figura A4.2.17.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-1 comparado con el agua de mar.

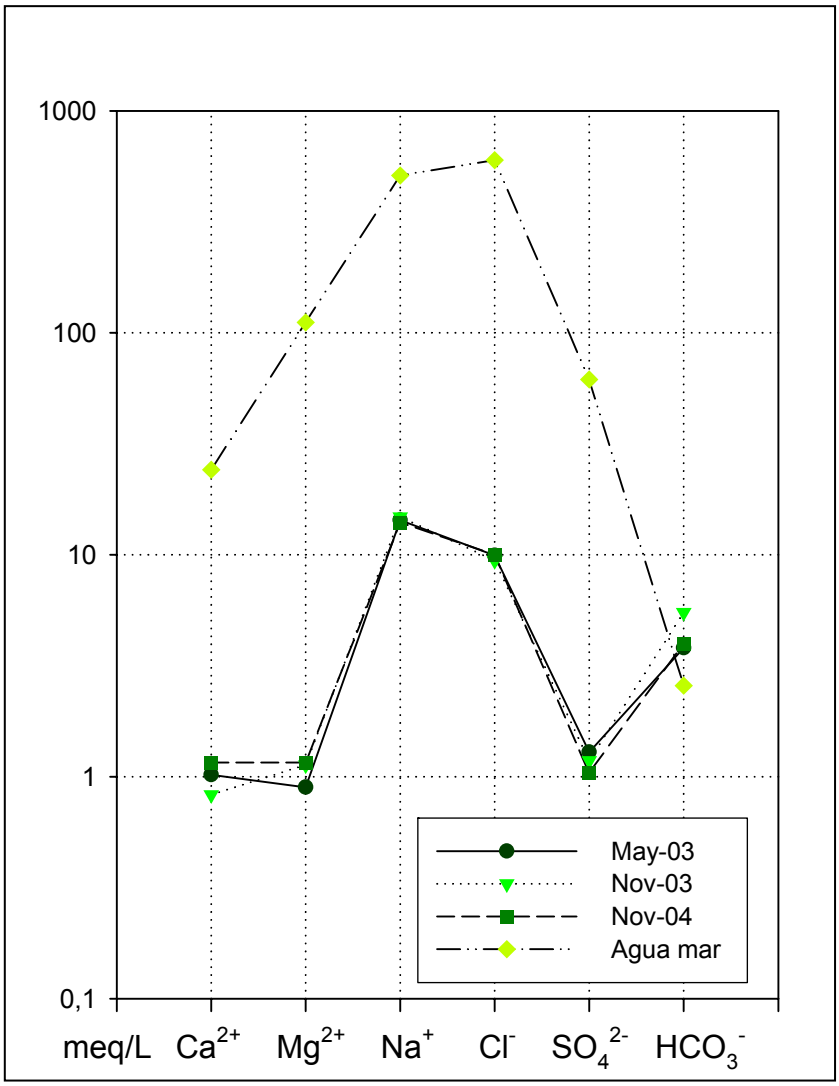


Figura A4.2.18.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-2 comparado con el agua de mar.

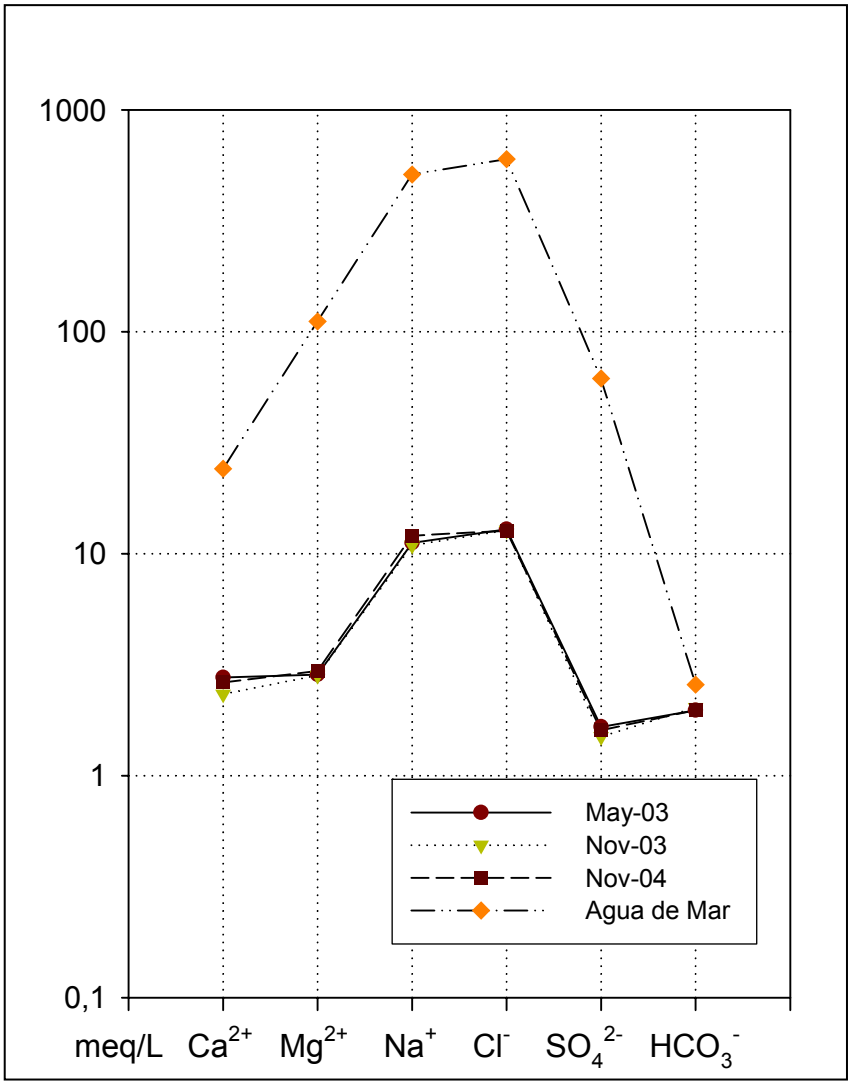


Figura A4.2.19.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-3 comparado con el agua de mar.

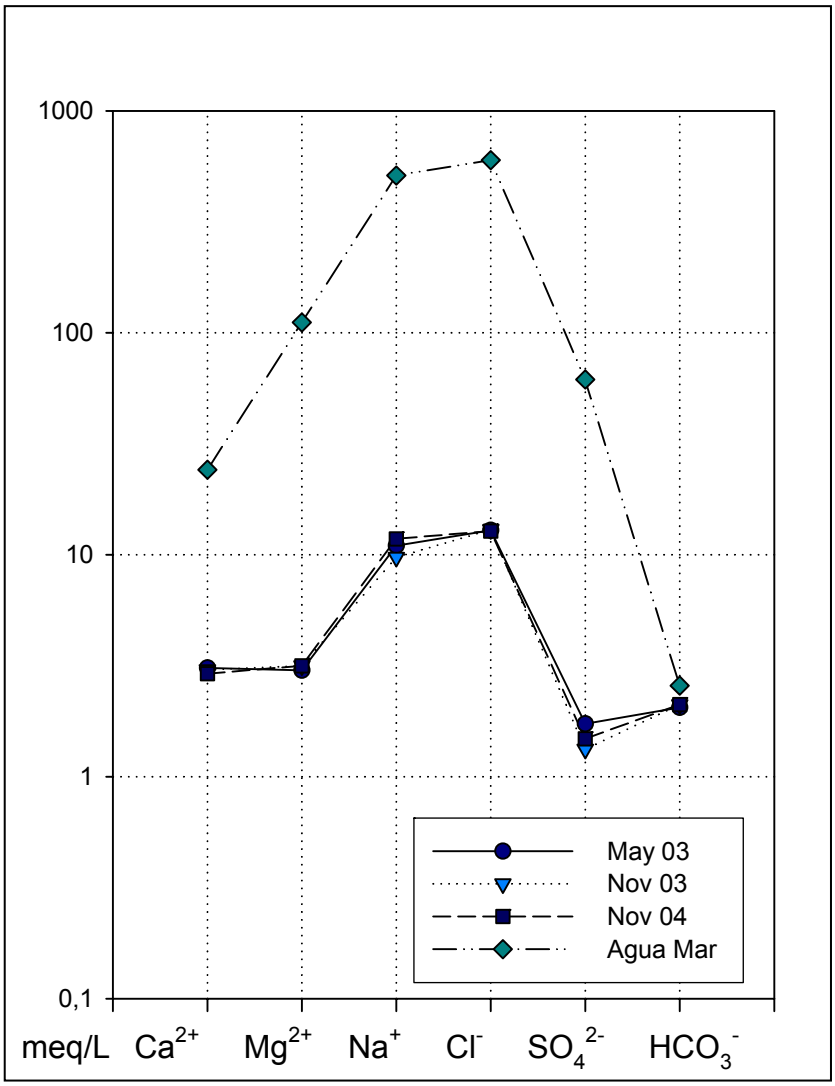


Figura A4.2.20.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-7 comparado con el agua de mar.

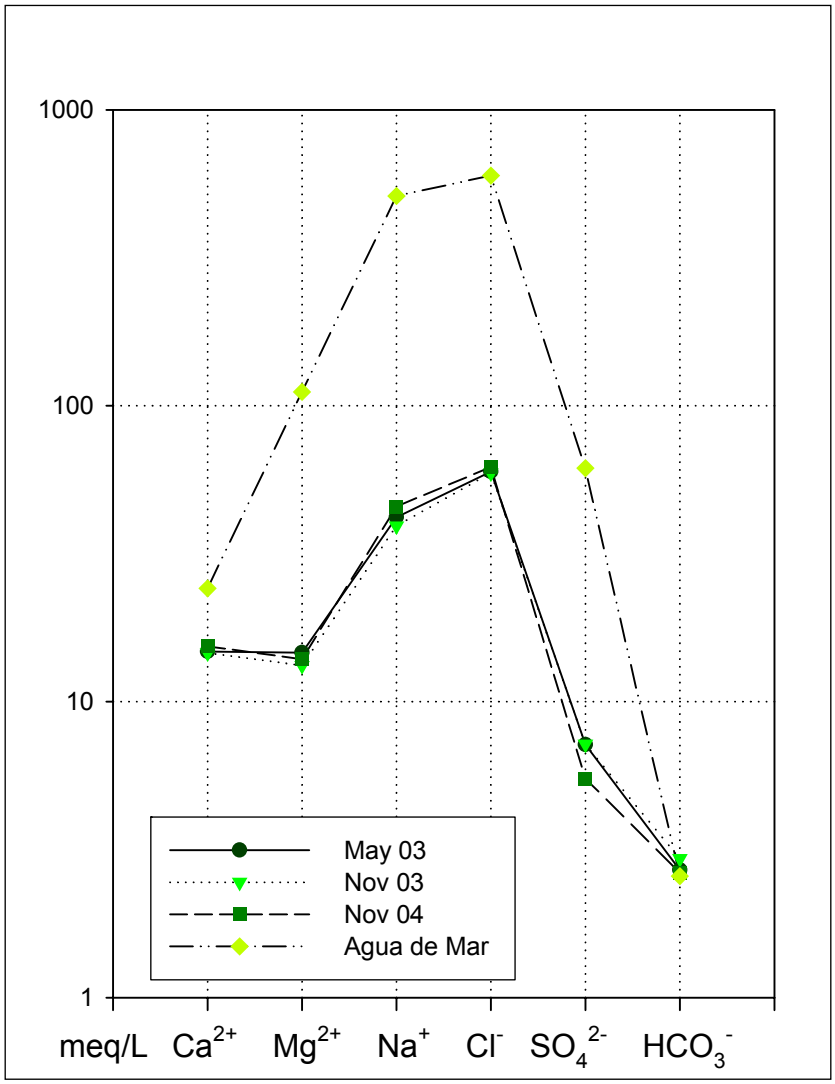


Figura A4.2.21.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-12 comparado con el agua de mar.

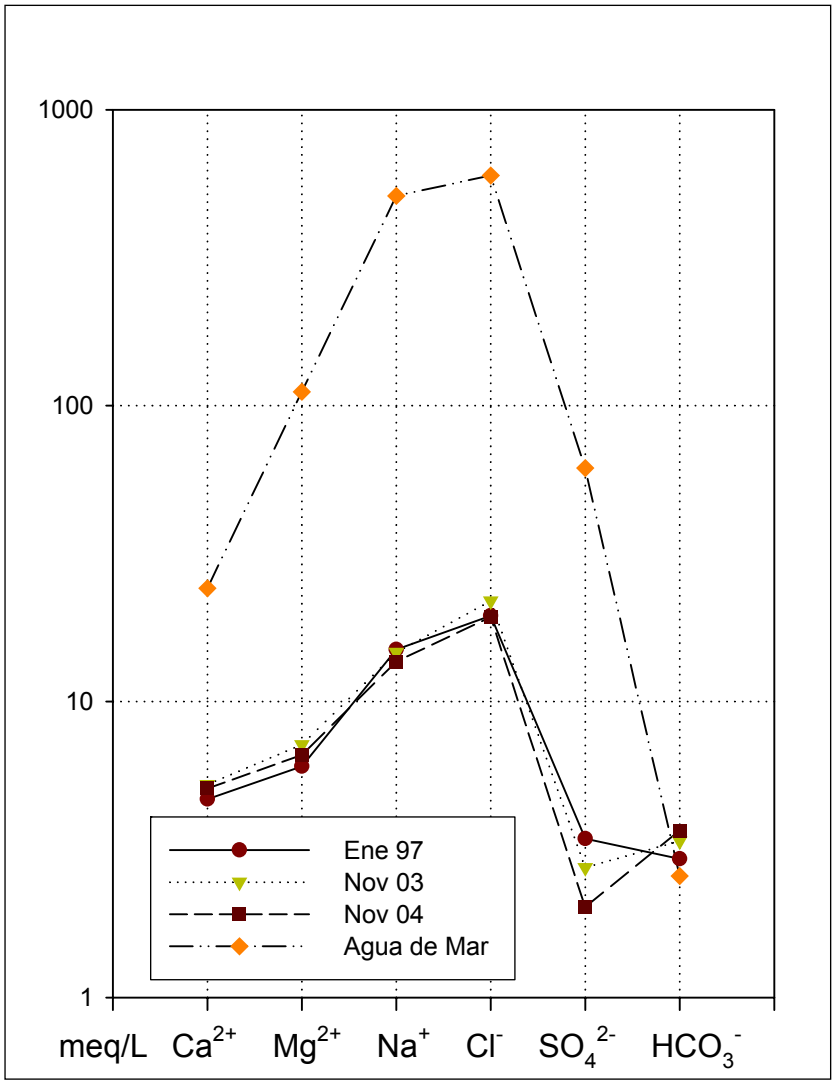


Figura A4.2.22.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-16 comparado con el agua de mar.

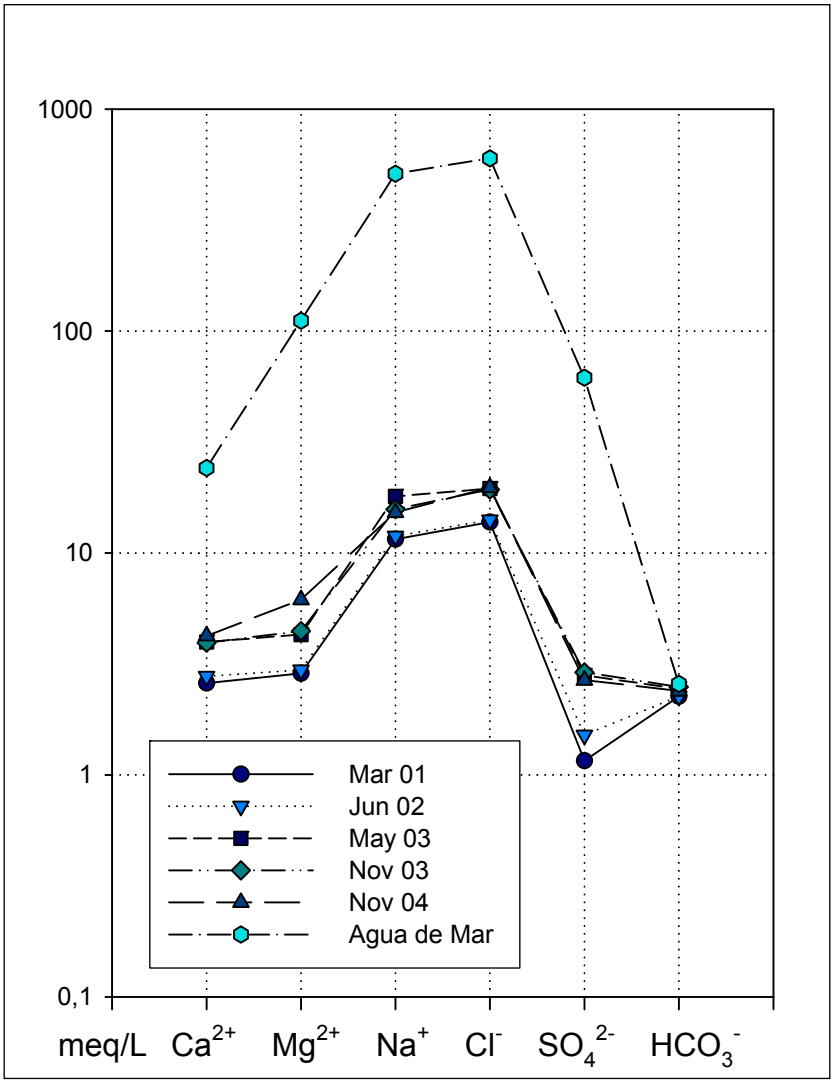


Figura A4.2.23.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-22 comparado con el agua de mar.

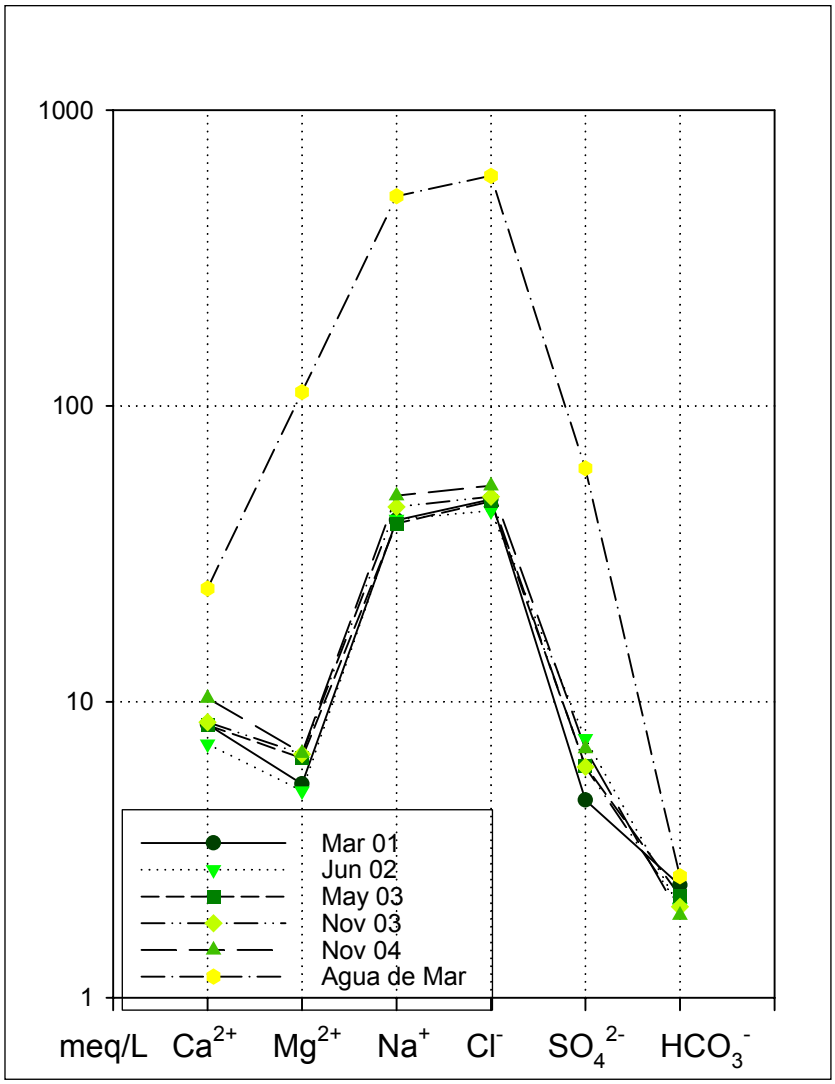


Figura A4.2.24.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-27 comparado con el agua de mar.

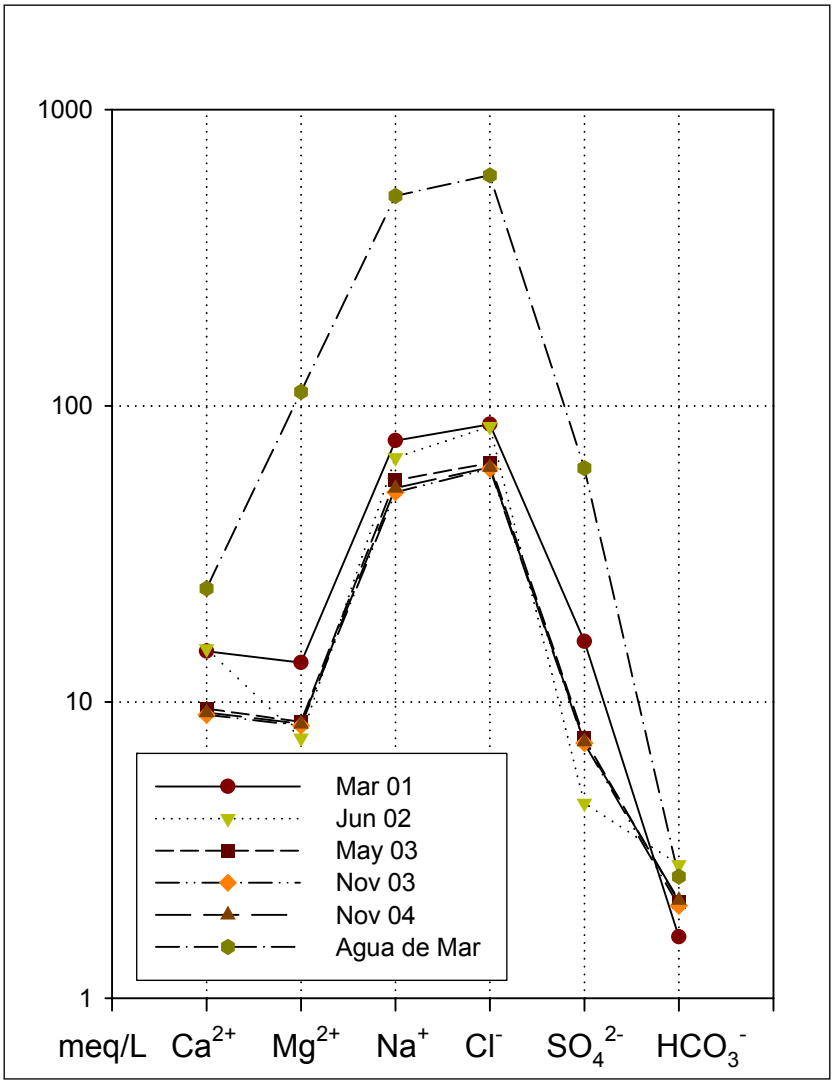


Figura A4.2.25.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-28 comparado con el agua de mar.

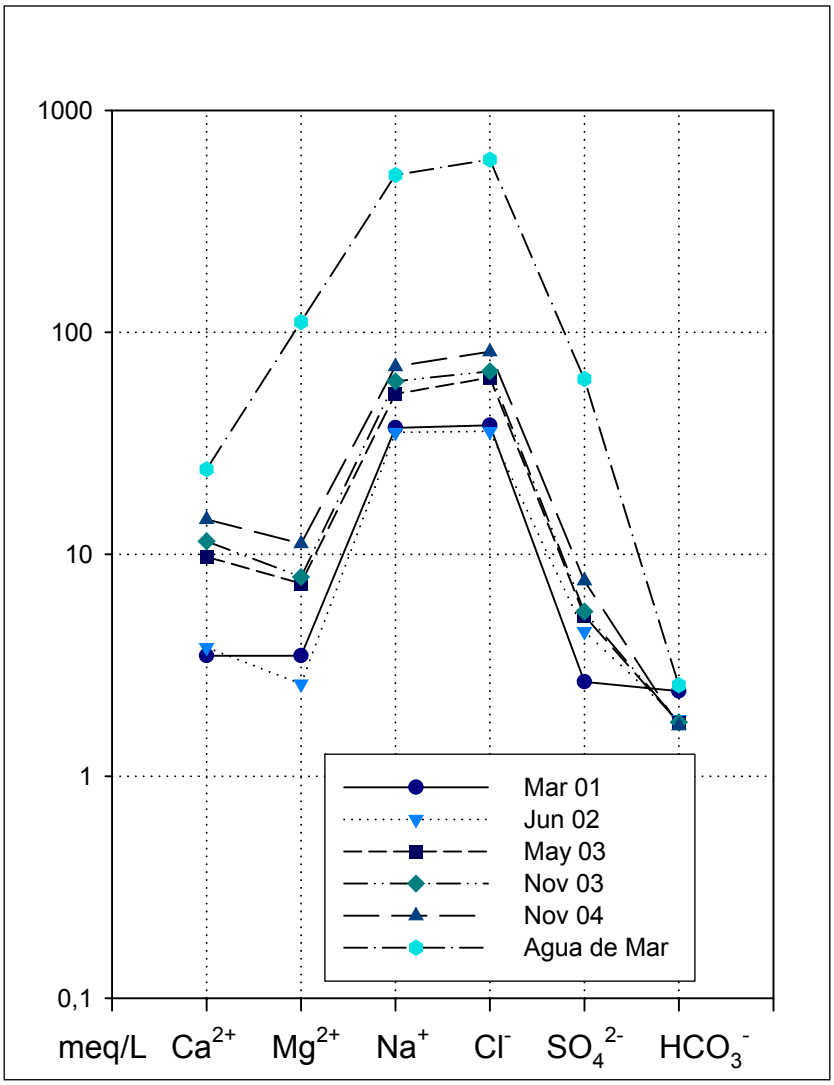


Figura A4.2.26.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-30 comparado con el agua de mar.

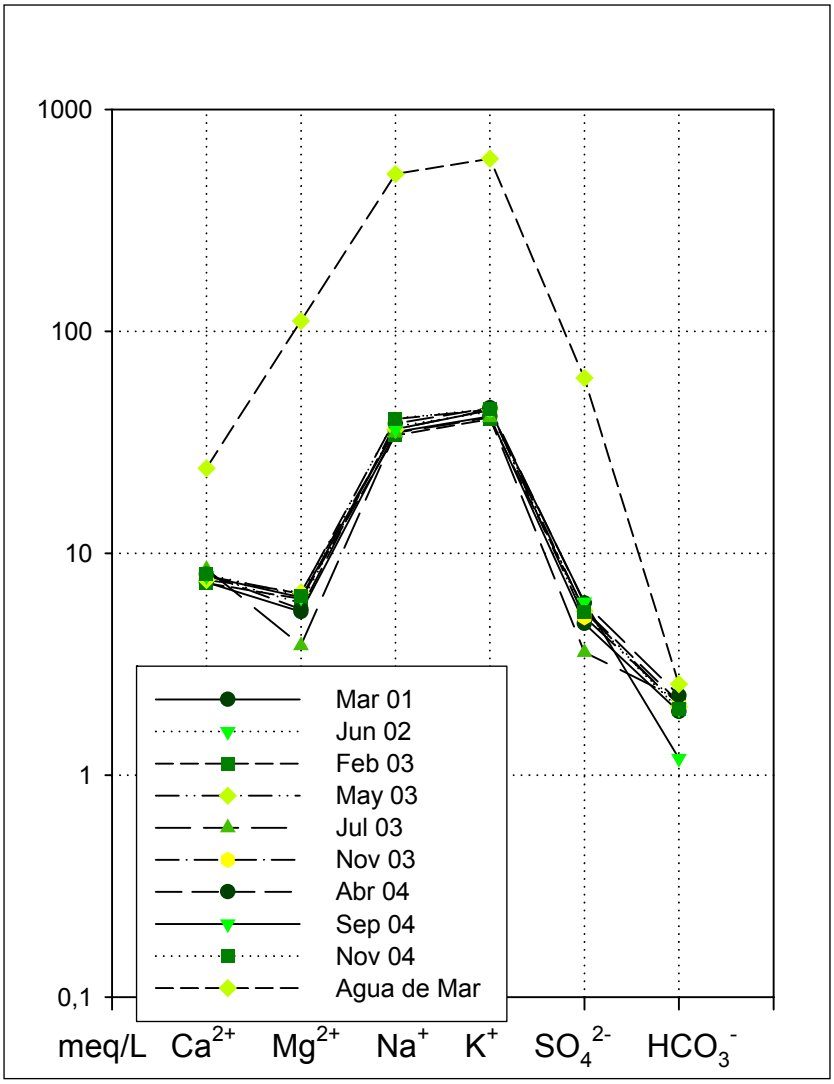


Figura A4.2.27.- Diagrama Schöeller-Berkaloff de los registros del Sondeo S-32 comparado con el agua de mar.

A4.3. DIAGRAMAS PIPER

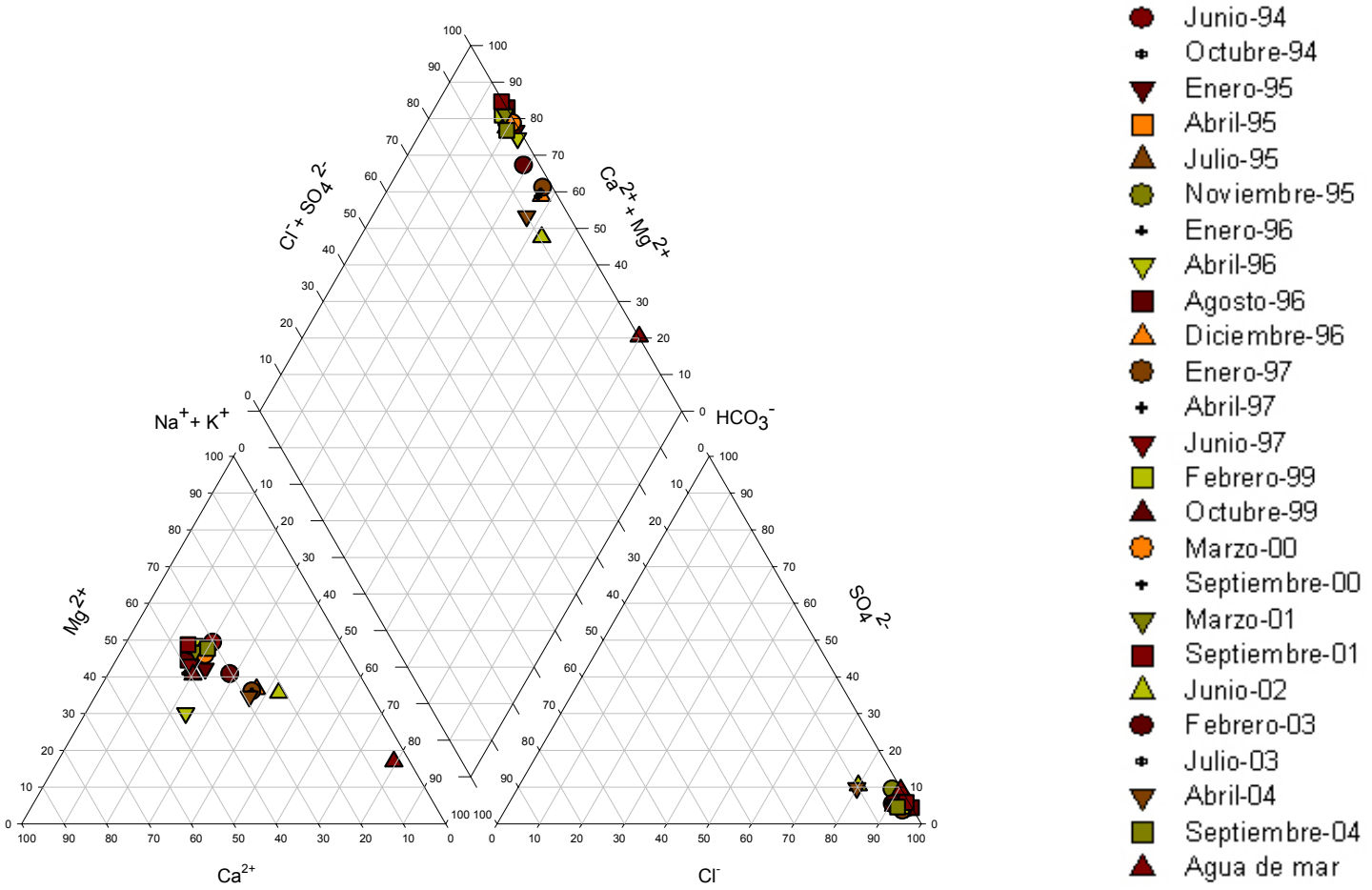


Figura A4.3.1.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 1 comparado con el agua de mar.

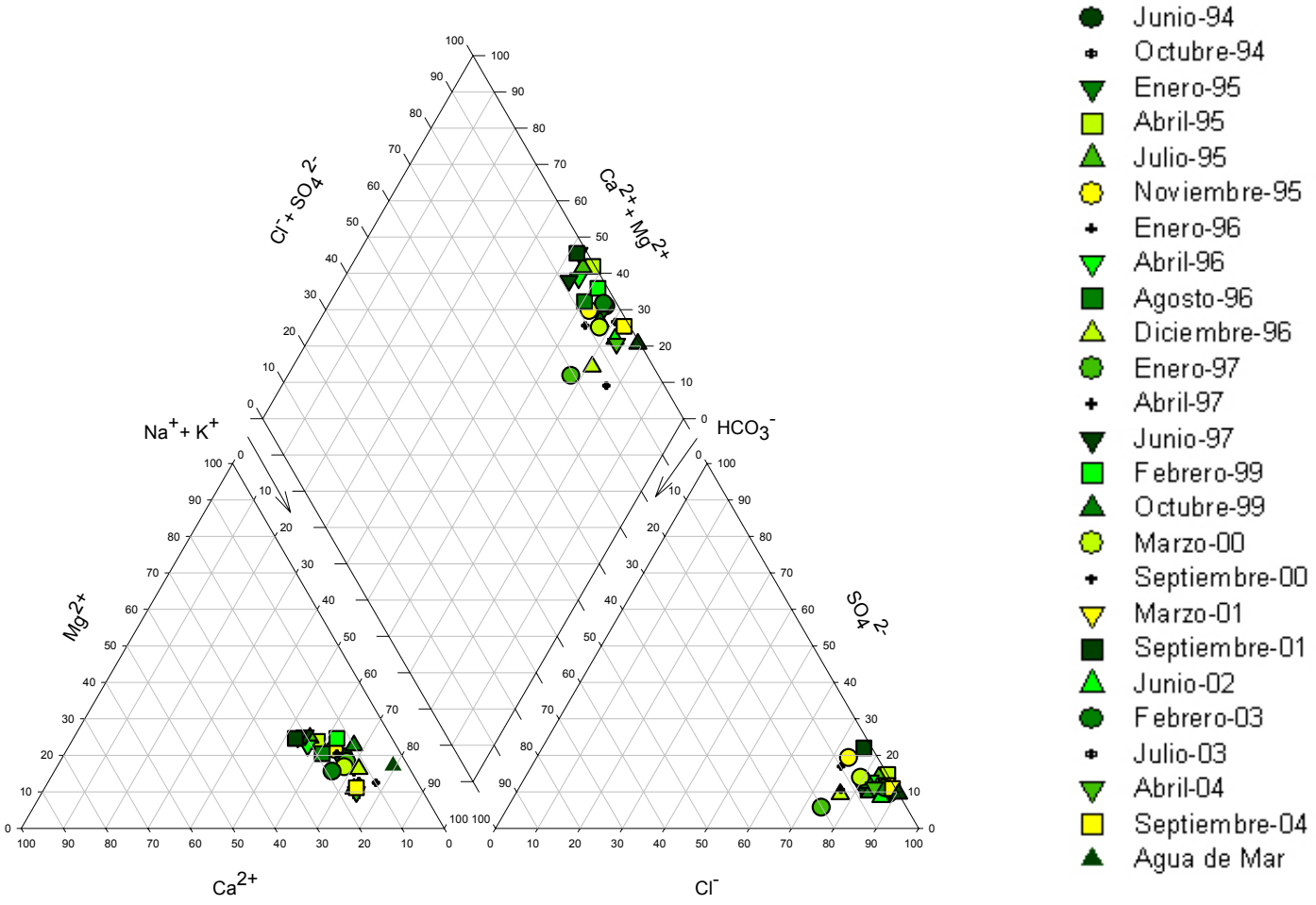


Figura A4.3.2.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 2 comparado con el agua de mar.

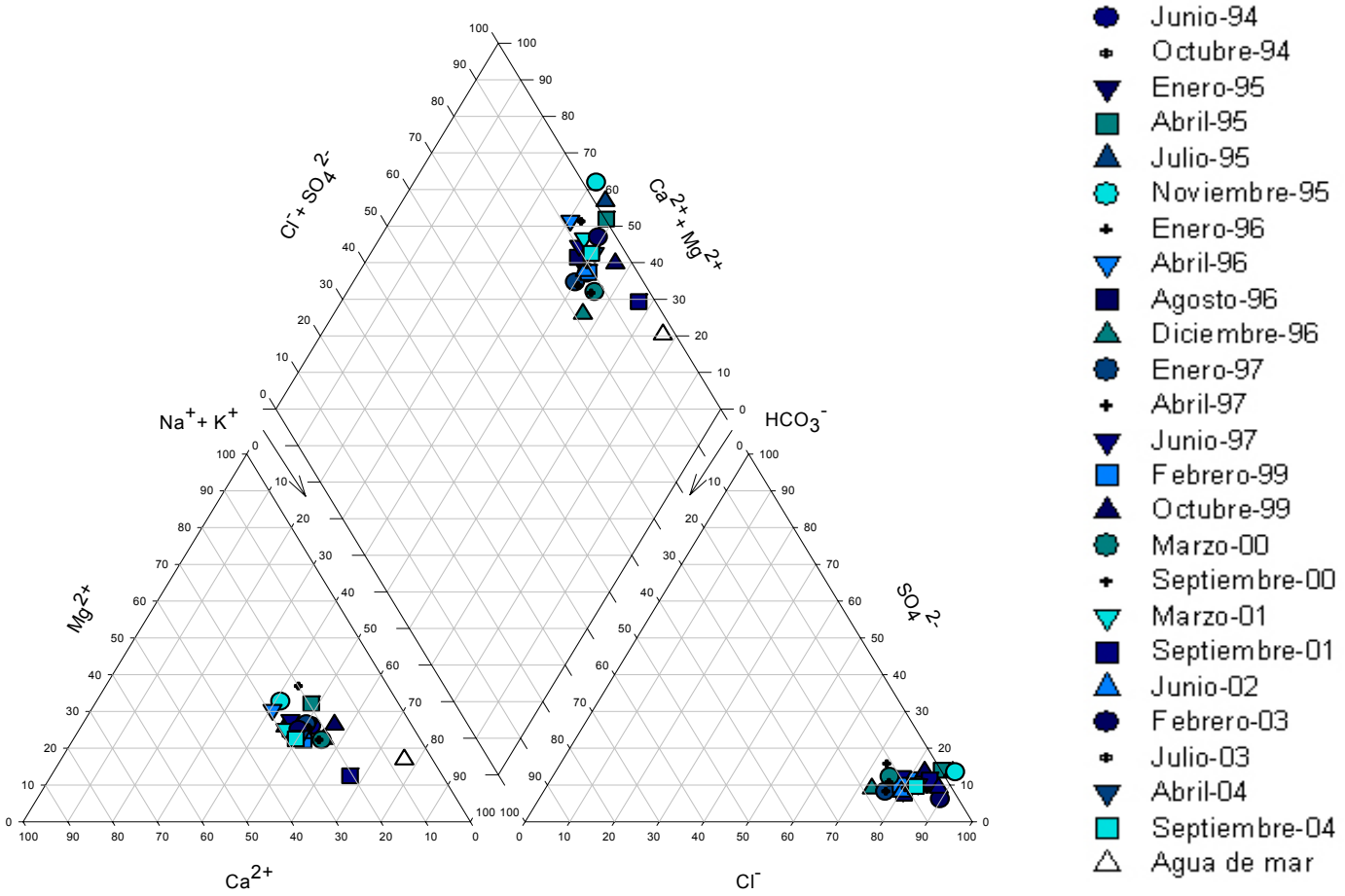


Figura A4.3.3.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 3 comparado con el agua de mar.

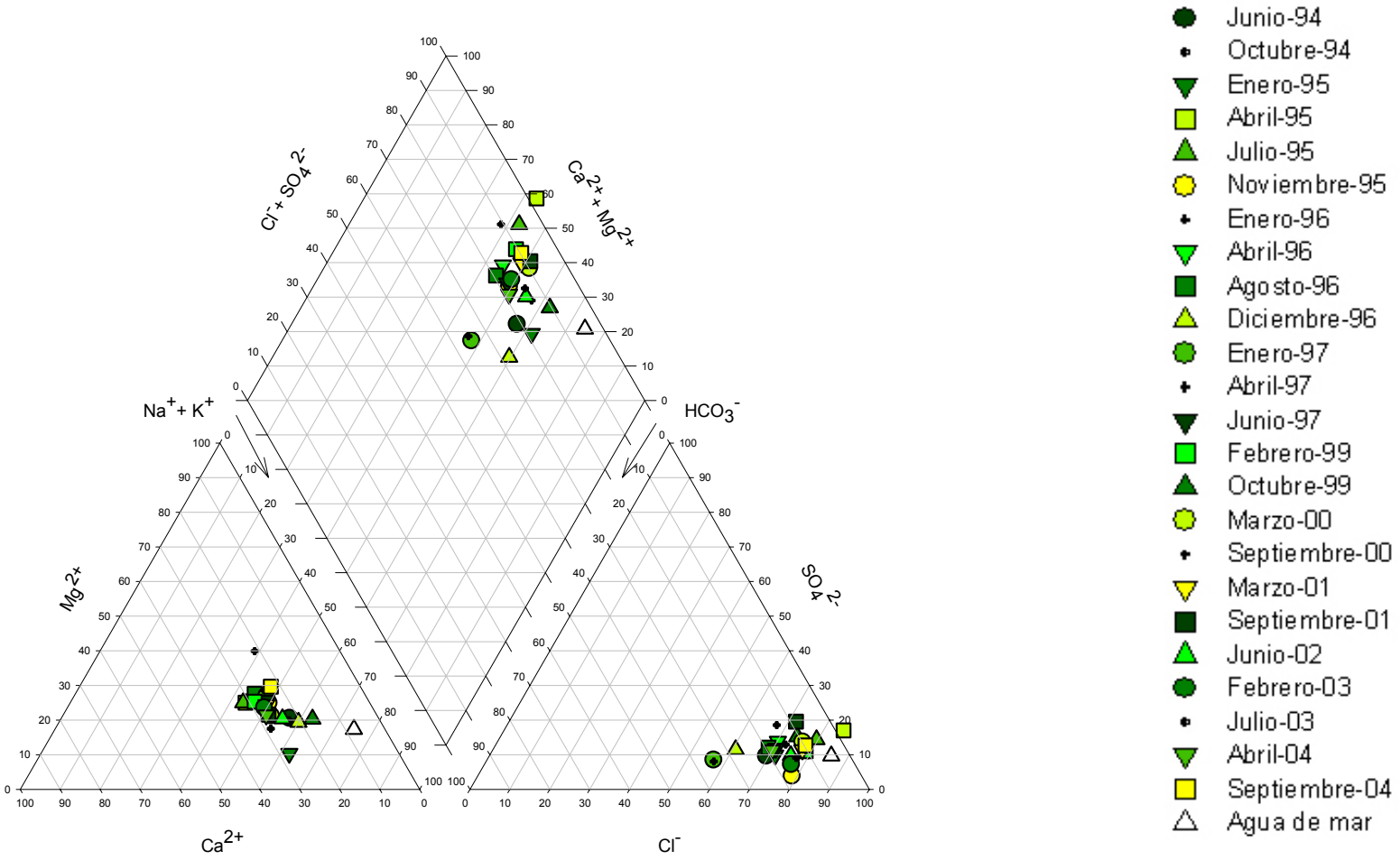


Figura A4.3.4.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 4 comparado con el agua de mar.

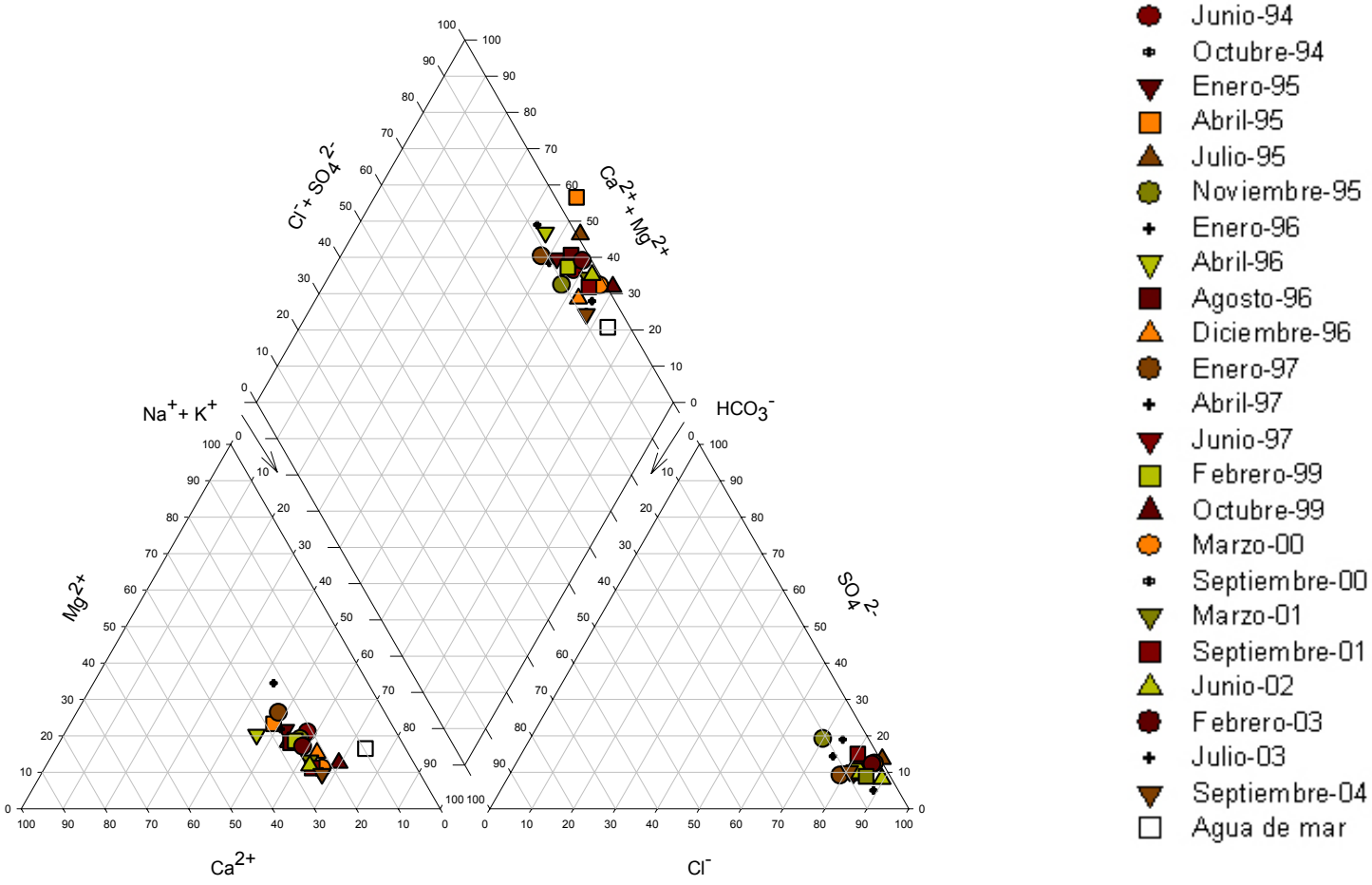


Figura A4.3.5.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 5 comparado con el agua de mar.

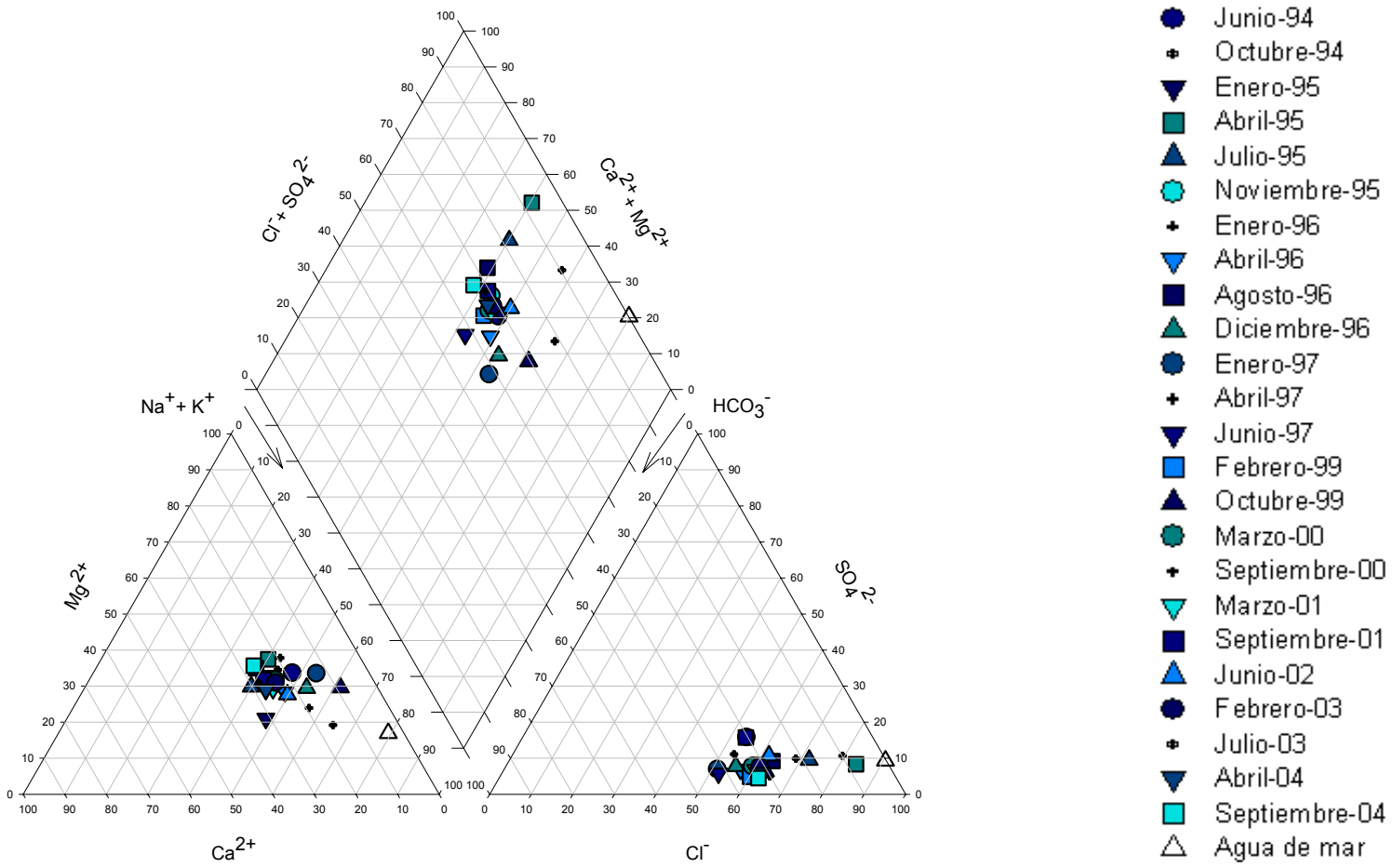


Figura A4.3.6.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 6 comparado con el agua de mar.

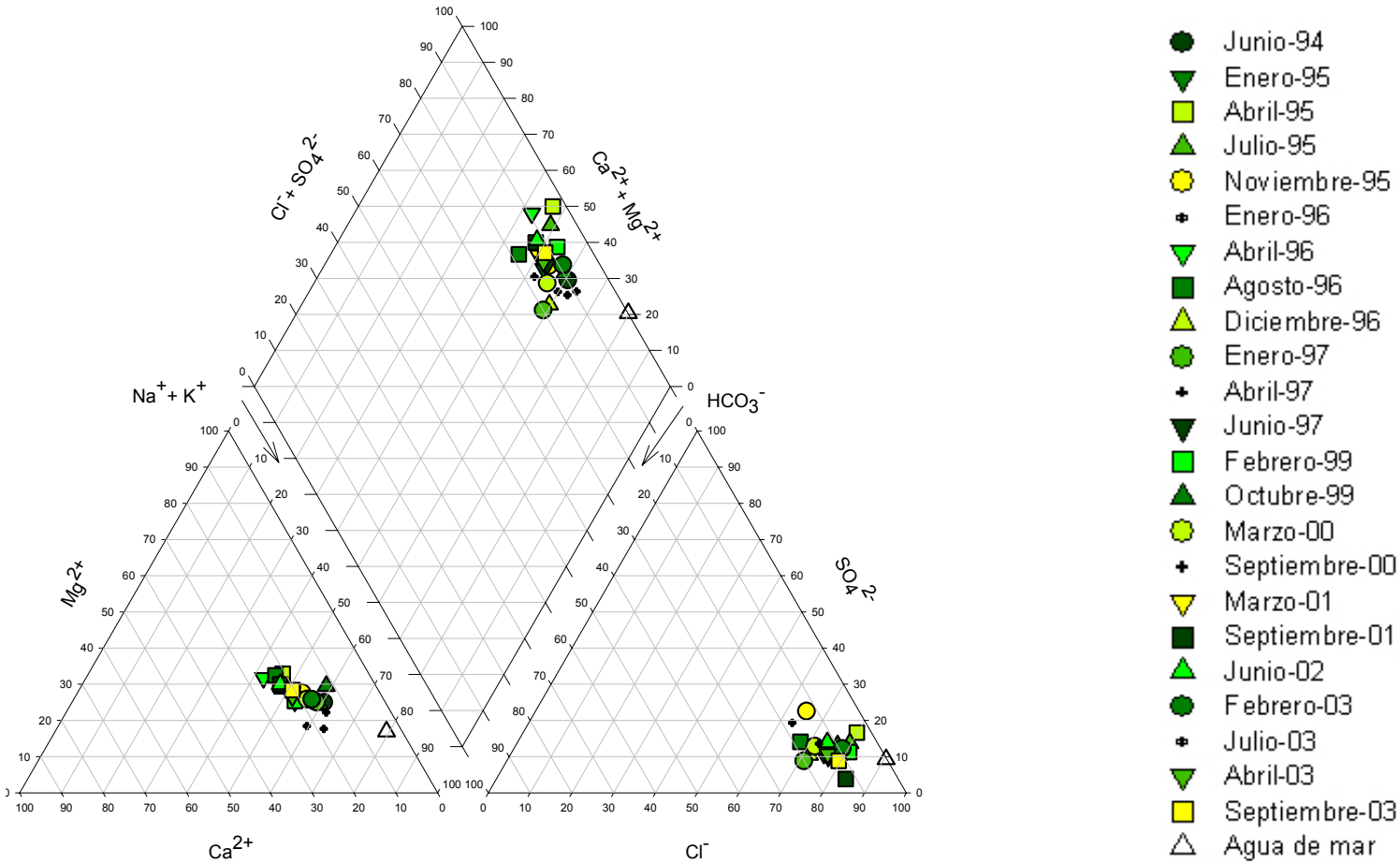


Figura A4.3.7.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 7 comparado con el agua de mar.

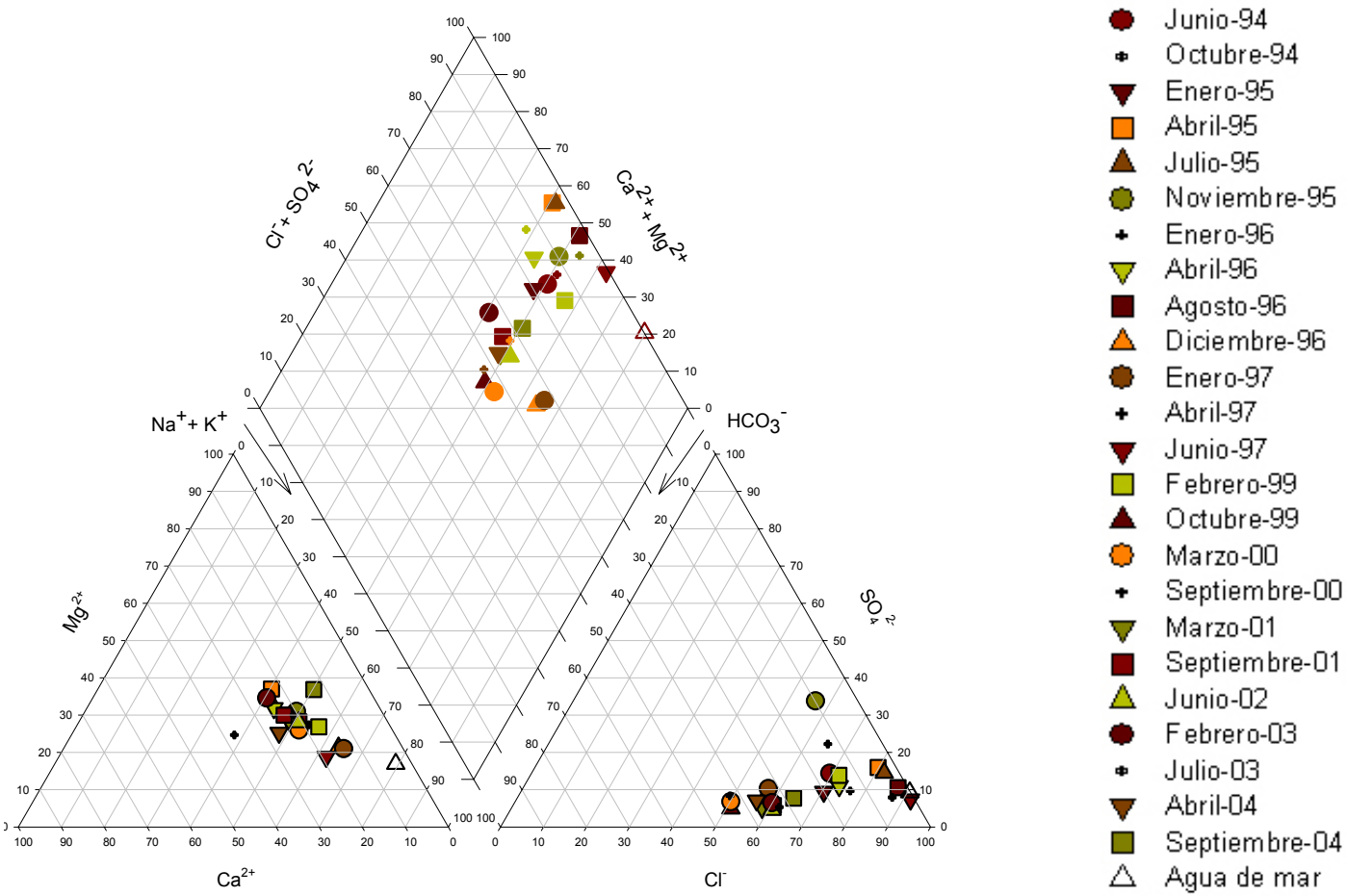


Figura A4.3.8.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 8 comparado con el agua de mar.

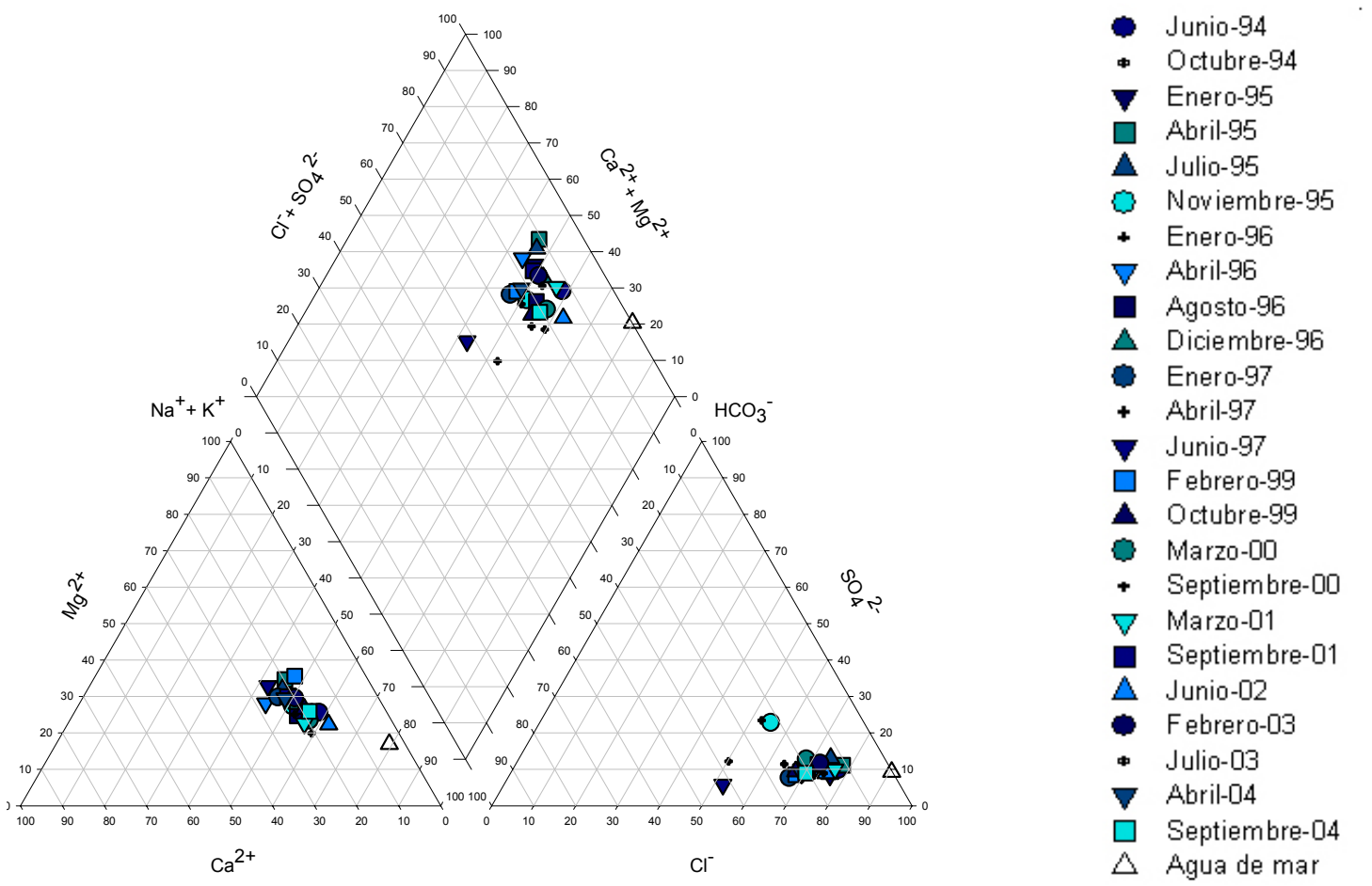


Figura A4.3.9.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 9 comparado con el agua de mar.

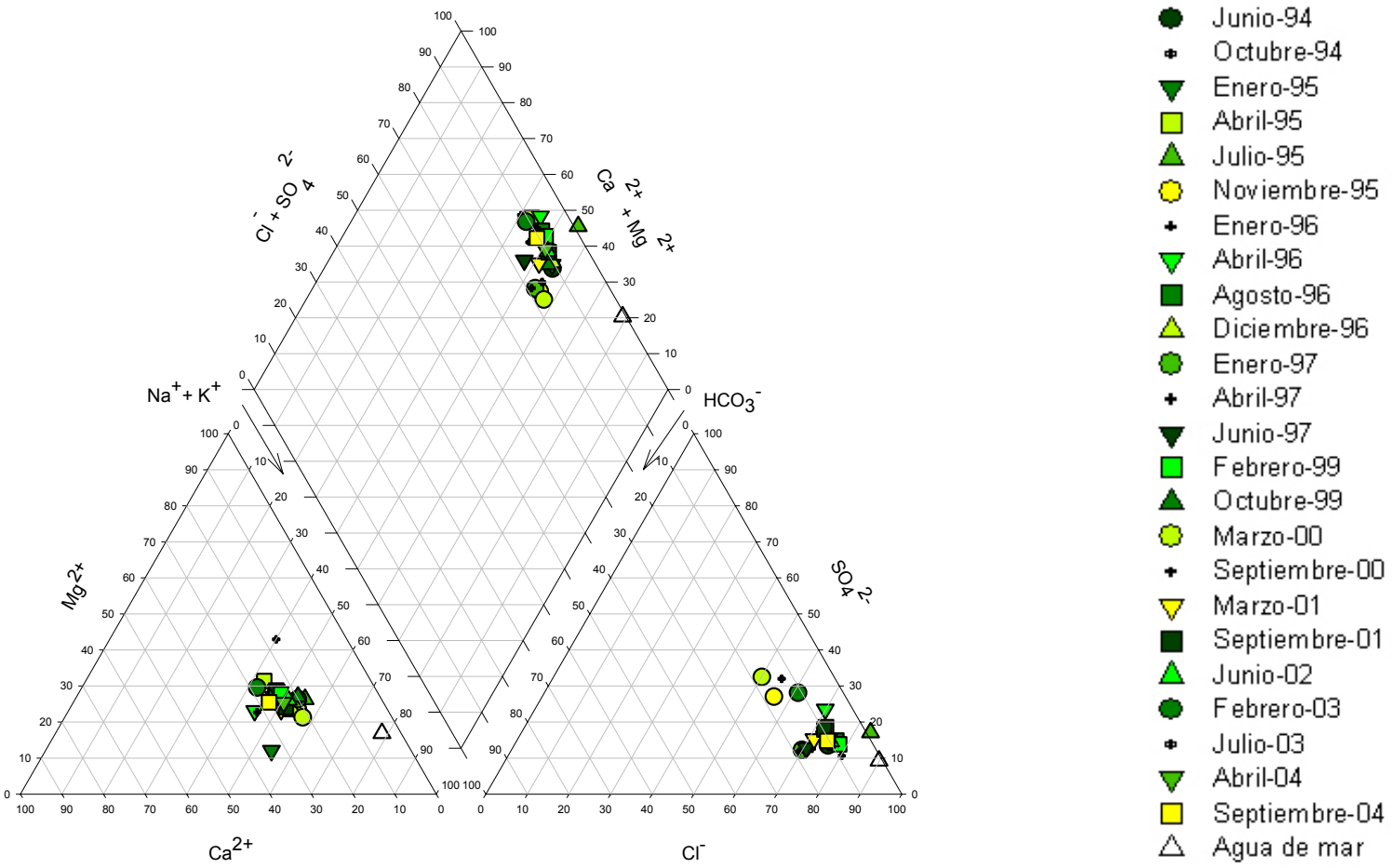


Figura A4.3.10.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 10 comparado con el agua de mar.

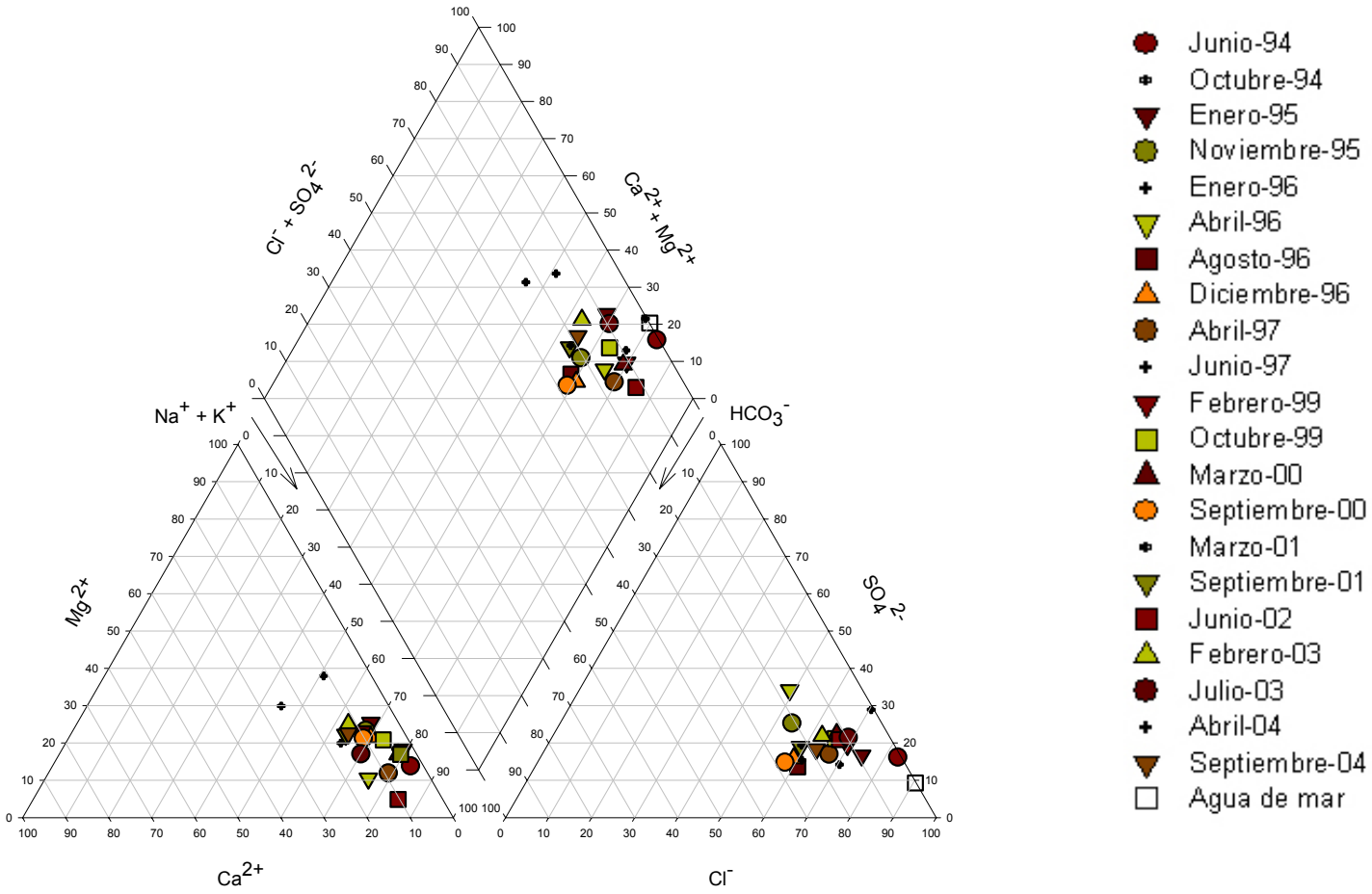


Figura A4.3.11.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 11 comparado con el agua de mar.

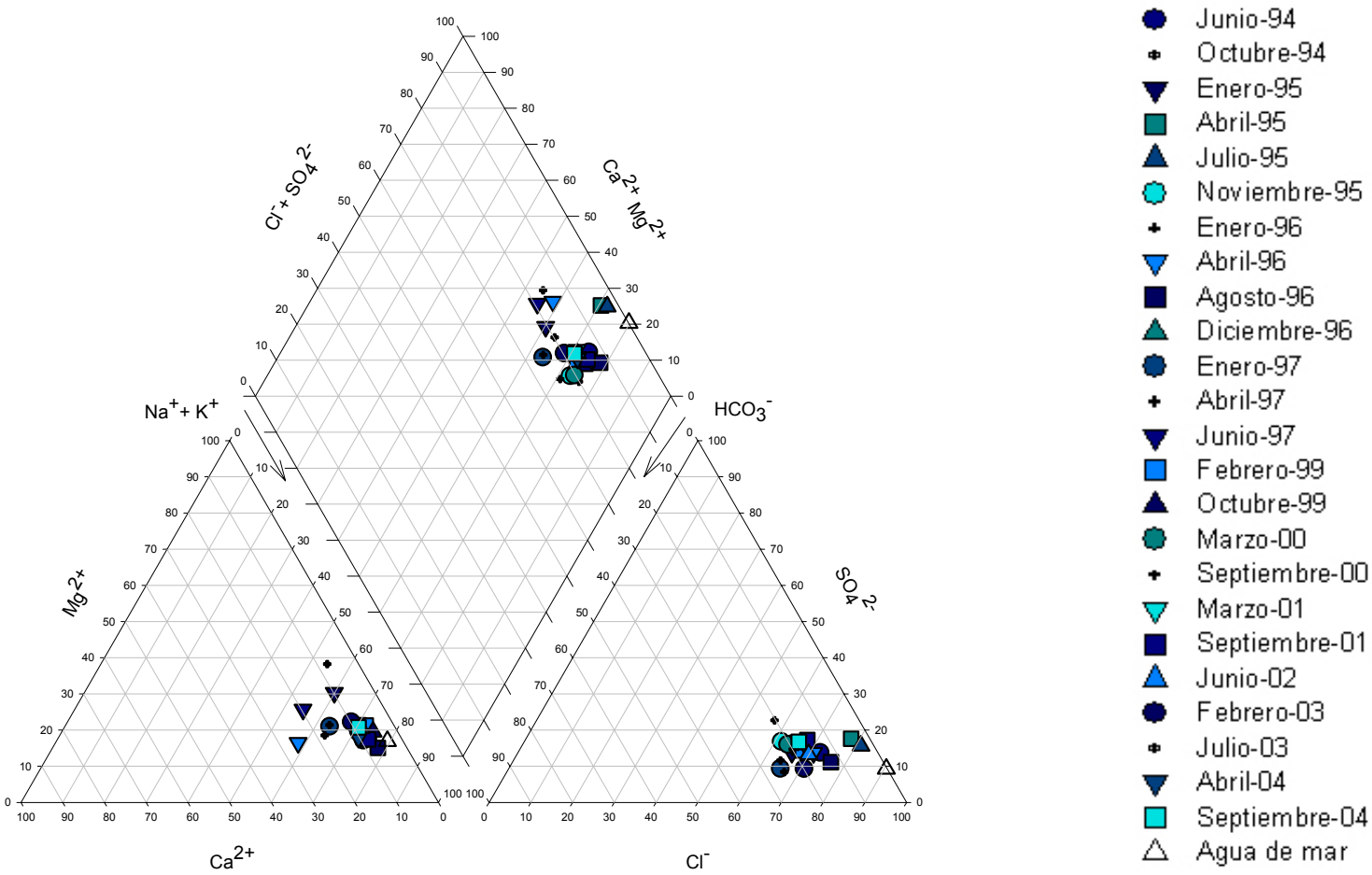


Figura A4.3.12.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 12 comparado con el agua de mar.

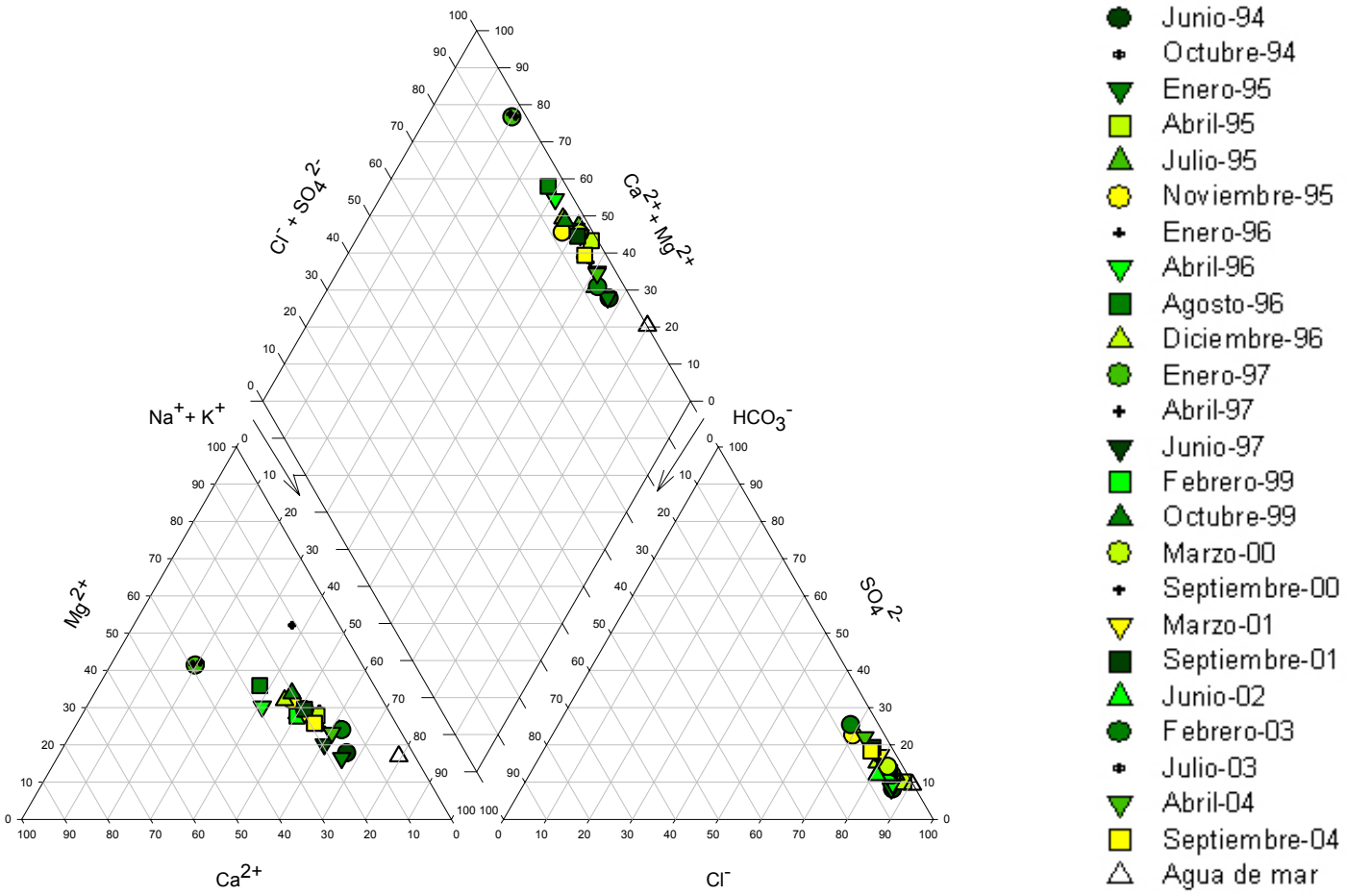


Figura A4.3.13.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 13 comparado con el agua de mar.

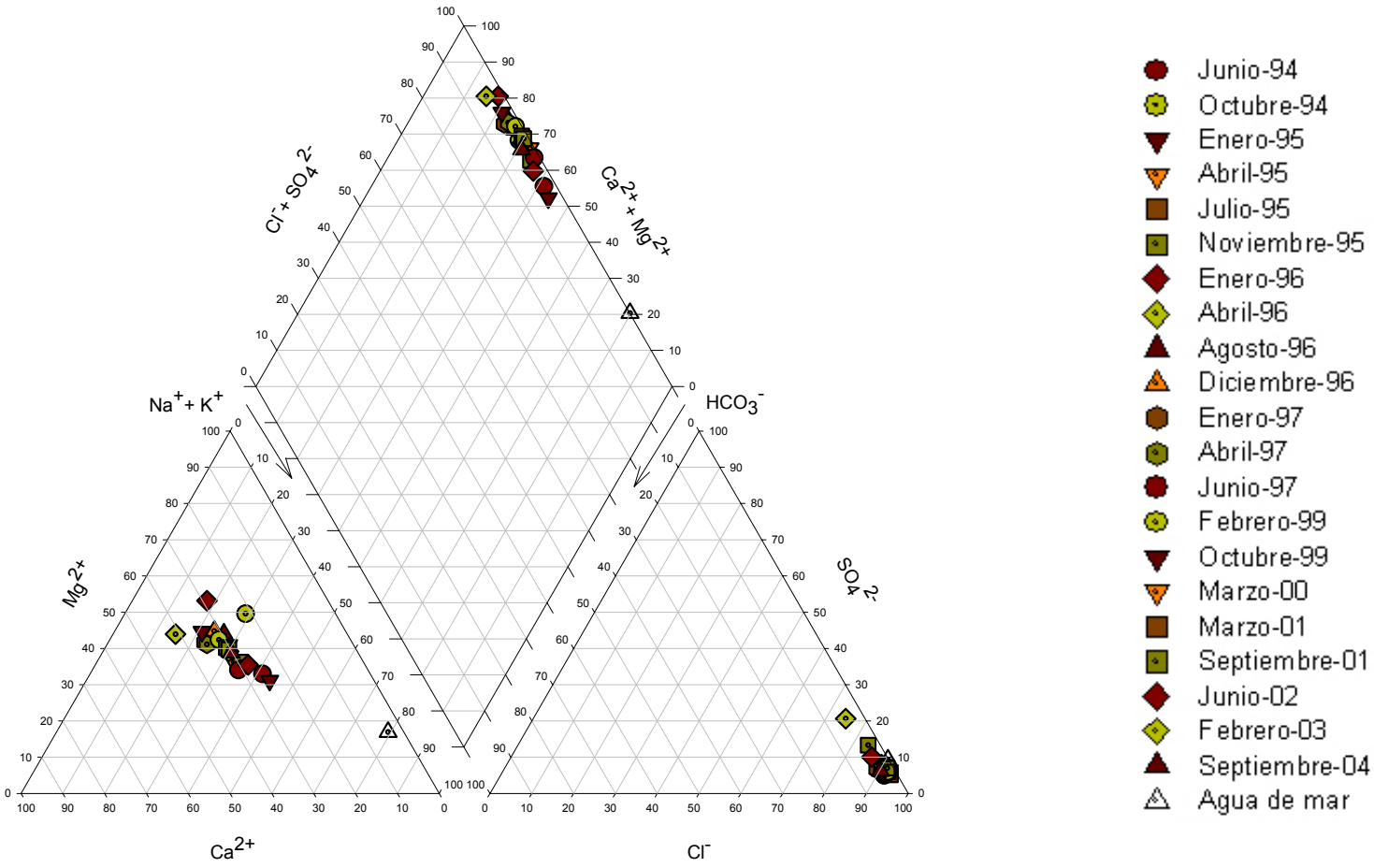


Figura A4.3.14.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 14 comparado con el agua de mar.

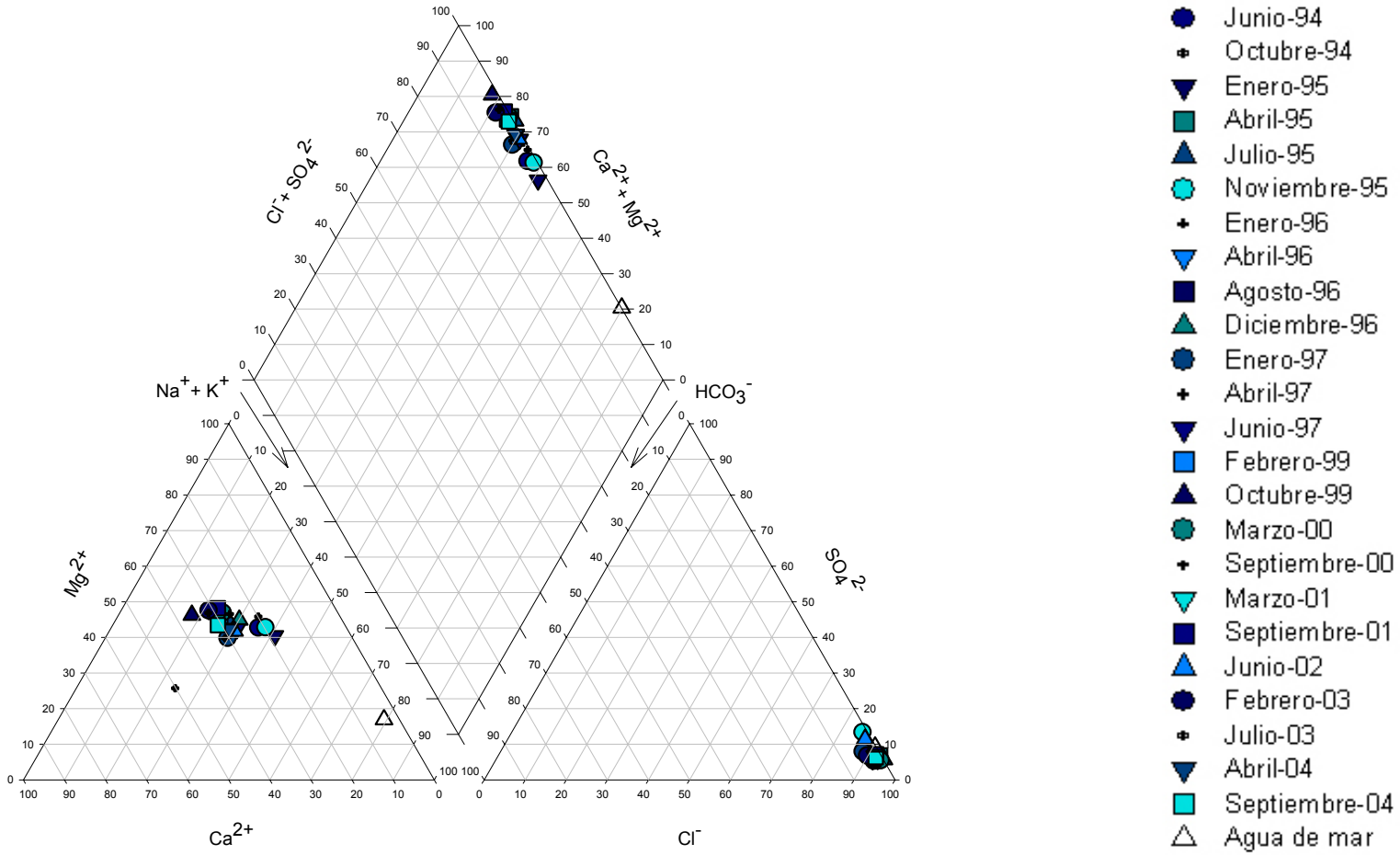


Figura A4.3.15.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 15 comparado con el agua de mar.

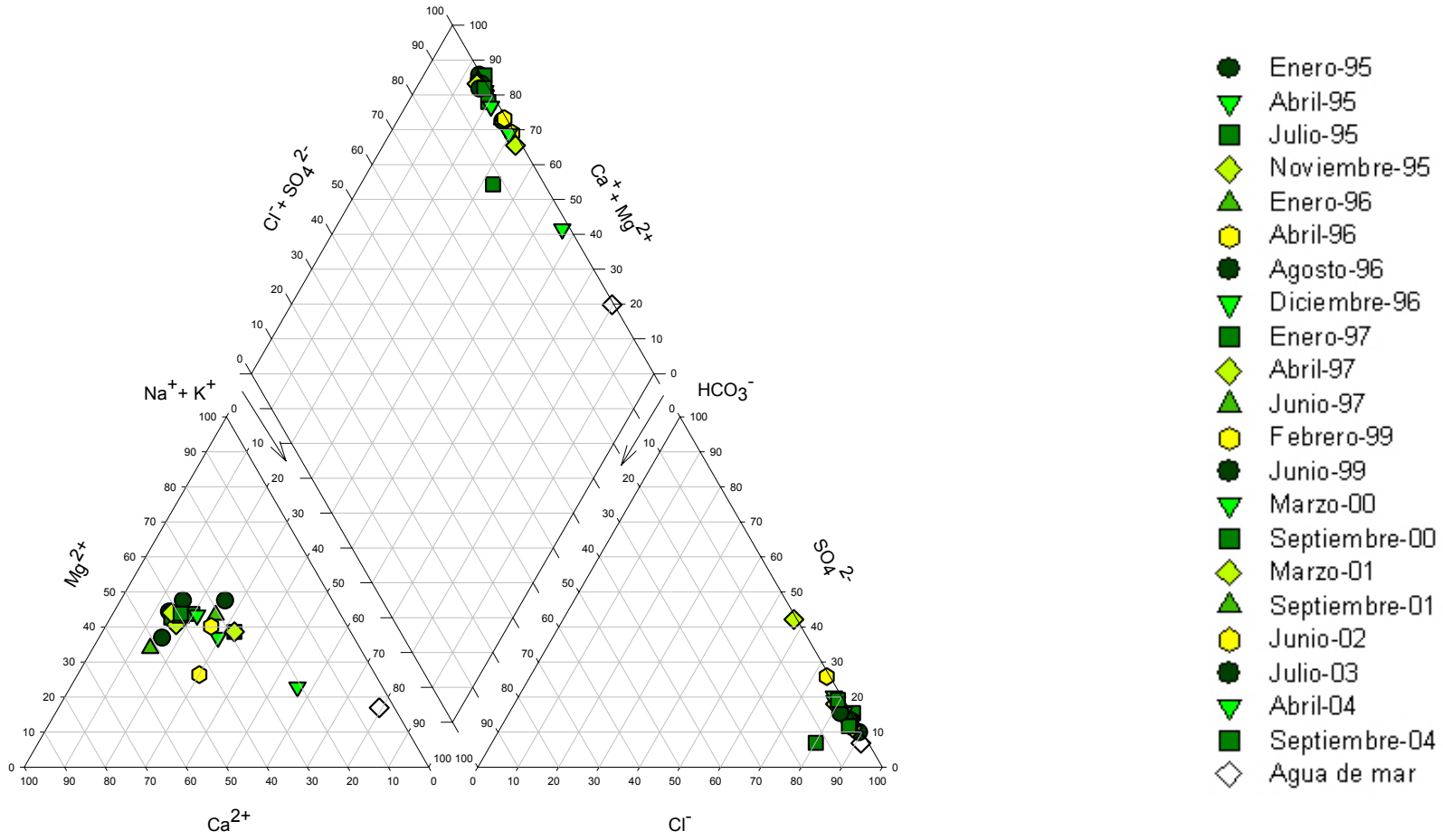


Figura A4.3.16.- Diagrama Piper de los registros del Pozo 16 comparado con el agua de mar.

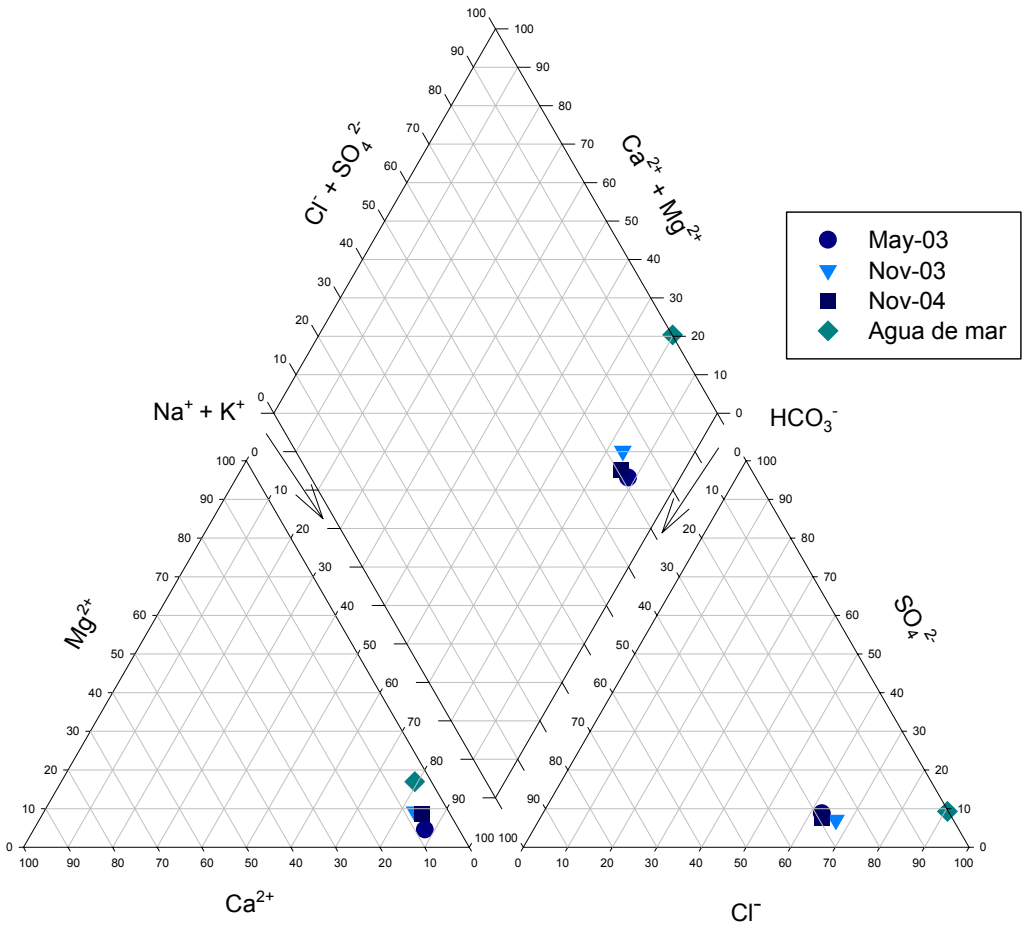


Figura A4.3.17.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-1 comparado con el agua de mar.

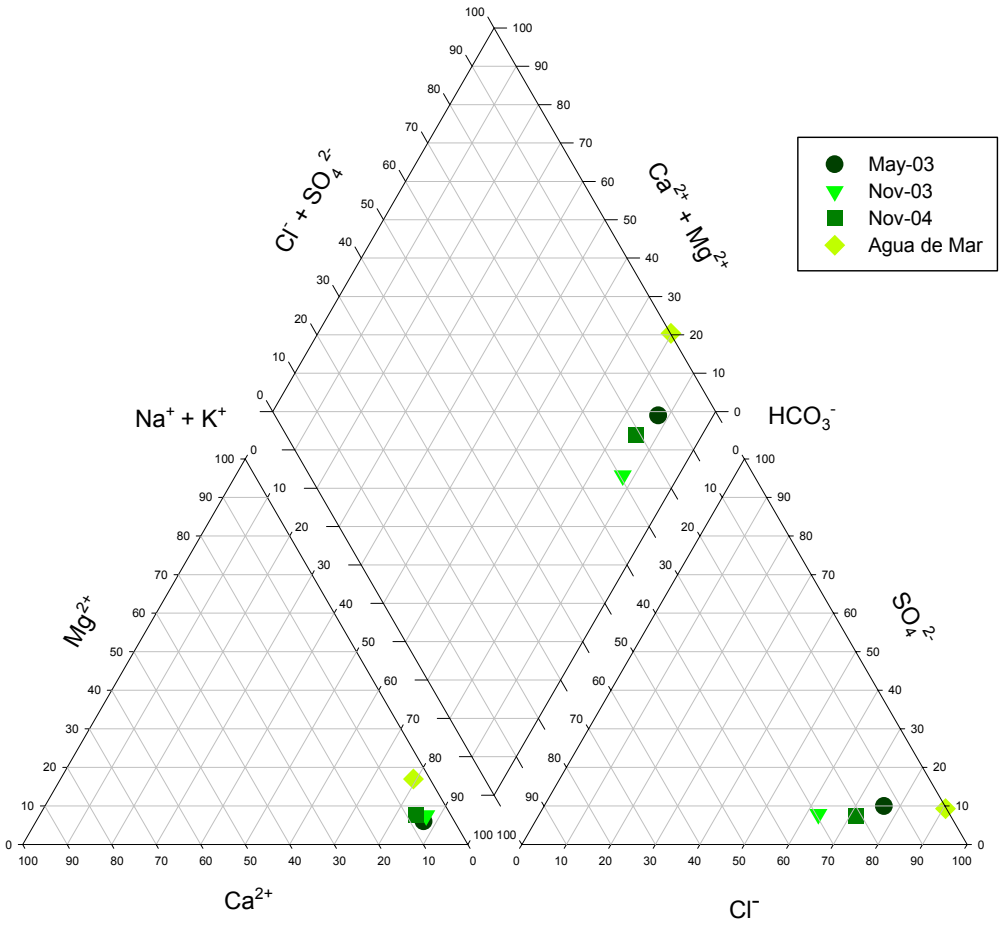


Figura A4.3.18.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-2 comparado con el agua de mar.

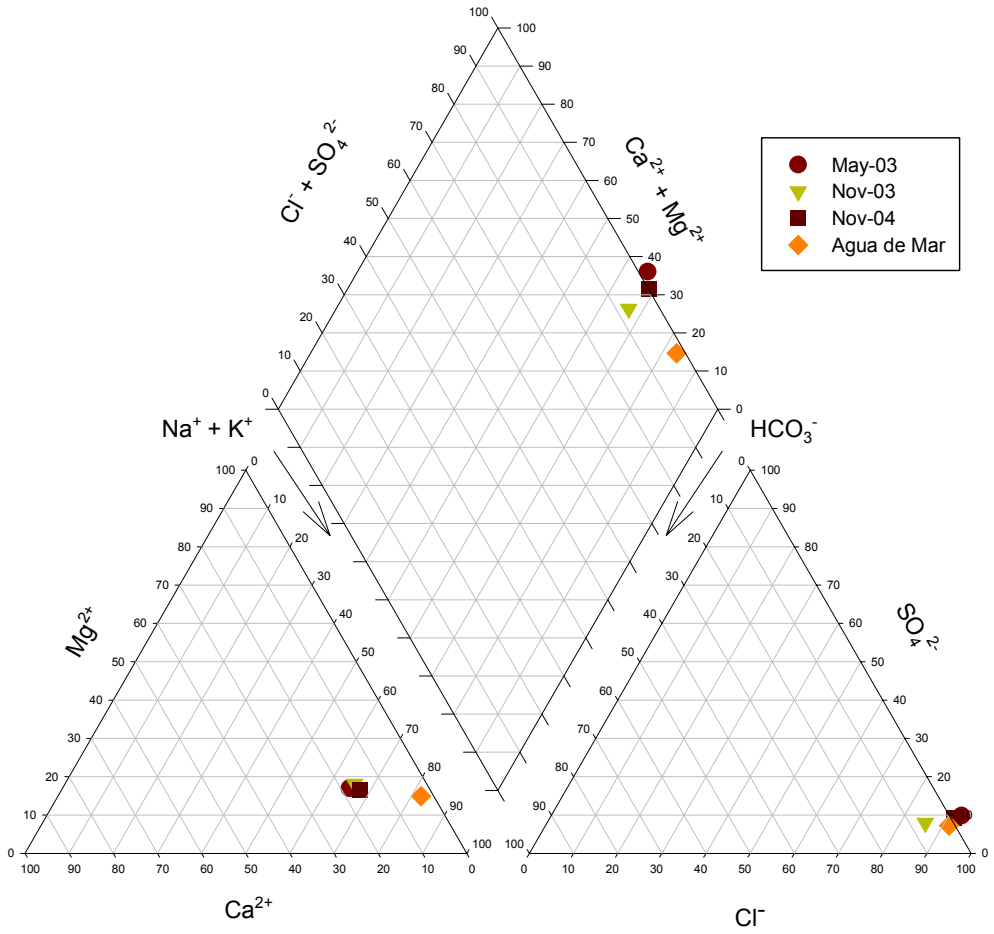


Figura A4.3.19.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-3 comparado con el agua de mar.

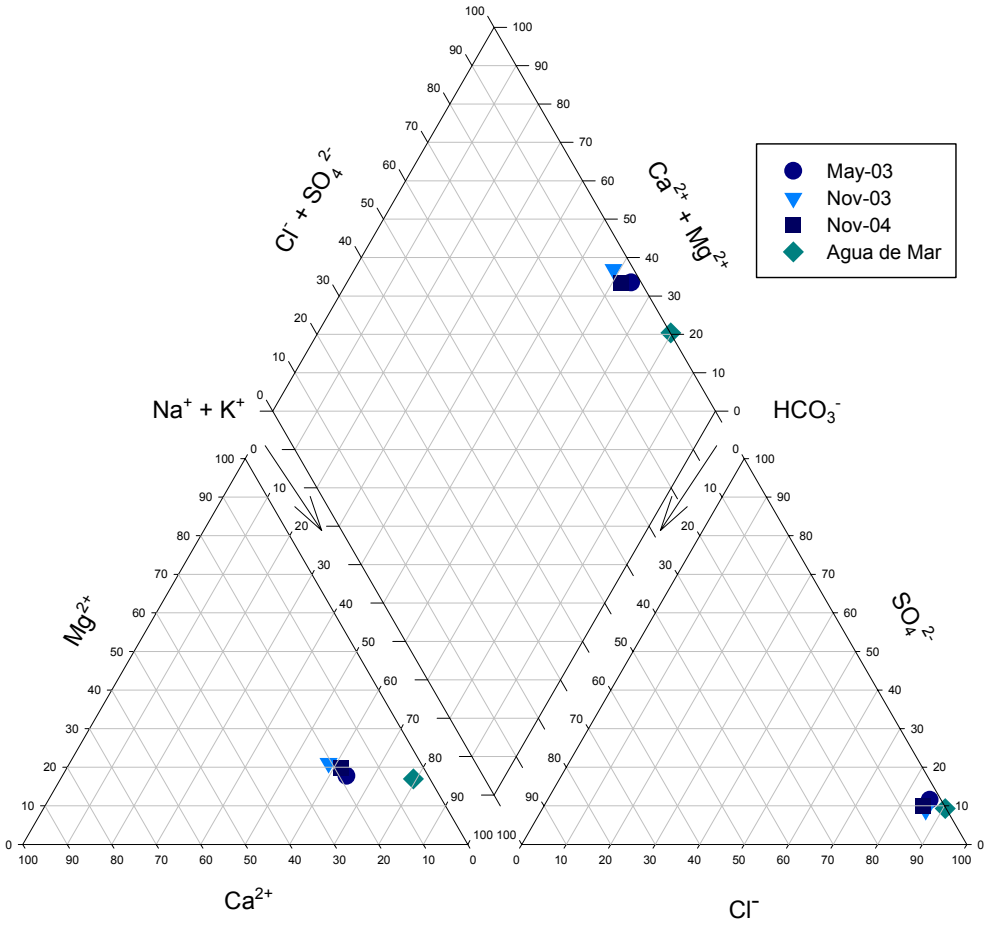


Figura A4.3.20.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-7 comparado con el agua de mar.

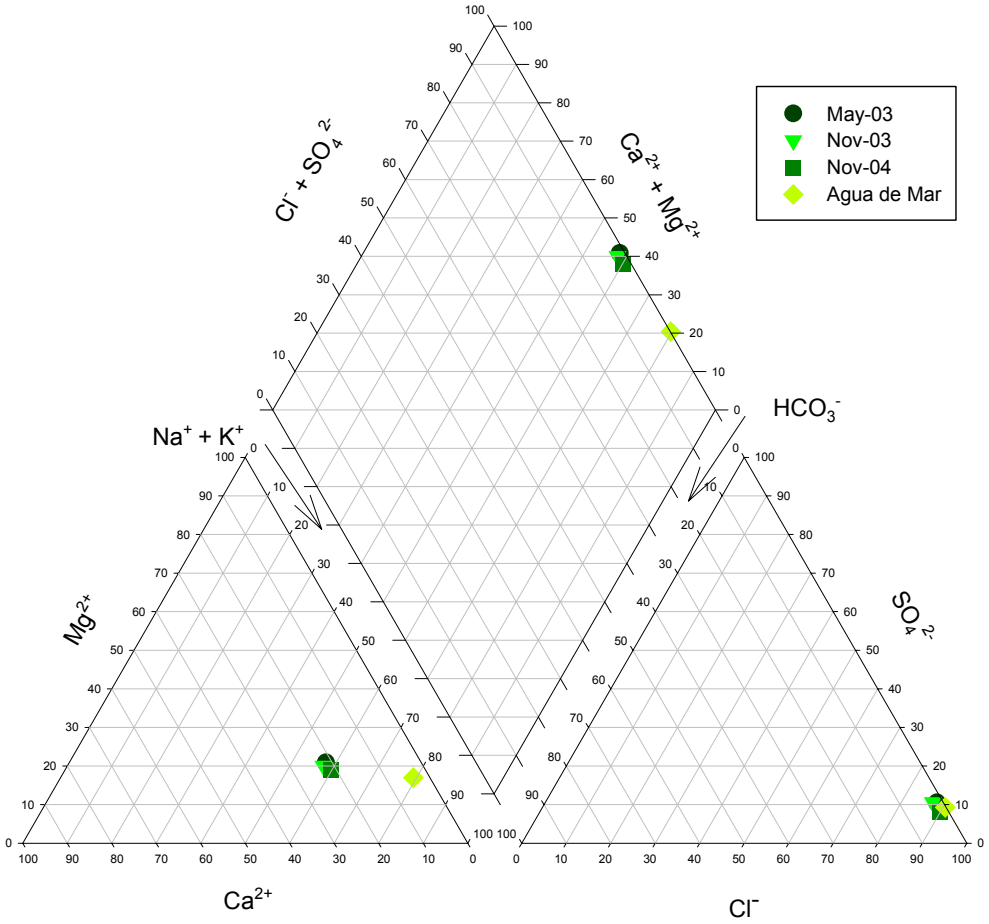


Figura A4.3.21.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-12 comparado con el agua de mar.

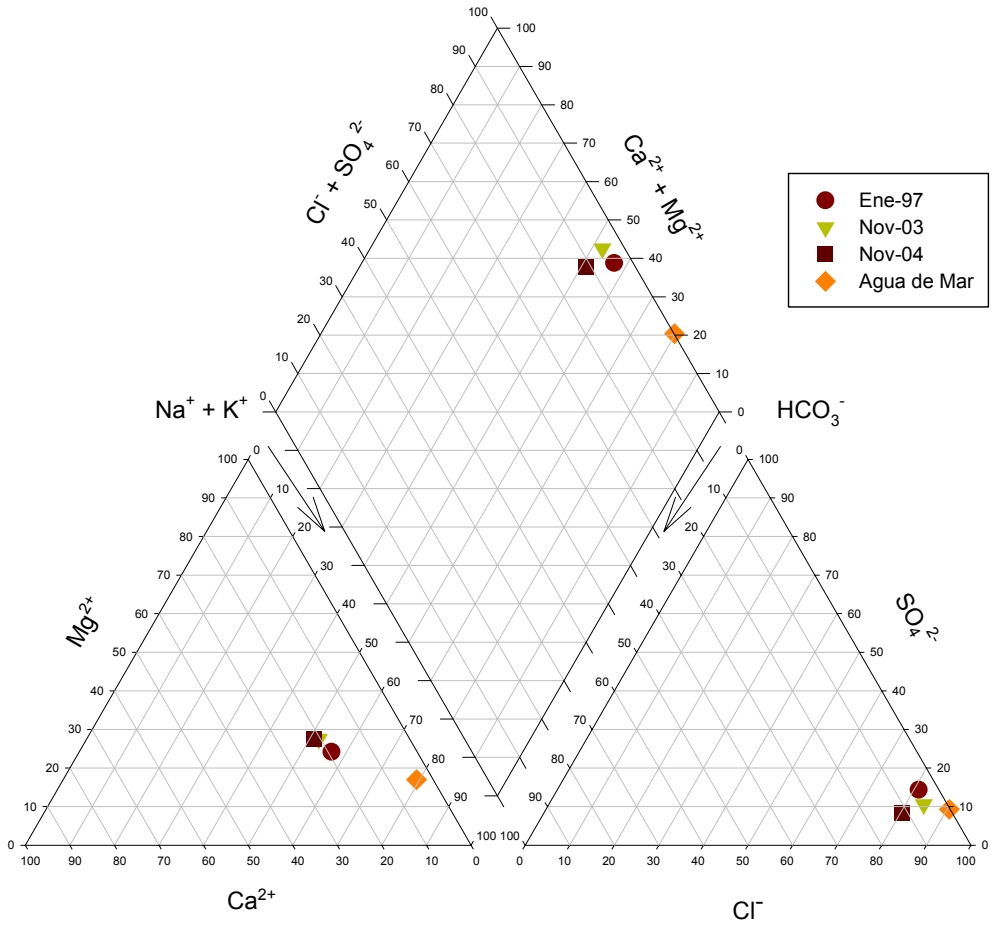


Figura A4.3.22.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-16 comparado con el agua de mar.

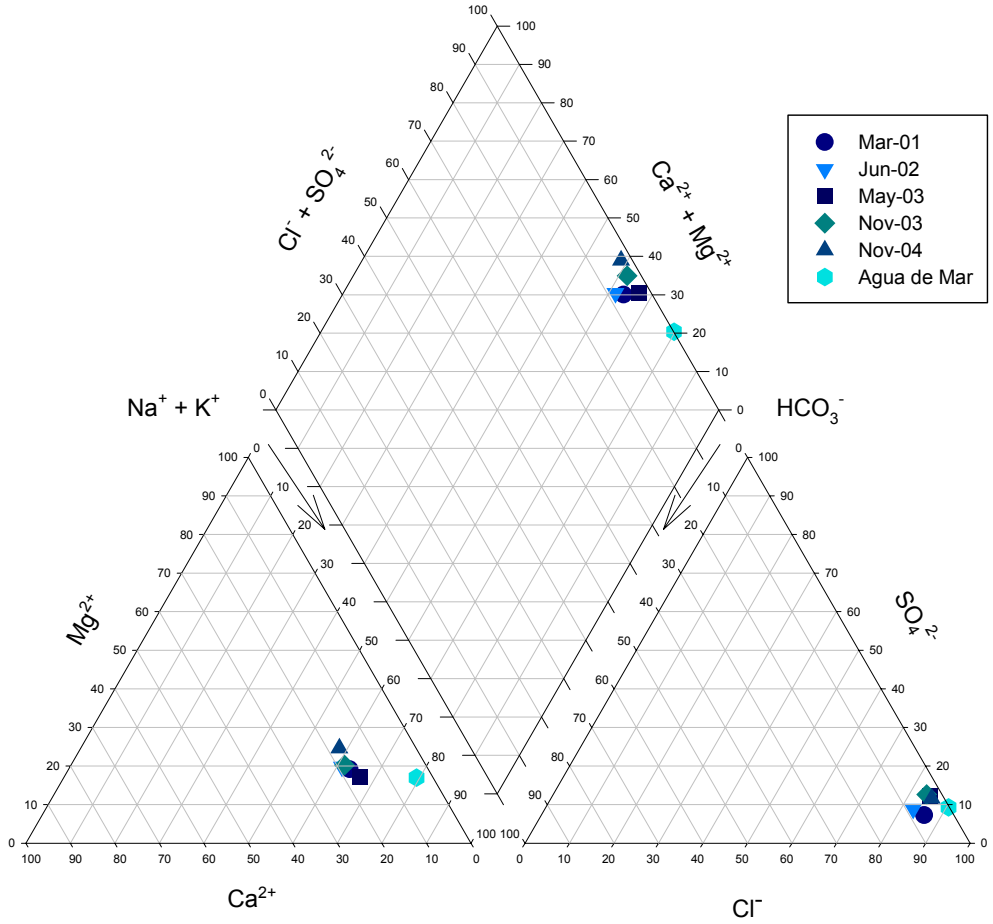


Figura A4.3.23.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-22 comparado con el agua de mar.

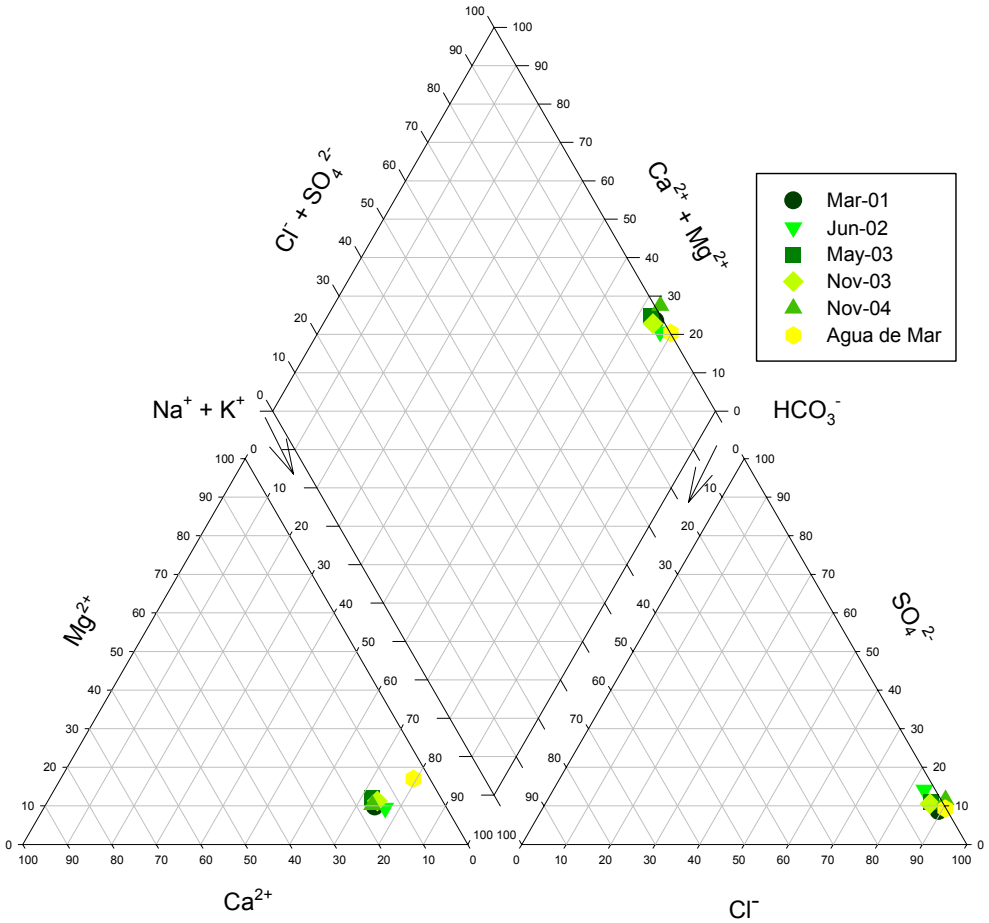


Figura A4.3.24.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-27 comparado con el agua de mar.

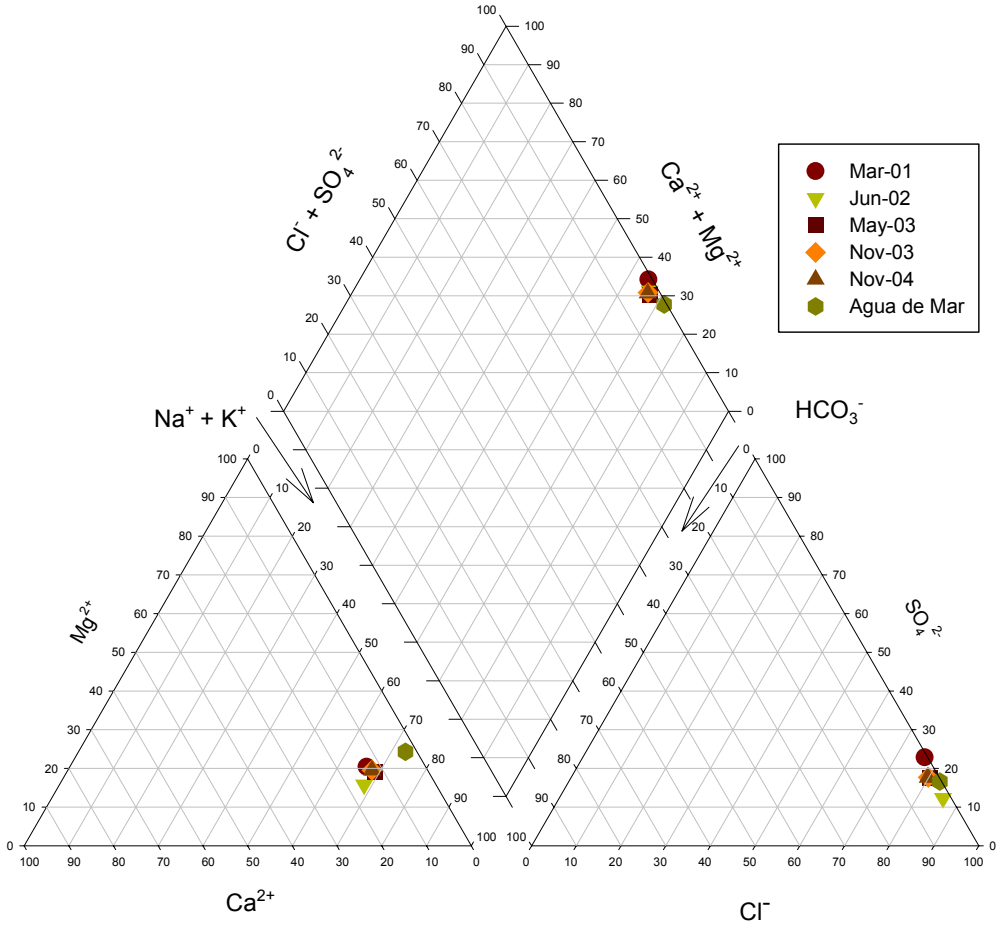


Figura A4.3.25.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-28 comparado con el agua de mar.

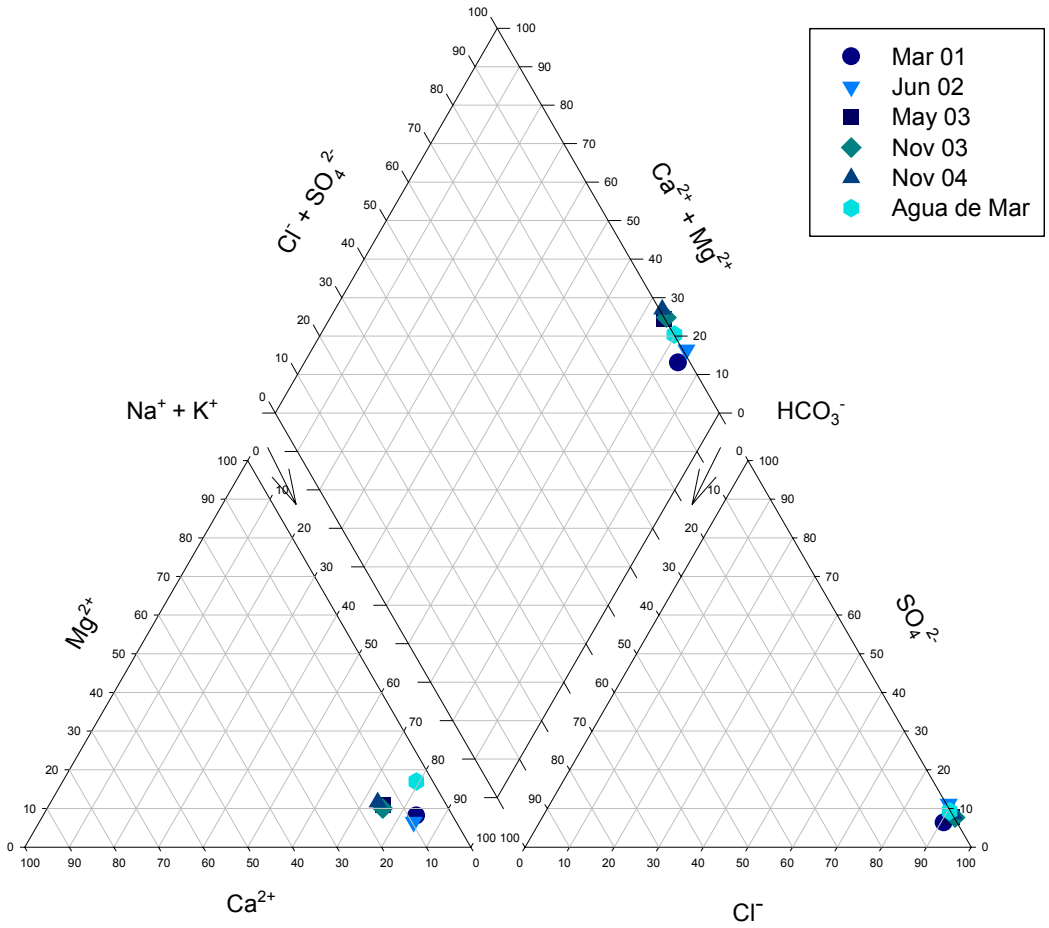


Figura A4.3.26.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-30 comparado con el agua de mar.

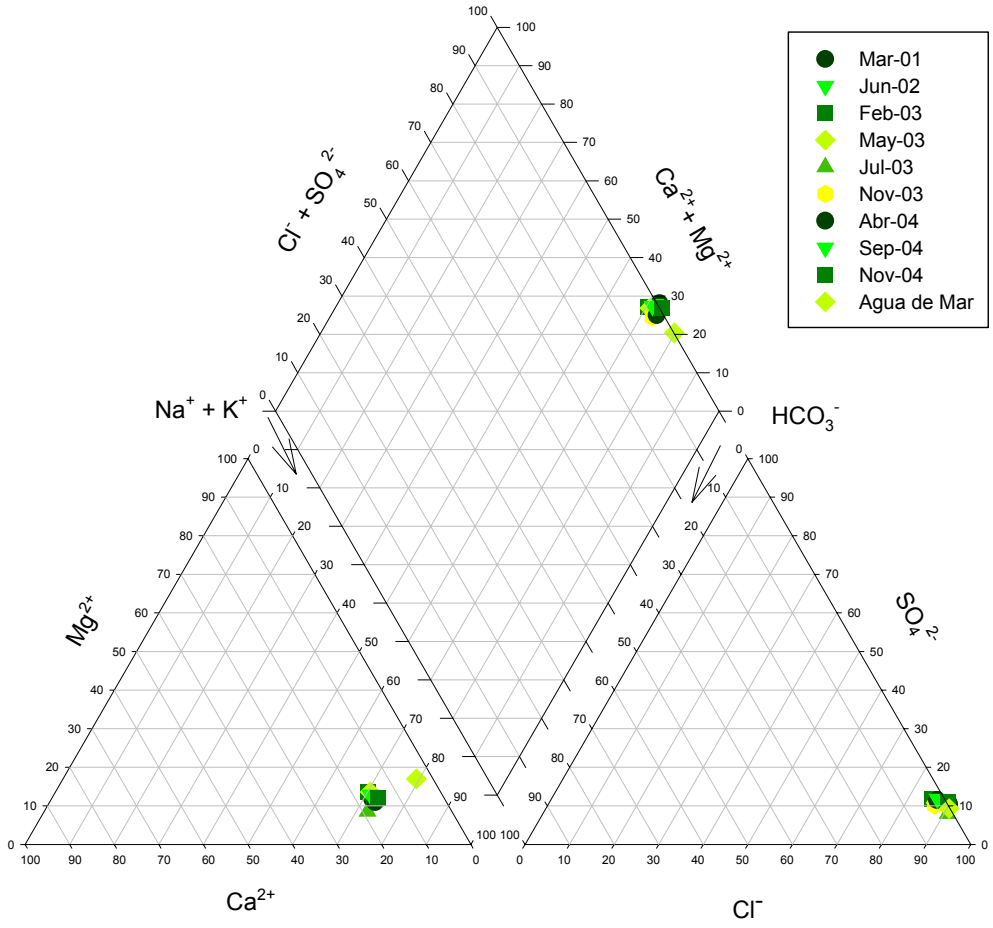


Figura A4.3.27.- Diagrama Piper de los registros del Sondeo S-32 comparado con el agua de mar.

A4.4. DIAGRAMAS STIFF

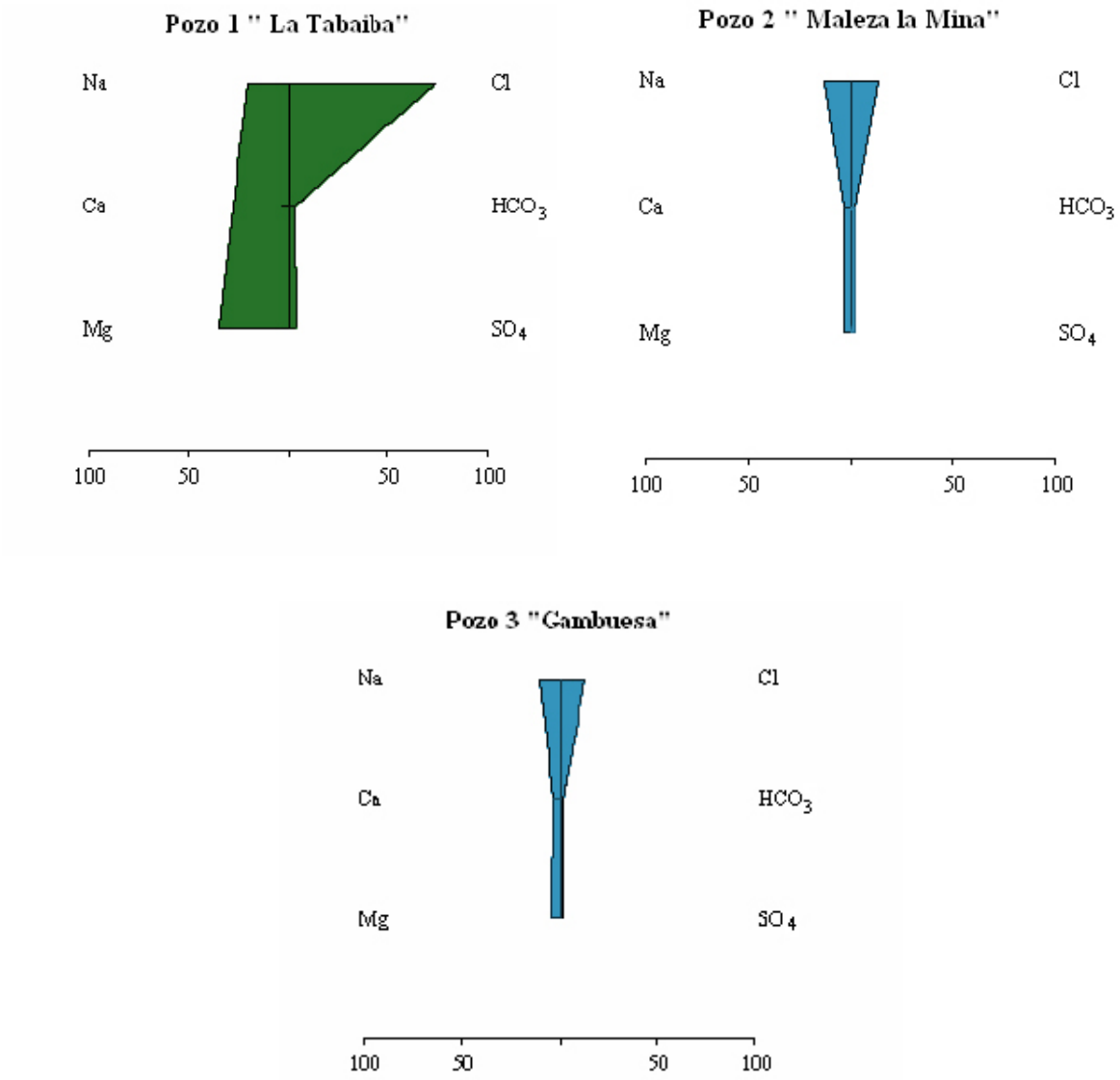


Figura A4.4.1.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios del Pozo 1, Pozo 2 y Pozo 3 (en meq/L).

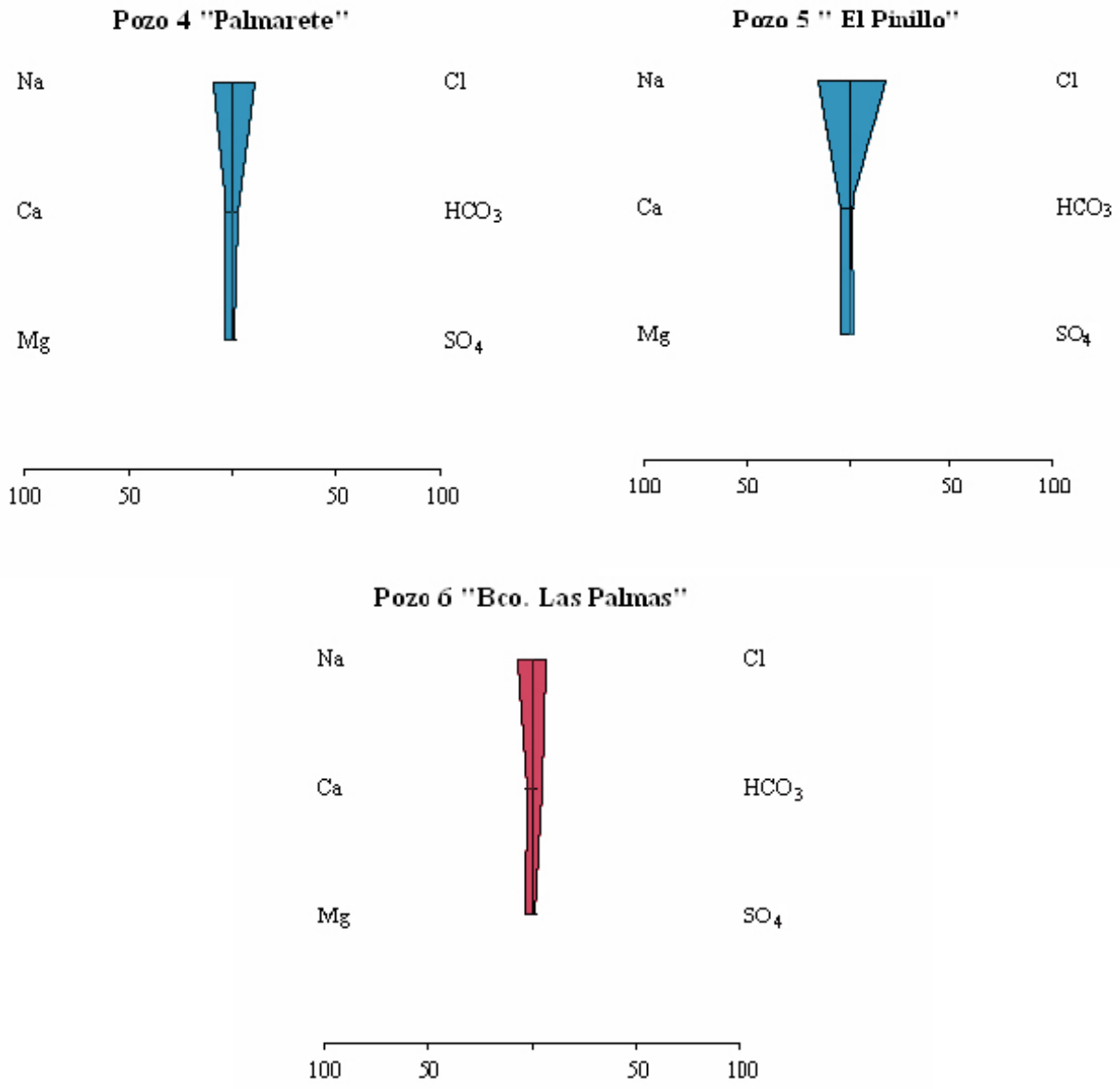


Figura A4.4.2.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios del Pozo 4, Pozo 5 y Pozo 6 (en meq/L).

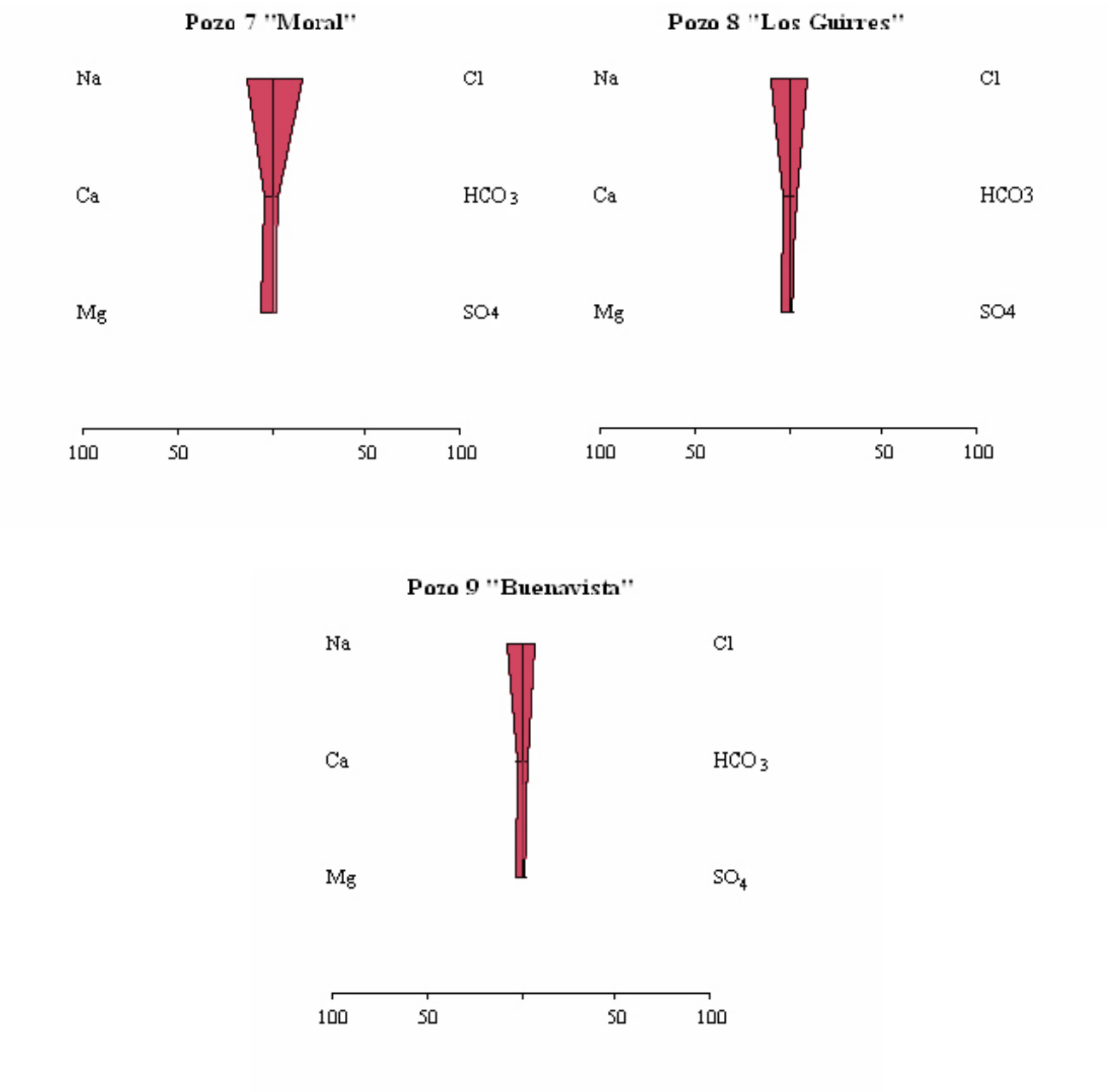
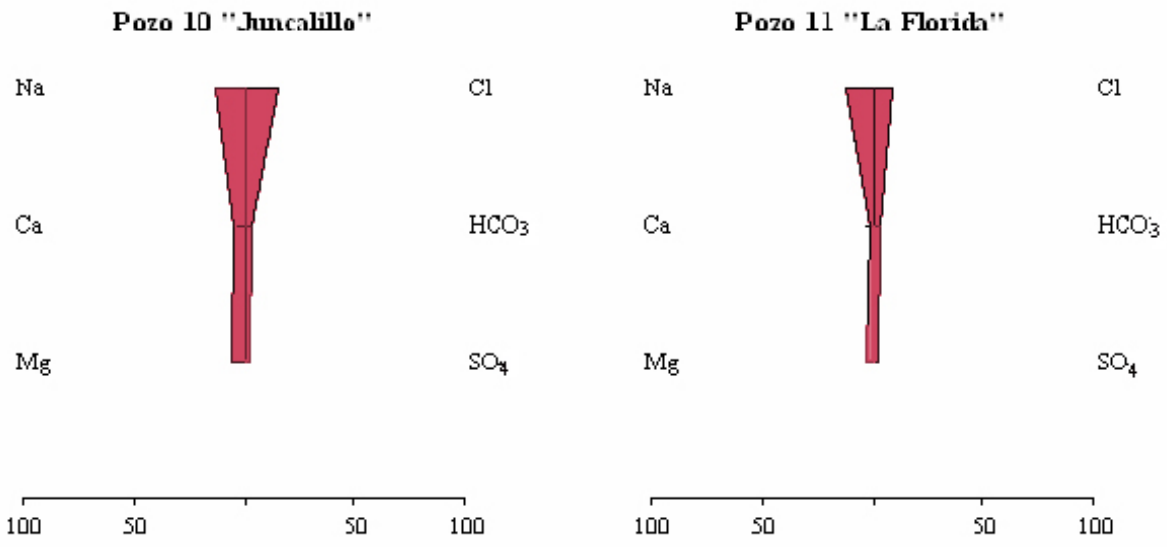


Figura A4.4.3.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios del Pozo 7, Pozo 8 y Pozo 9 (en meq/L).



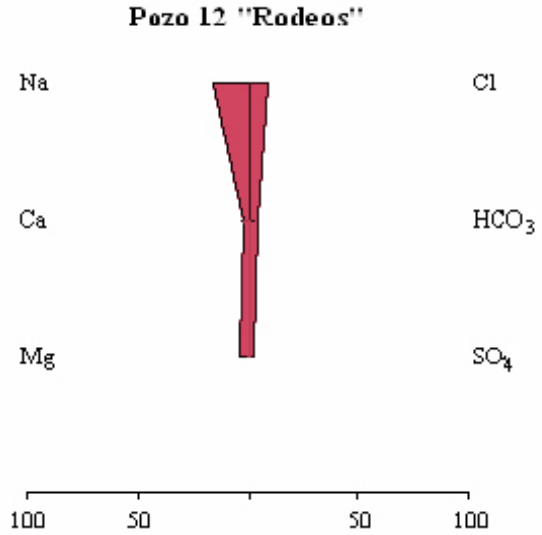
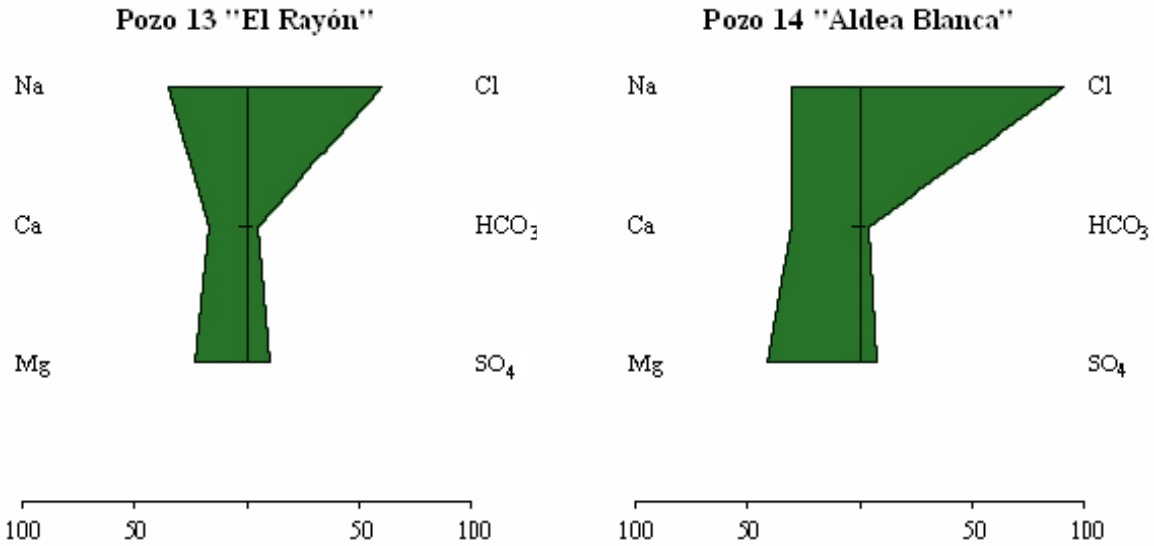


Figura A4.4.4.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios del Pozo 10, Pozo 11 y Pozo 12 (en meq/L).



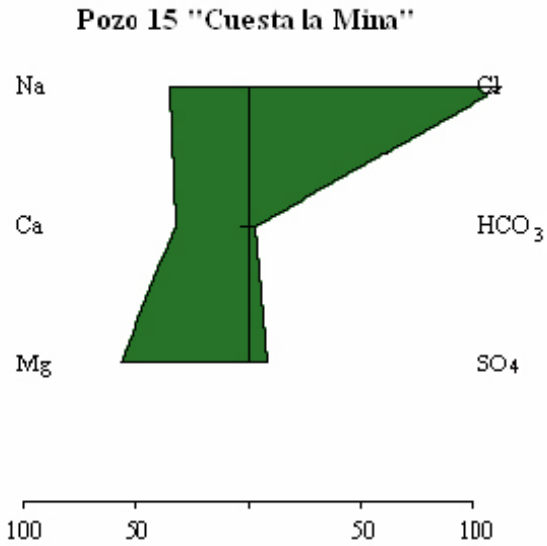


Figura A4.4.5.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios del Pozo 13, Pozo 14 y Pozo 15 (en meq/L).

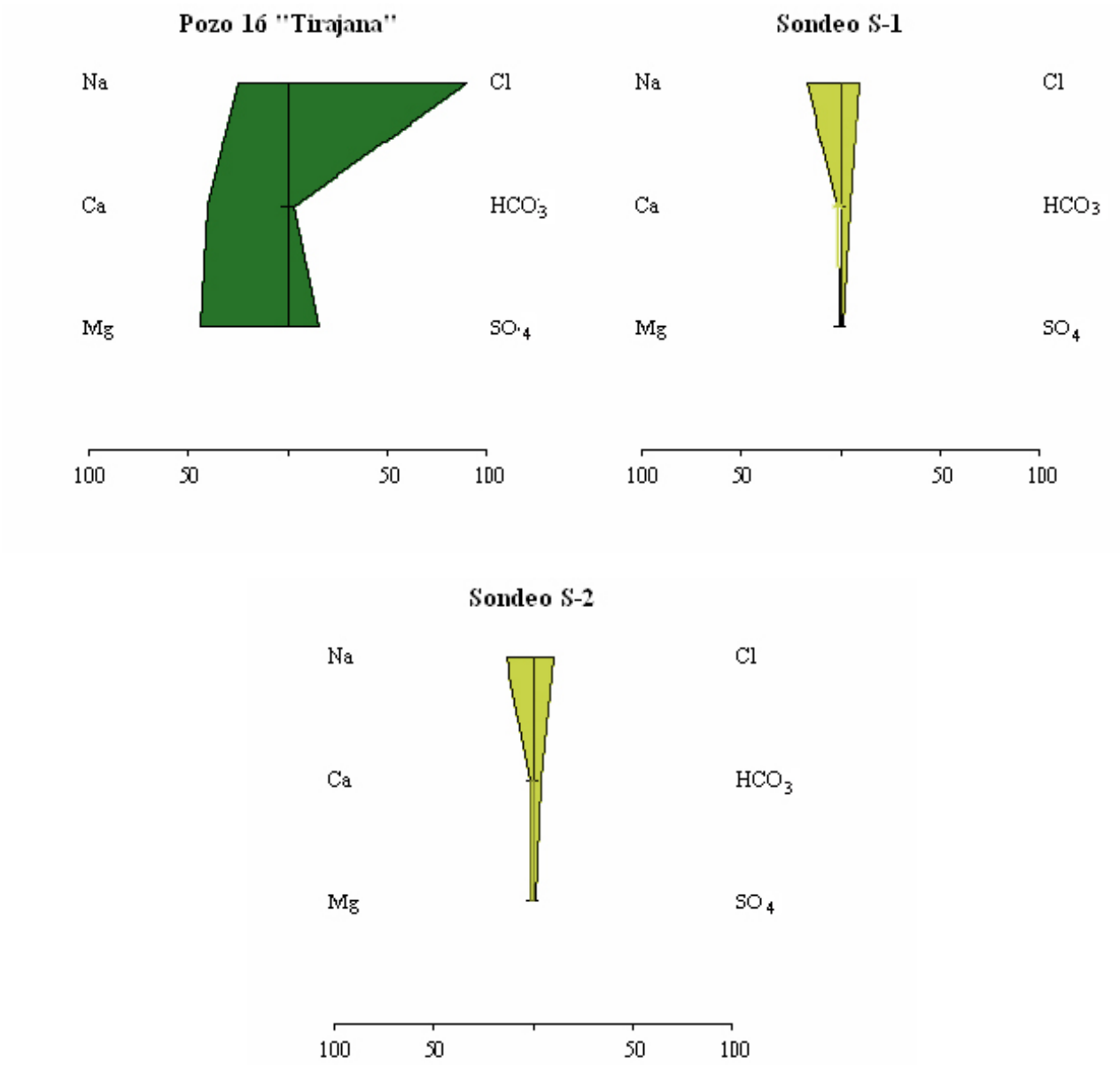


Figura A4.4.6.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios del Pozo 16, Sondeo S-1 y Sondeo S-2 (en meq/L).

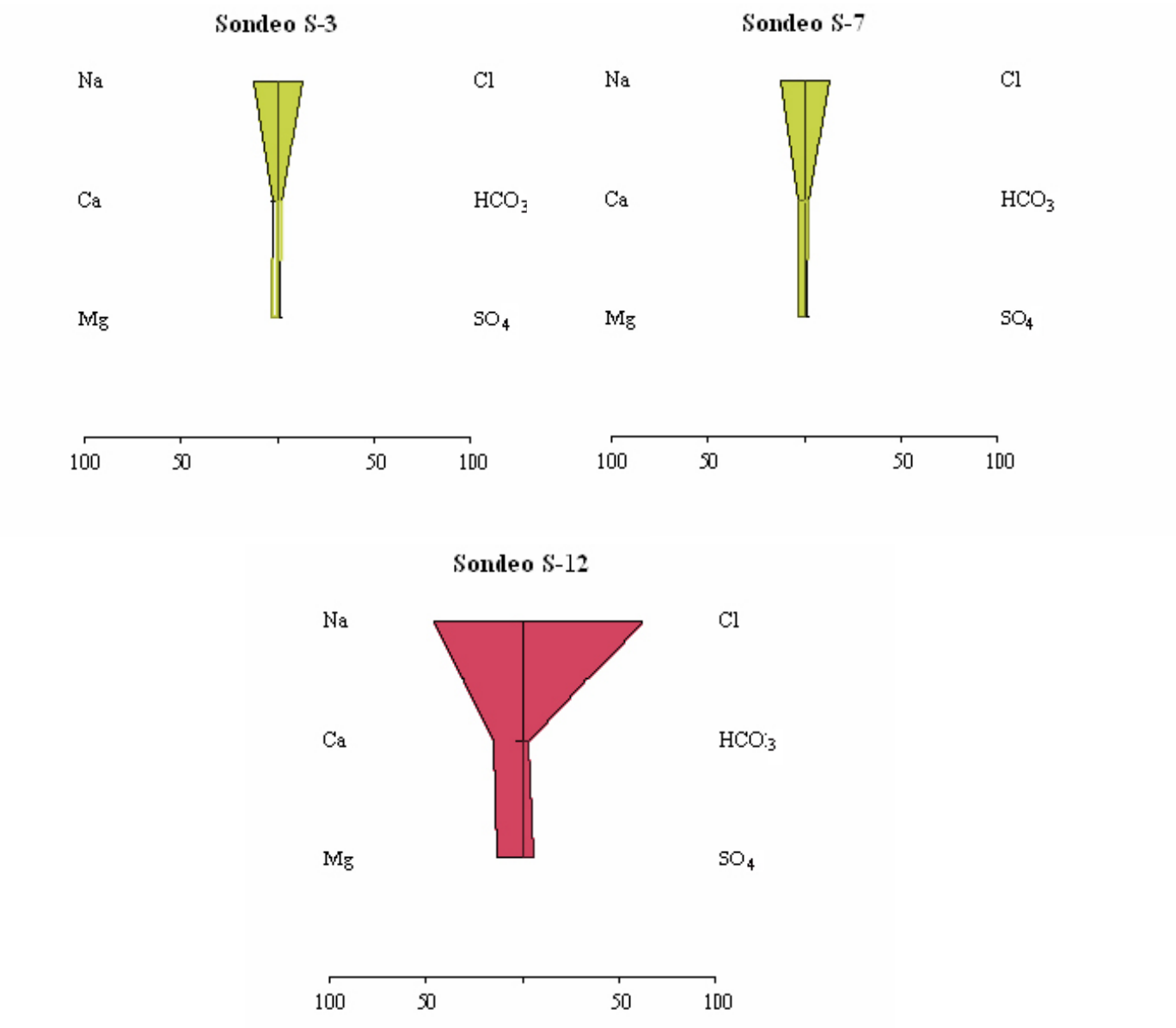


Figura A4.4.7.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios del Sondeo S-3, Sondeo S-7 y Sondeo S-12 (en meq/L).

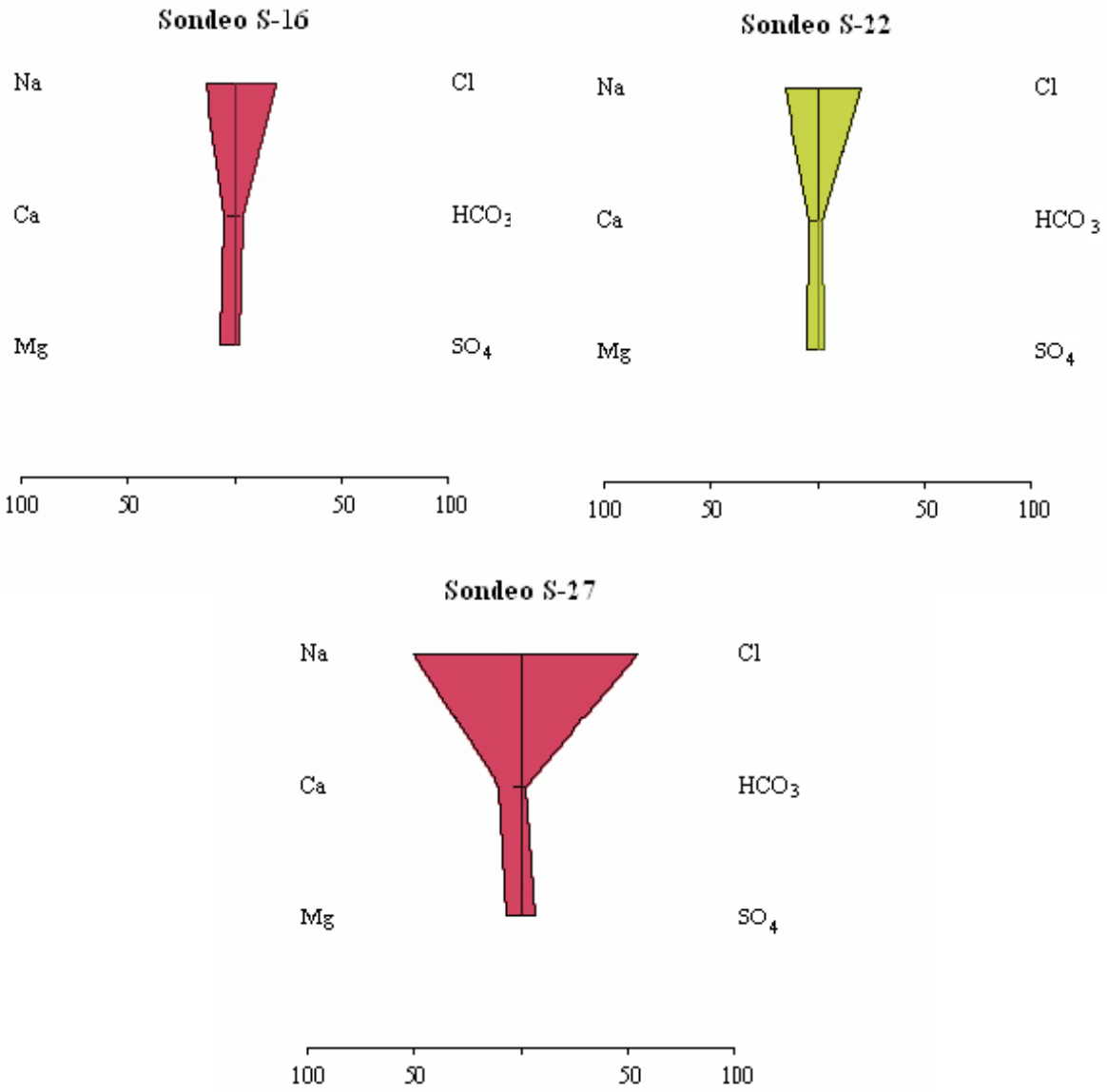


Figura A4.4.8.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios del Sondeo S-16, Sondeo S-22 y Sondeo S-27(en meq/L).

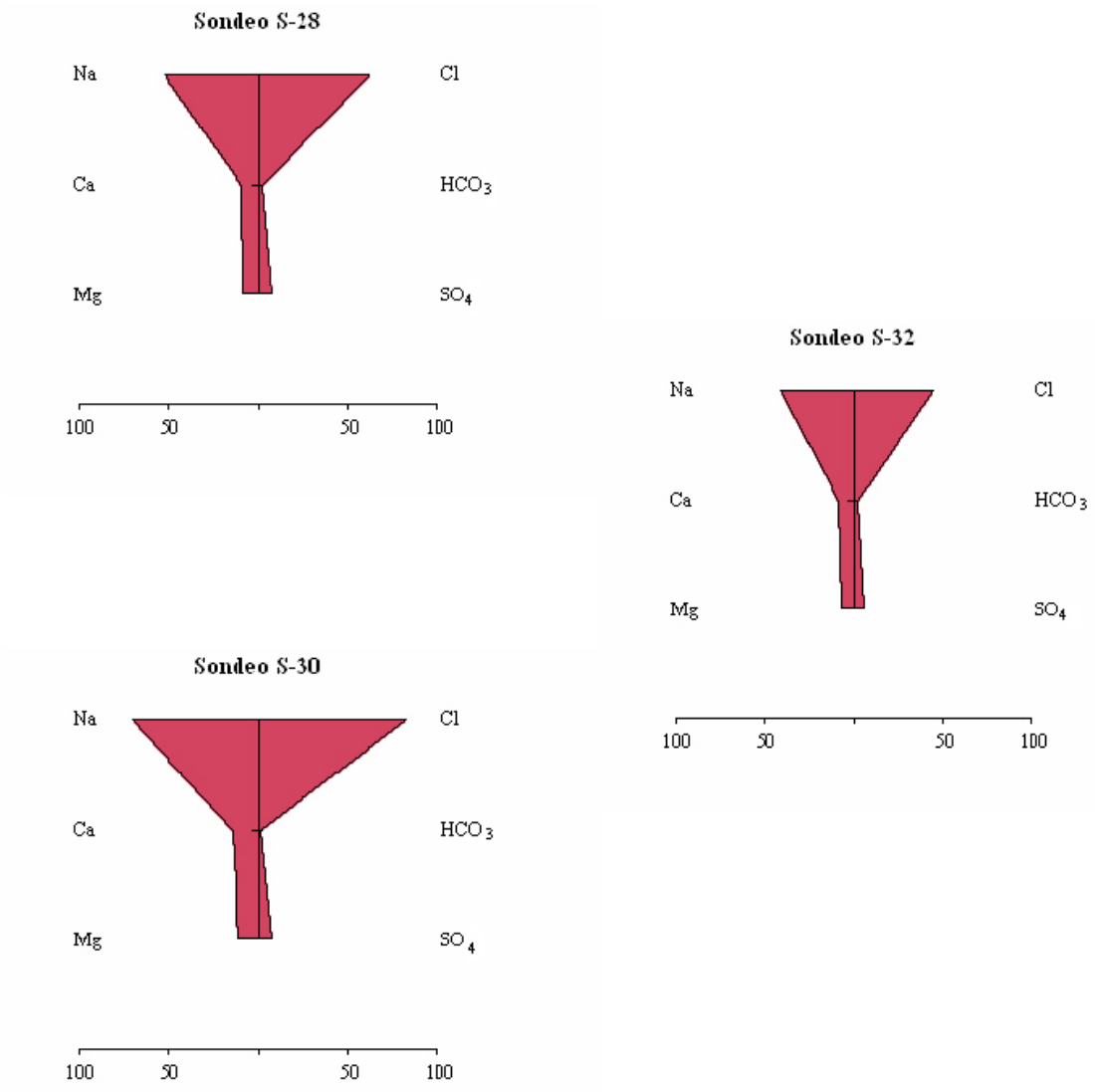


Figura A4.4.9.- Diagramas Stiff de las concentraciones medias de los iones mayoritarios de los Sondeos S-28, S-30 y S-32 (en meq/L).

A4.5. FAMILIAS HIDROQUÍMICAS

1994-2004

En las Tablas A4.5.1 a A4.5.4 se detallan las familias hidroquímicas de cada una de las muestras analizadas en los años de estudio, observándose los cambios temporales que se han dado.

Tabla A4.5.1.- Familias Hidroquímicas de los pozos estudiados en los años 1994, 1995,1996, 1997 y 1999.

Nombre	Nº Expte.	1994	1995	1996	1997	1999
Pozo 1	2466-TP	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Ca-Mg
Pozo 2	5846-TP	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na-Mg
Pozo 3	5847-TP	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg
Pozo 4	5845-TP	Cl-Na	Cl-Na-Ca	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na
Pozo 5	5806-TP	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na
Pozo 6	0060-TP	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3
Pozo 7	0407-TP	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg
Pozo 8	5558-TP	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3
Pozo 9	6029-TP	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3
Pozo 10	0184-TP	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg
Pozo 11	5552-TP	Cl-Na	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3
Pozo 12	3478-TP	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3
Pozo 13	0217-TP	Cl-Na	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg
Pozo 14	0356-TP	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg
Pozo 15	2321-TP	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg
Pozo 16	3103-TP	-	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Ca-Mg

Tabla A4.5.2.- Familias Hidroquímicas de los pozos de Amurga en los años 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.

Nombre	Nº Expte.	2000	2001	2002	2003	2004
Pozo 1	2466-TP	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Ca-Mg	-	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg
Pozo 2	5846-TP	Cl-Na	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na
Pozo 3	5847-TP	Cl-Na-Mg	Cl-Na	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca
Pozo 4	5845-TP	Cl-Na	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na	Cl-Na-Ca	Cl-Na-Mg
Pozo 5	5806-TP	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na
Pozo 6	0060-TP	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3
Pozo 7	0407-TP	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg
Pozo 8	5558-TP	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3
Pozo 9	6029-TP	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Mg-HCO_3
Pozo 10	0184-TP	Cl-Na-Mg-HCO_3	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg
Pozo 11	5552-TP	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na-HCO_3
Pozo 12	3478-TP	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3	Cl-Na-HCO_3
Pozo 13	0217-TP	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg	Cl-Na-Mg
Pozo 14	0356-TP	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg
Pozo 15	2321-TP	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg
Pozo 16	3103-TP	Cl-Ca-Mg	Cl-Ca-Mg	Cl-Na-Ca-Mg-SO_4	Cl-Ca-Mg	Cl-Ca-Mg

Tabla A4.5.3.- Familias Hidroquímicas de los sondeos de Amurga.

Nombre	Ene 97	Mar 01	Jun 02	Feb 03	May 03	Jul 03	Nov 03	Abr 04	Sep 04	Nov 04
S-1					Cl-Na-HCO_3		Cl-Na-HCO_3			Cl-Na-HCO_3
S-2					Cl-Na		Cl-Na-HCO_3			Cl-Na-HCO_3
S-3					Cl-Na		Cl-Na			Cl-Na
S-7					Cl-Na		Cl-Na			Cl-Na
S-12					Cl-Na-Ca-Mg		Cl-Na-Ca			Cl-Ca-Mg
S-16	Cl-Na-Mg						Cl-Na-Mg			Cl-Na-Mg
S-22		Cl-Na	Cl-Na		Cl-Na		Cl-Na			Cl-Na
S-27		Cl-Na	Cl-Na		Cl-Na		Cl-Na			Cl-Na
S-28		Cl-Na	Cl-Na		Cl-Na		Cl-Na			Cl-Na
S-30		Cl-Na	Cl-Na		Cl-Na		Cl-Na			Cl-Na
S-32		Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na

A4.6. MAPAS DE ISOLÍNEAS

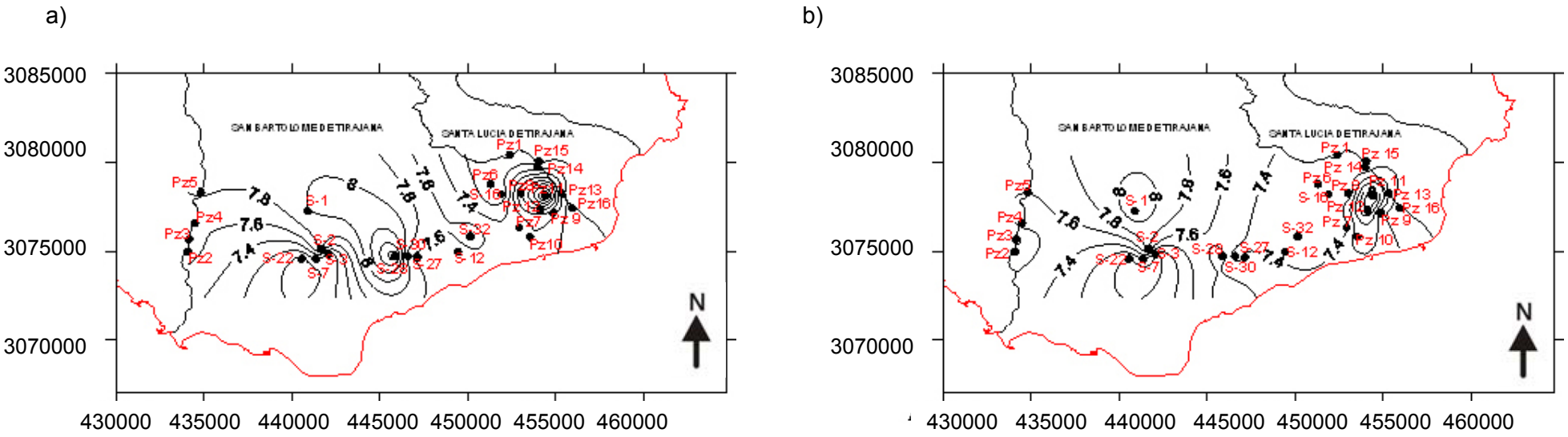


Figura A4.6.1.-Mapas de isolíneas de pH de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994, y b) 2001

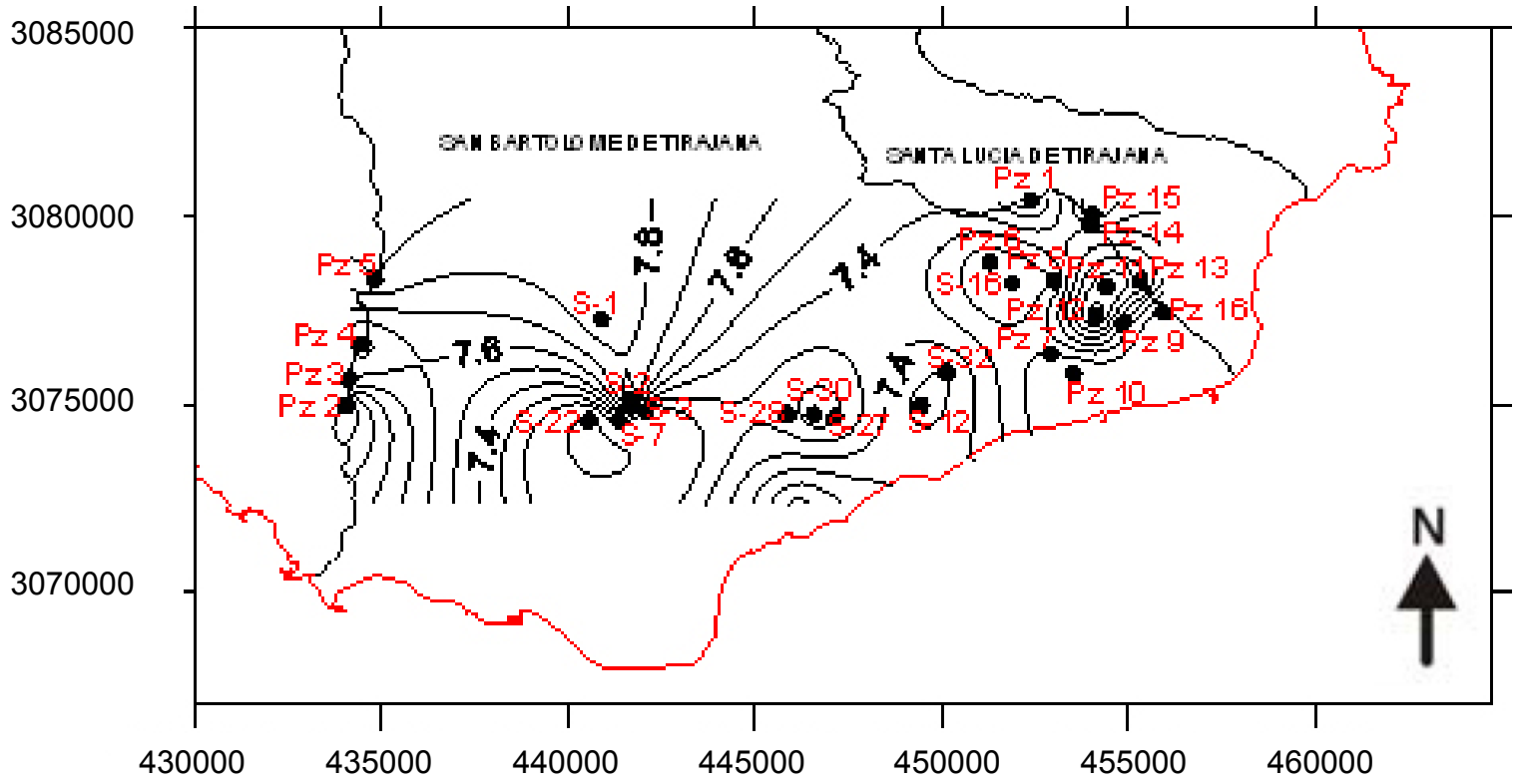


Figura A4.6.1.-Mapas de isolíneas de pH de los pozos y sondeos del área de estudio en 2004 (Cont.)

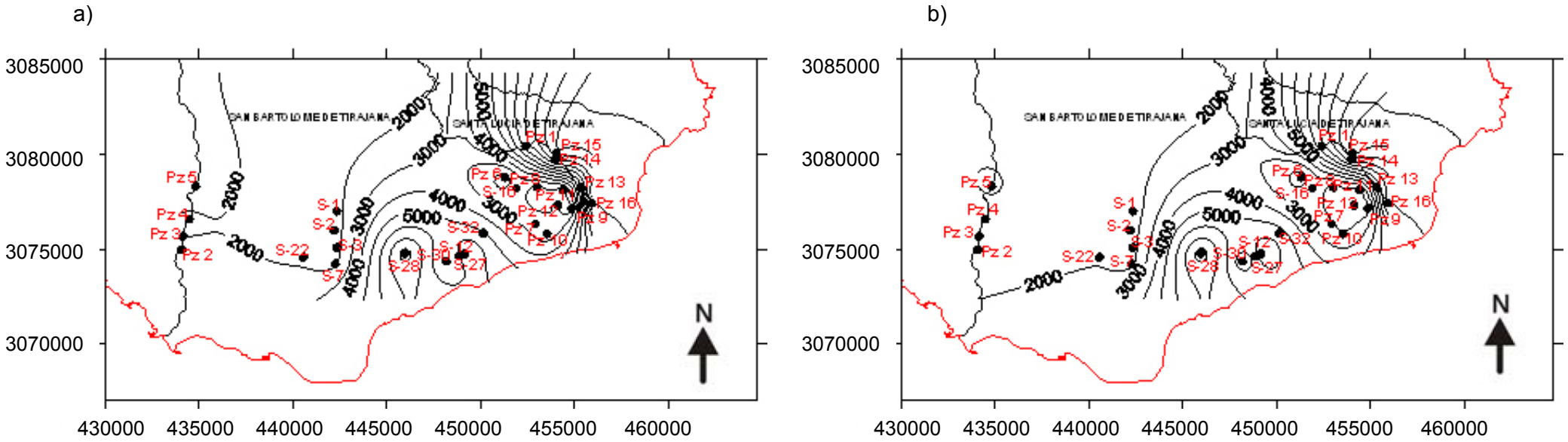


Figura A4.6.2.-Mapas de isolíneas de Conductividad (µS/cm) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001

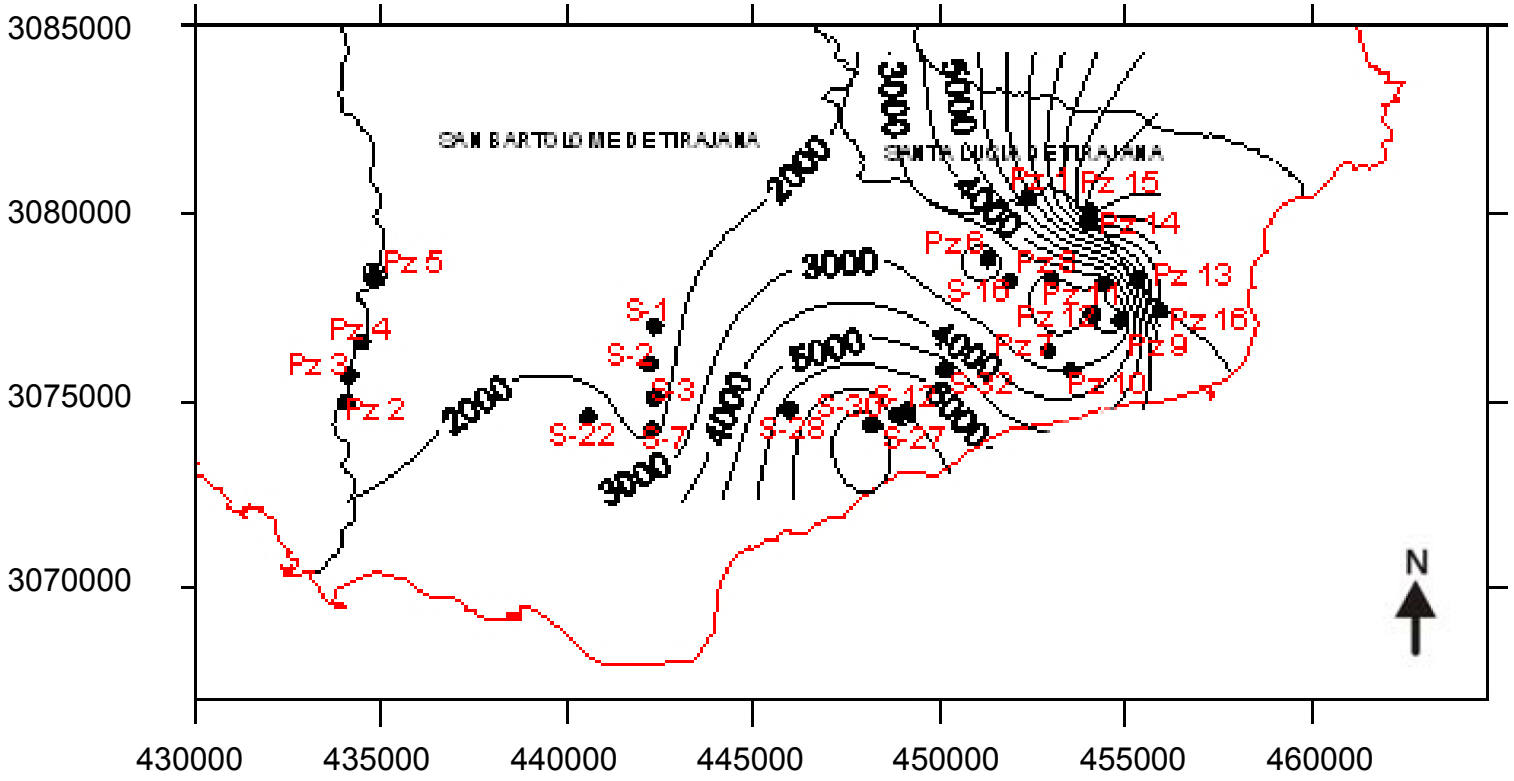
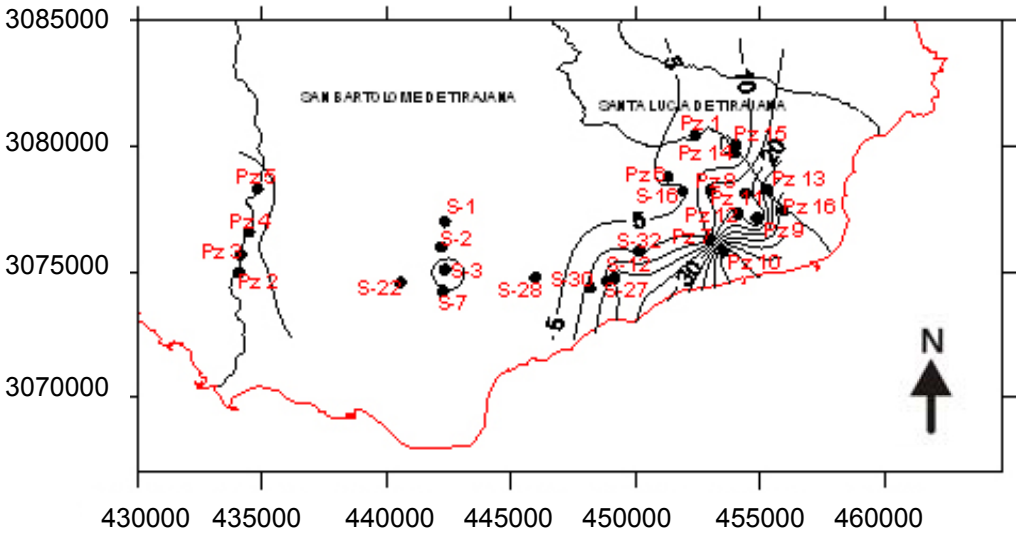


Figura A4.6.2.-Mapa de isolíneas de Conductividad (µS/cm) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

a)



b)

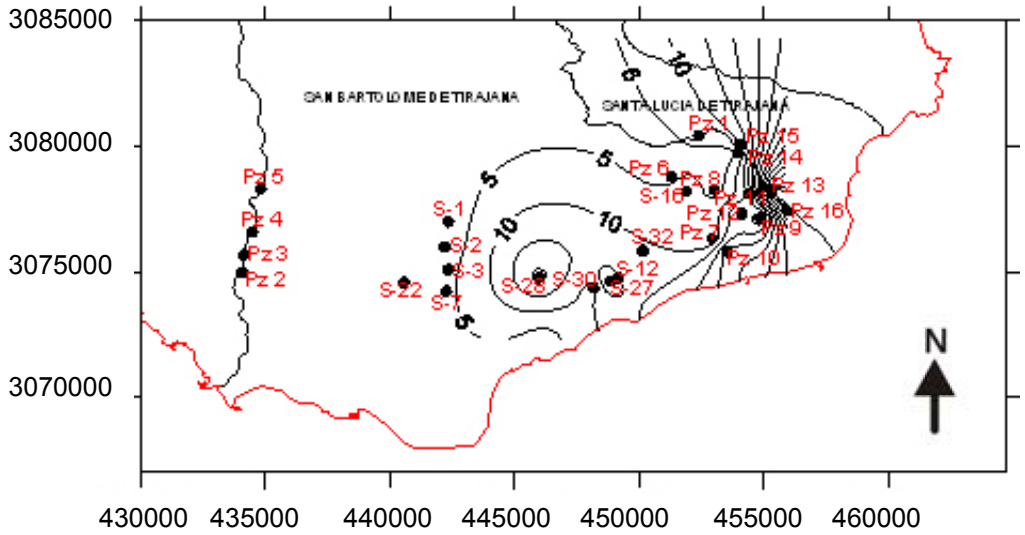


Figura A4.6.3.-Mapas de isolíneas de Nitratos (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001

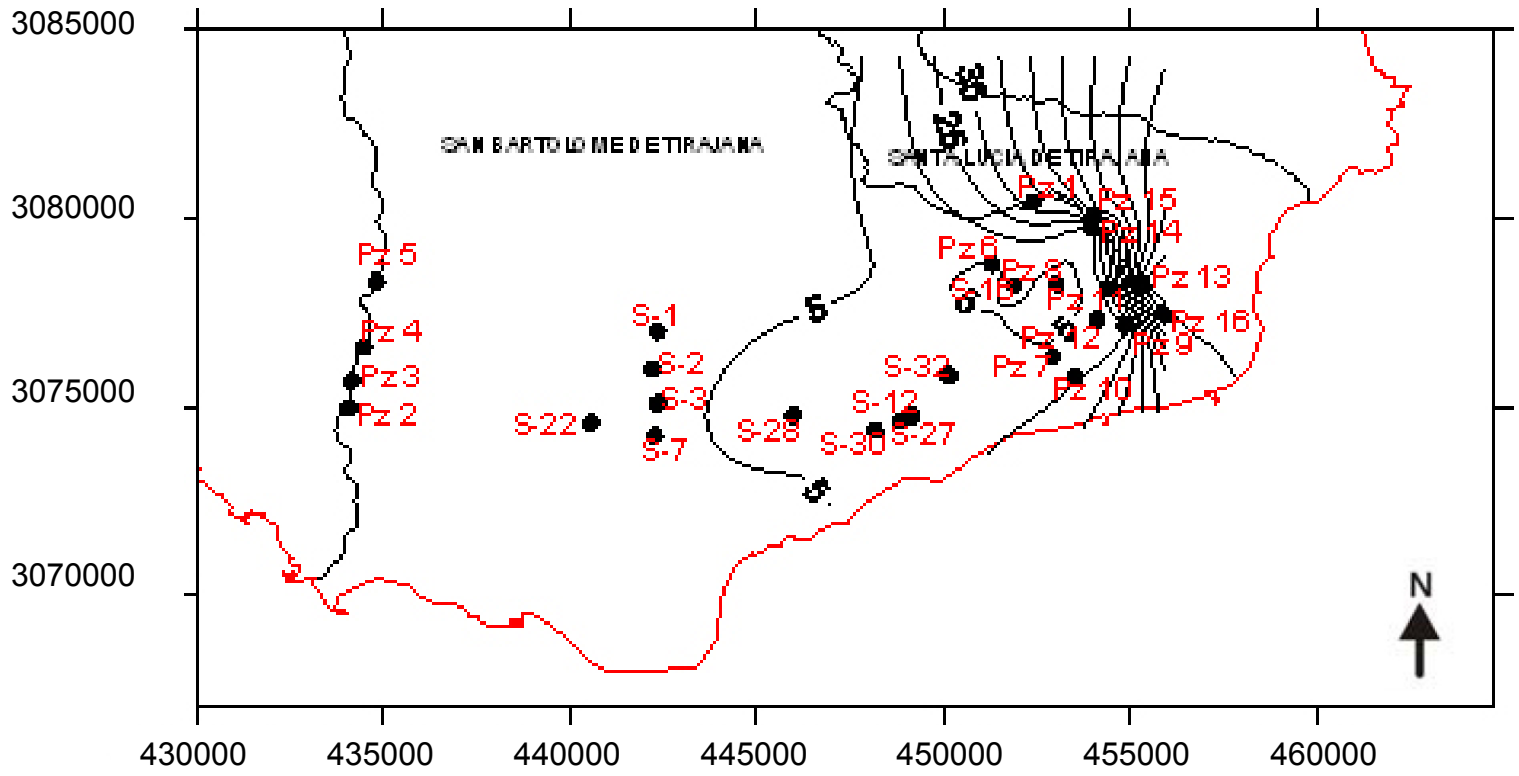


Figura A4.6.3.-Mapa de isolíneas de Nitratos (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

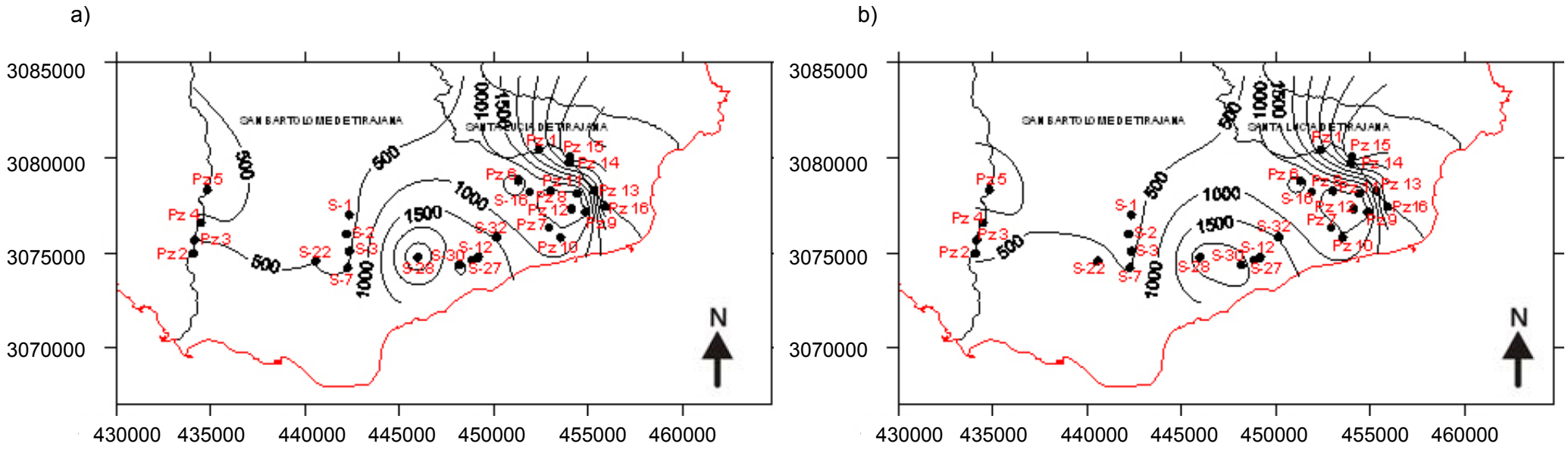


Figura A4.6.4.-Mapas de isolíneas de concentración de Cloruros (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001

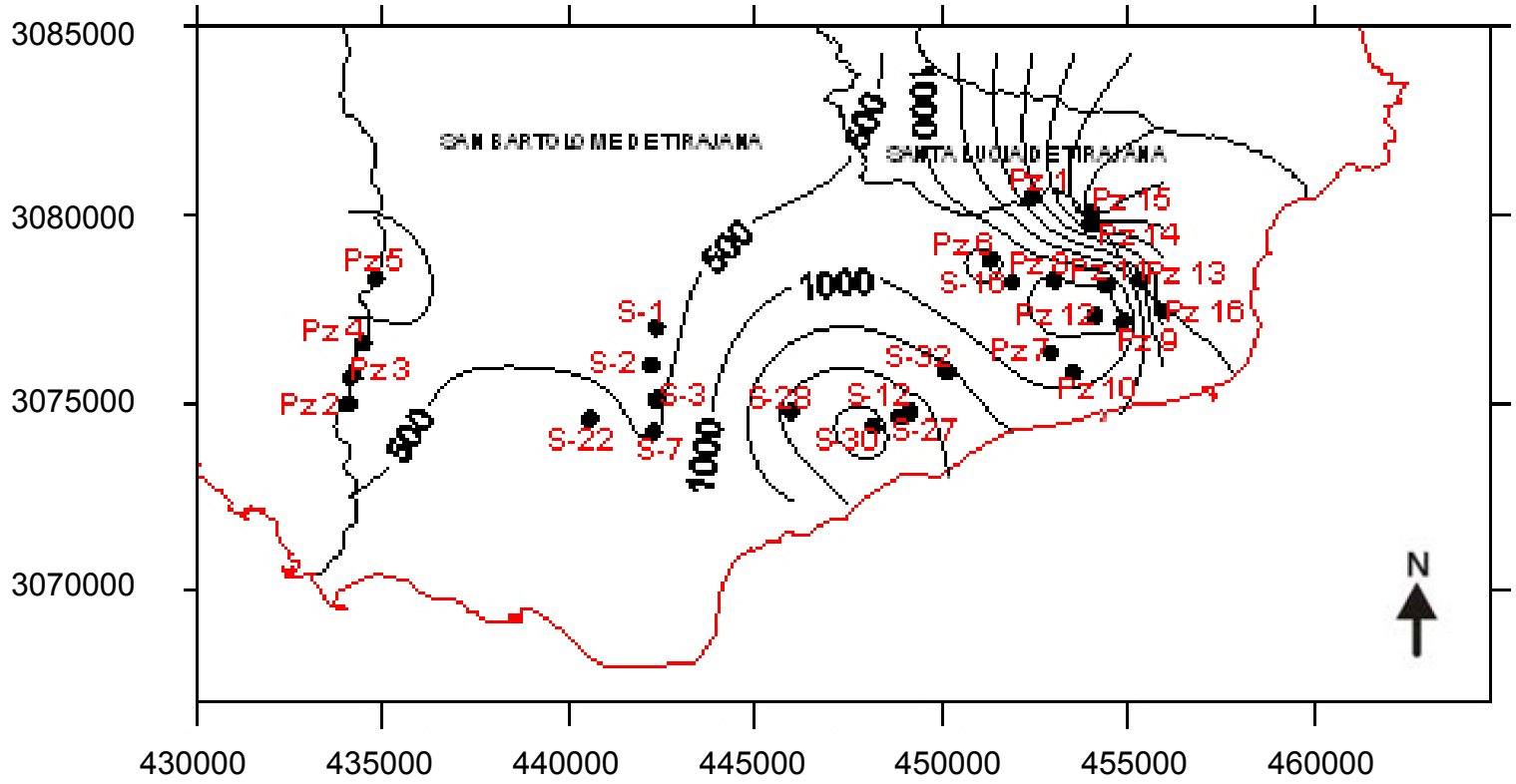


Figura A4.6.4.-Mapa de isolíneas de concentración de Cloruros (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

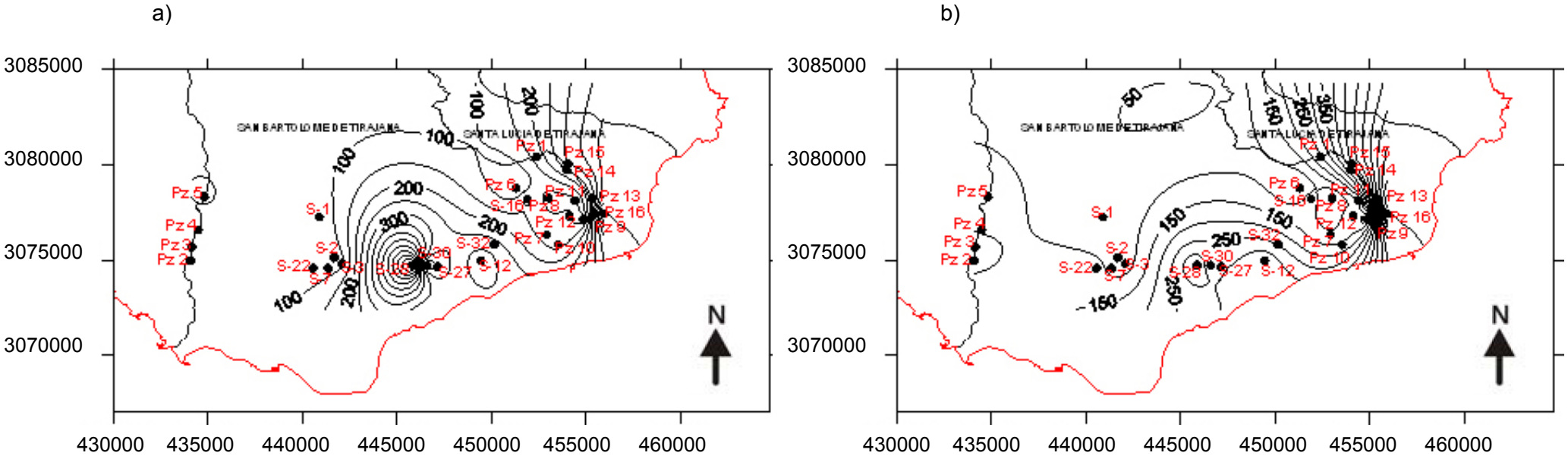


Figura A4.6.5.-Mapas de isolíneas de concentración de Sulfatos (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001

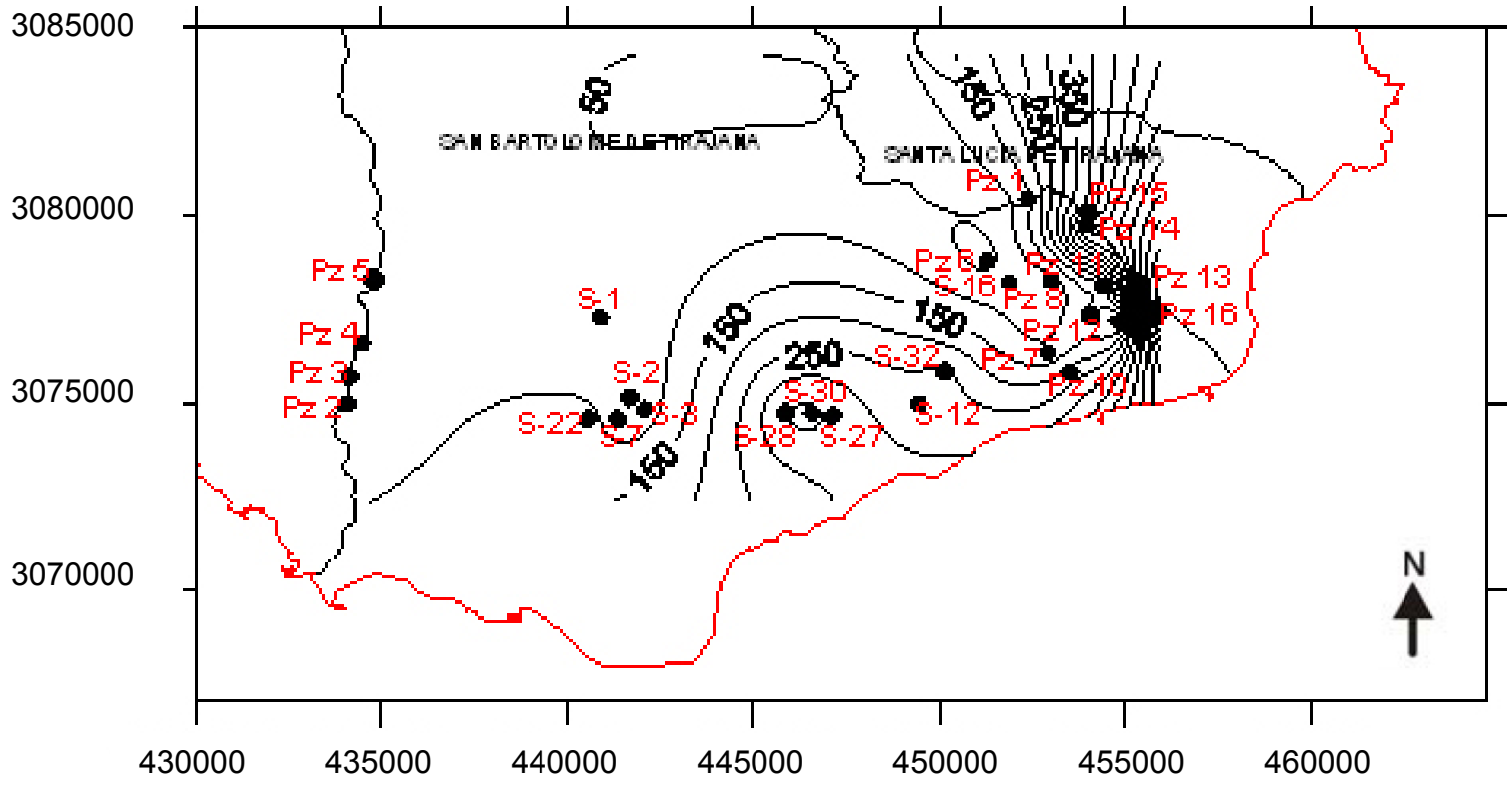


Figura A4.6.5.-Mapa de isolíneas de concentración de Sulfatos (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

a) b)

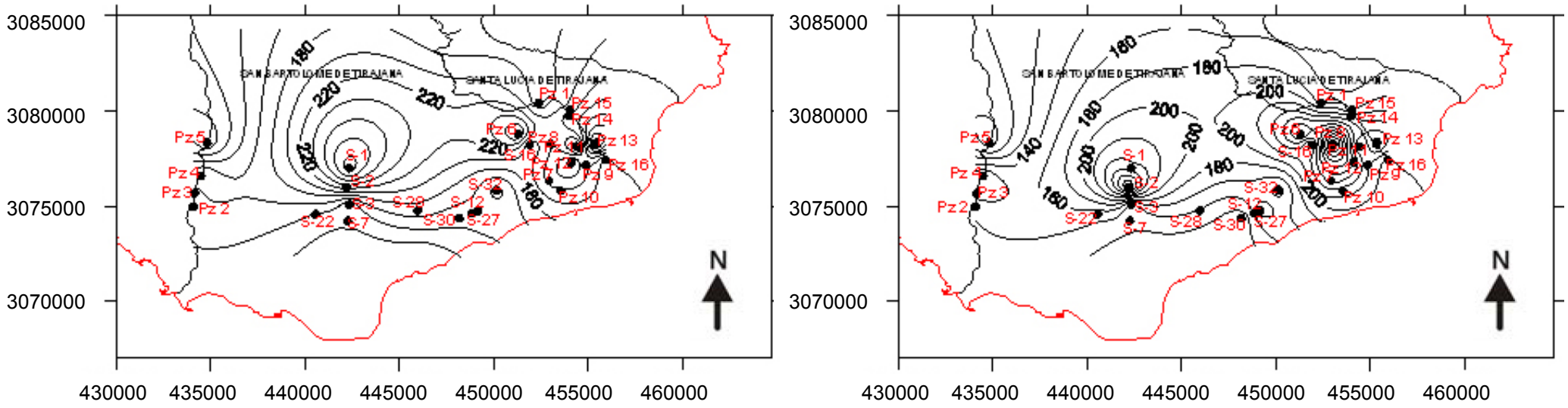


Figura A4.6.6.-Mapas de isolíneas de concentración de Bicarbonatos (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

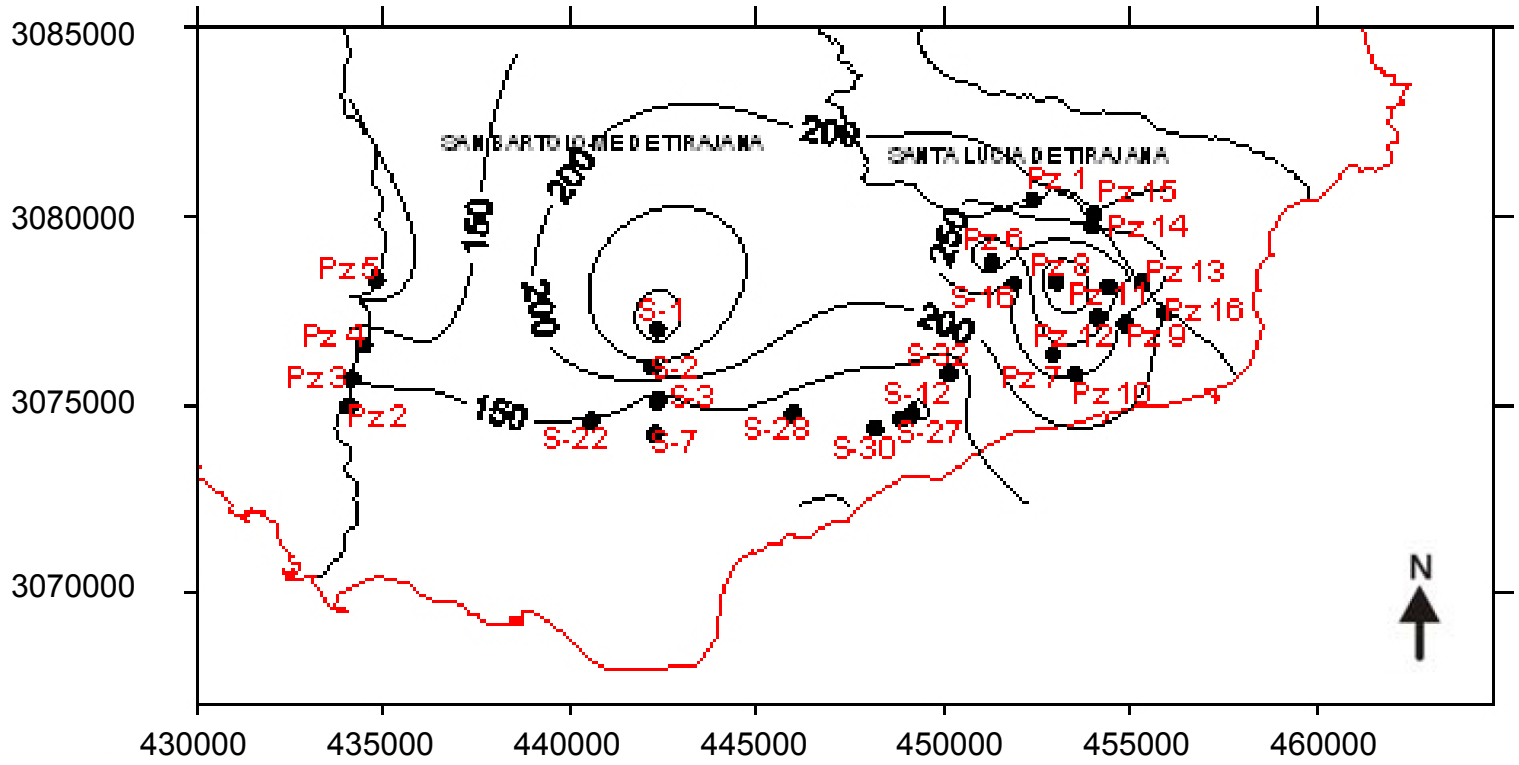


Figura A4.6.6.-Mapa de isolíneas de concentración de Bicarbonatos (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

a) b)

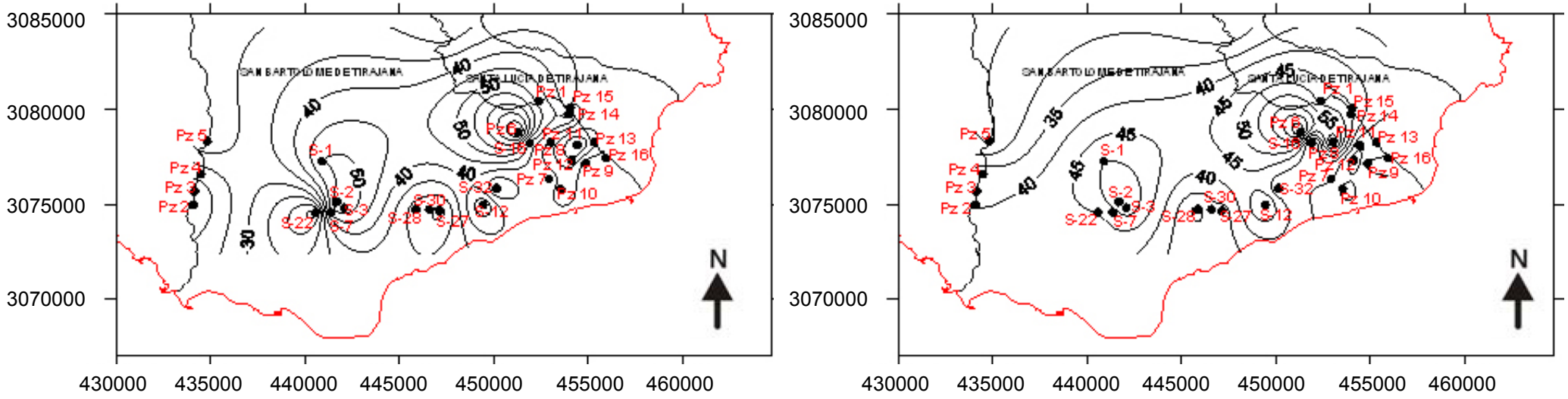


Figura A4.6.7.-Mapas de isolíneas de concentración de Sílice (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

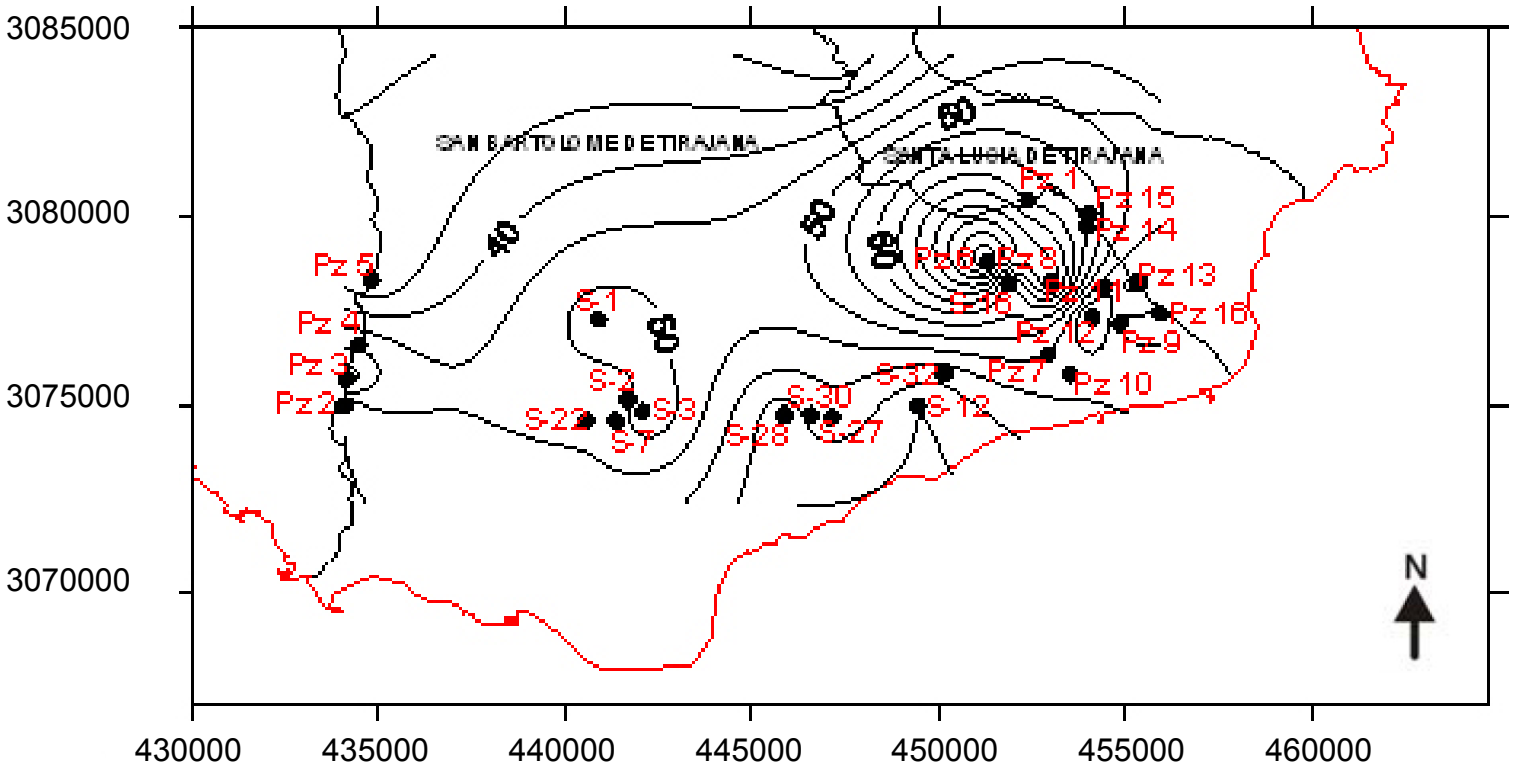
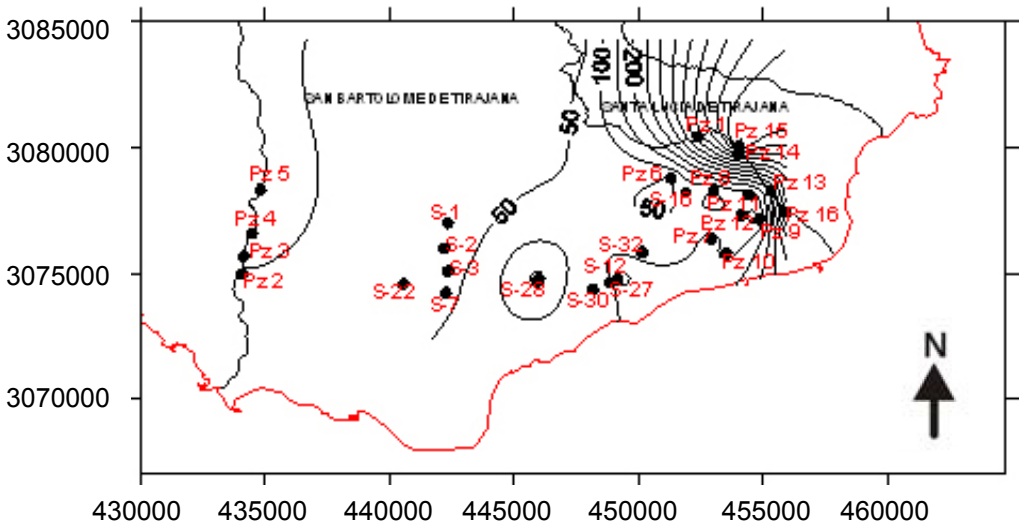


Figura A4.6.7.-Mapa de isolíneas de concentración de Sílice (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

a)



b)

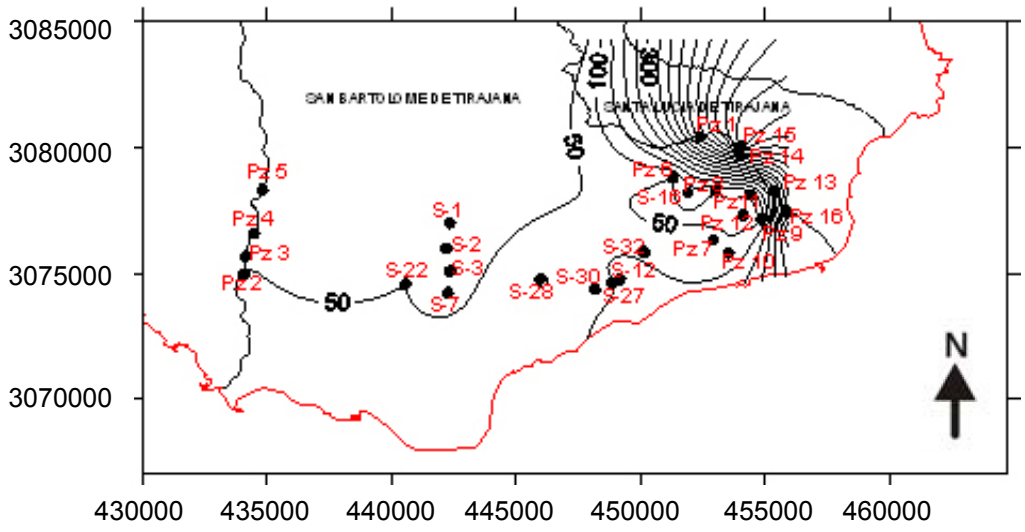


Figura A4.6.8.-Mapas de isolíneas de concentración de Magnesio (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001

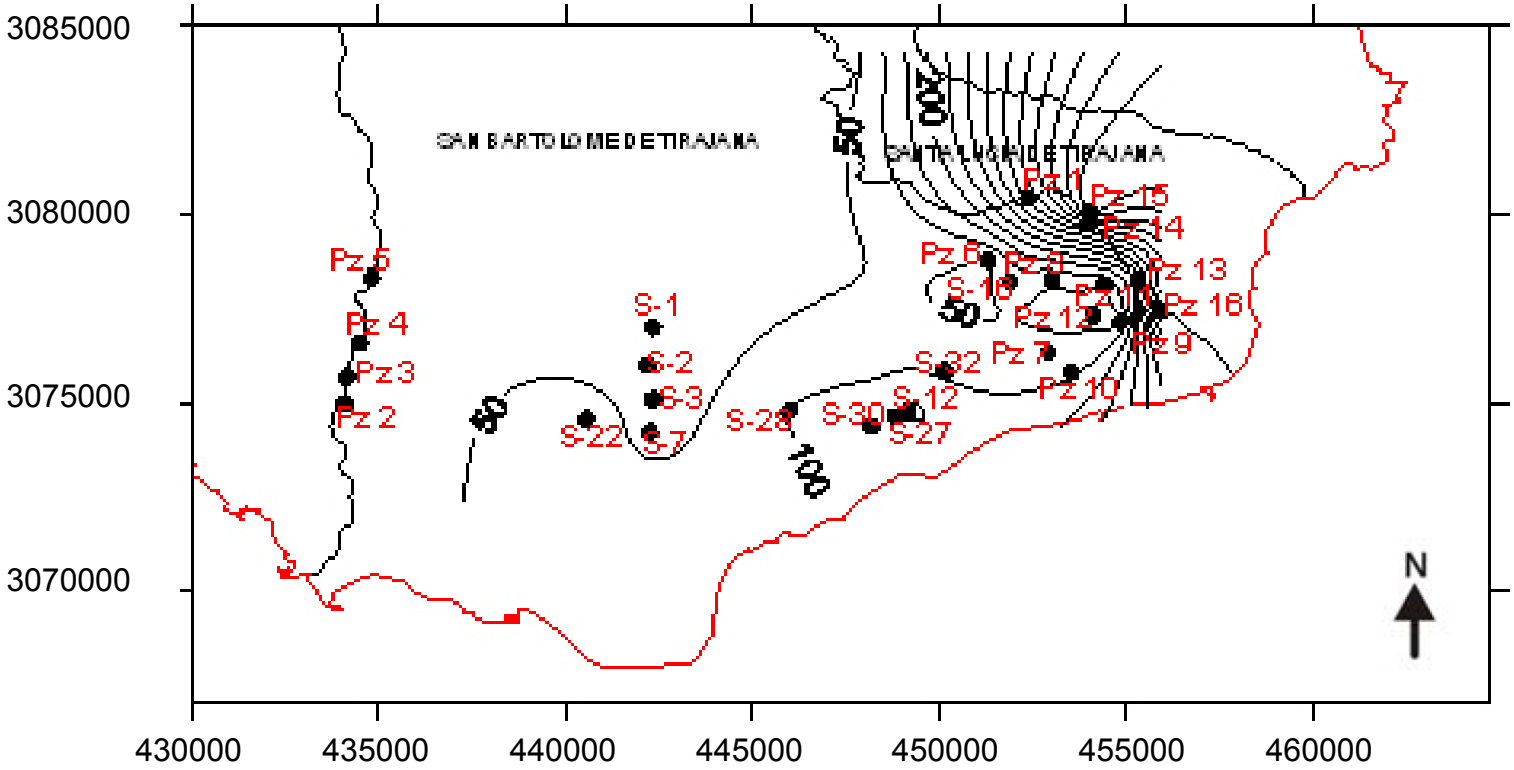


Figura A4.6.8.-Mapa de isolíneas de concentración de Magnesio (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

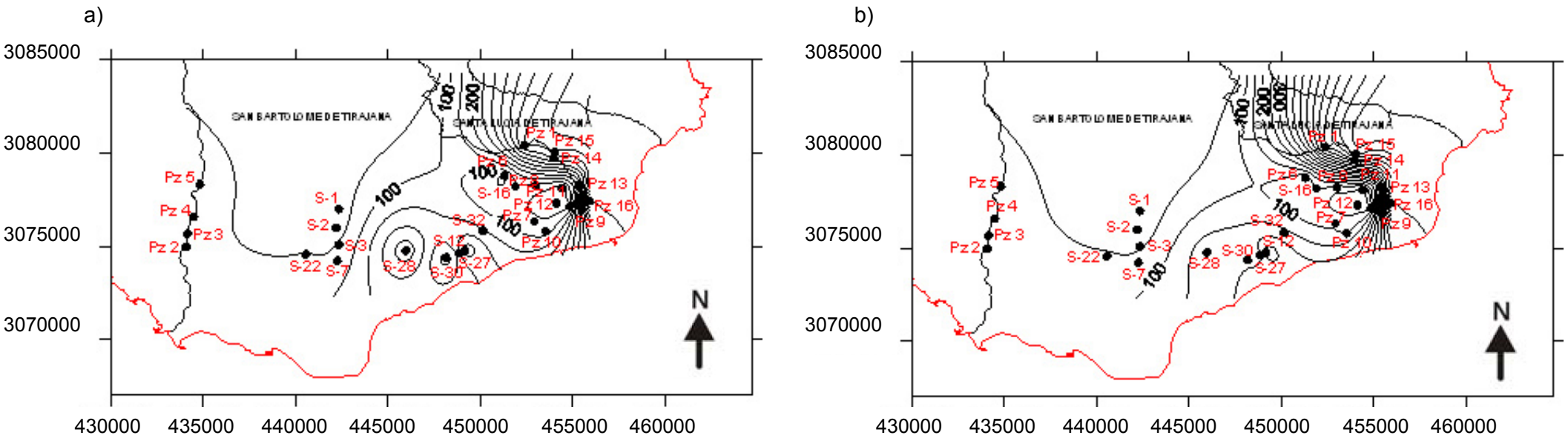


Figura A4.6.9.-Mapas de isolíneas de concentración de Calcio (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001

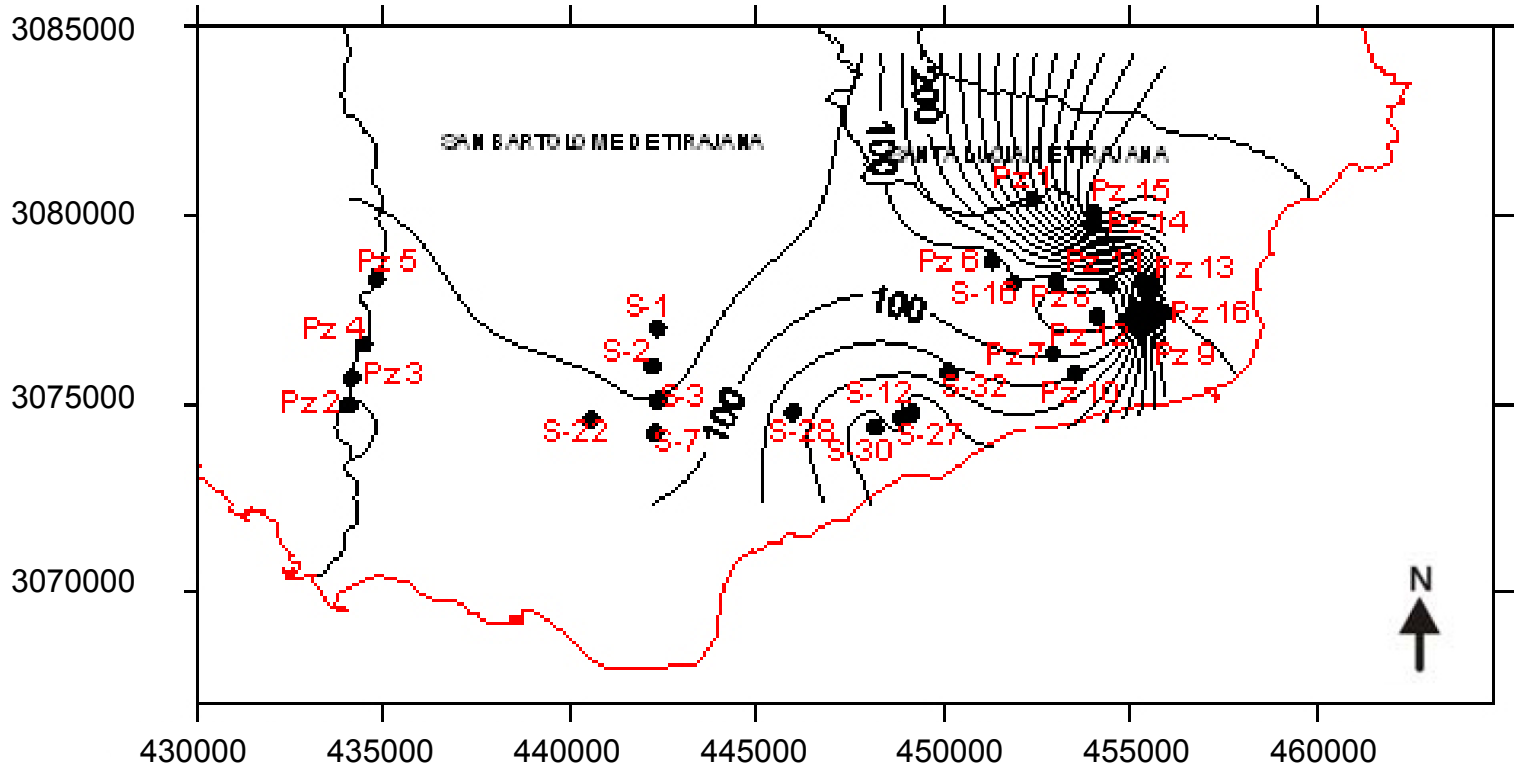
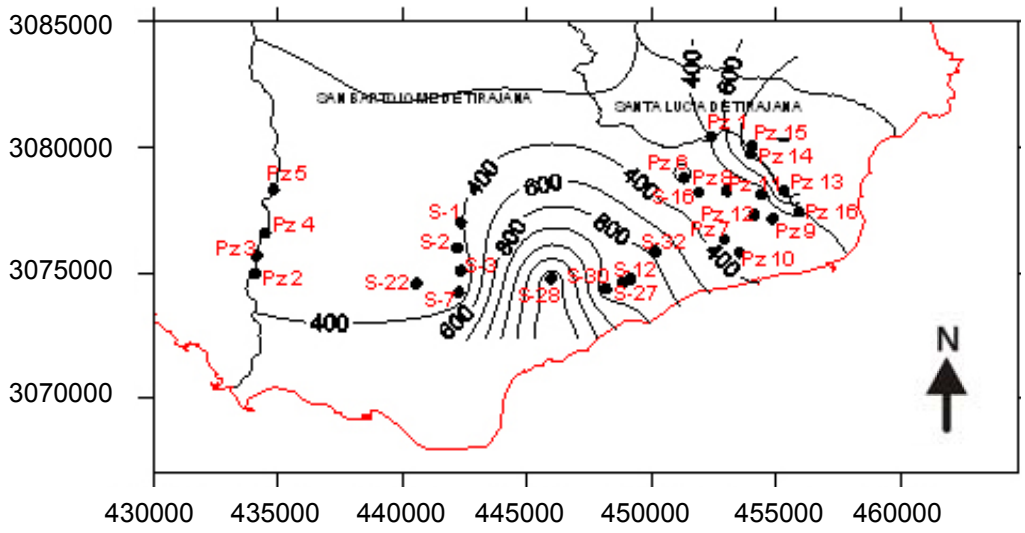


Figura A4.6.9.-Mapas de isolíneas de concentración de Calcio (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en 2004 (Cont.)

a)



b)

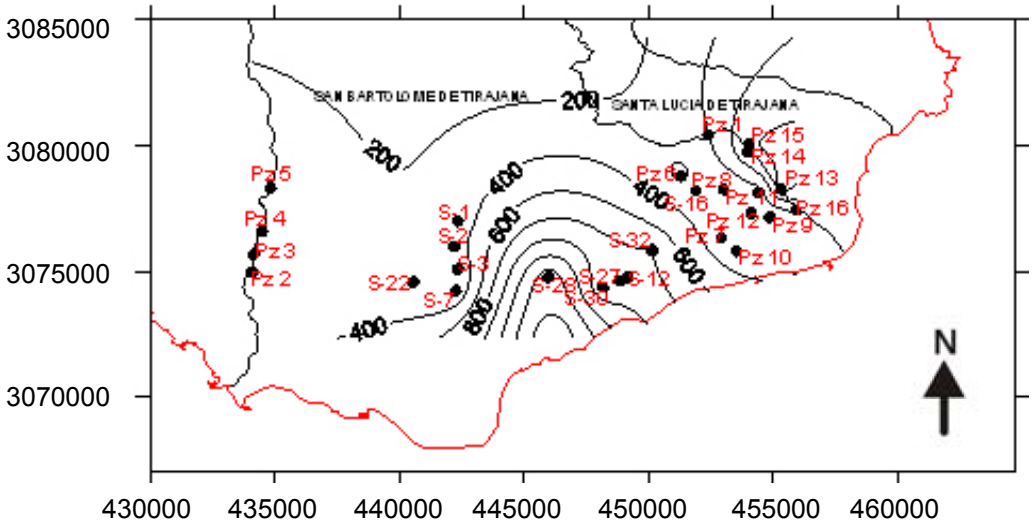


Figura A4.6.10.-Mapas de isolíneas de concentración de Sodio (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001

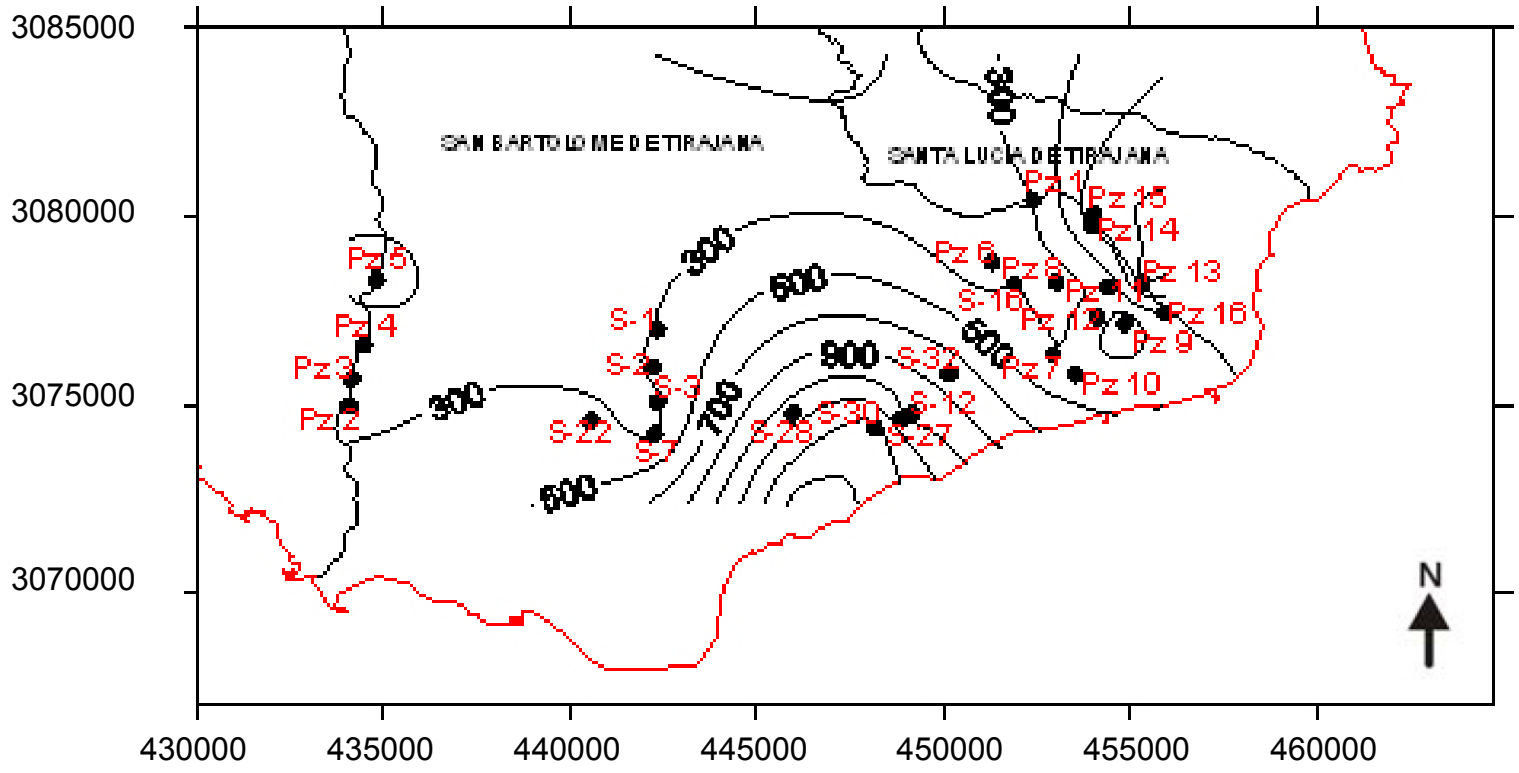


Figura A4.6.10.-Mapa de isolíneas de concentración de Sodio (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

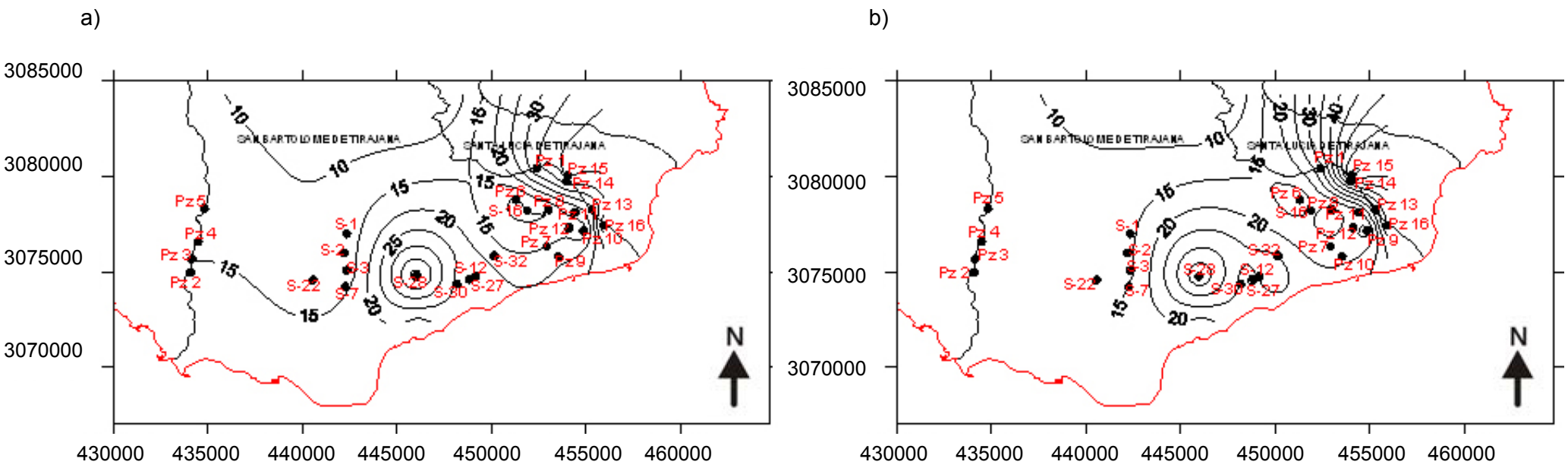


Figura A4.6.11.-Mapas de isolíneas de concentración de Potasio (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001

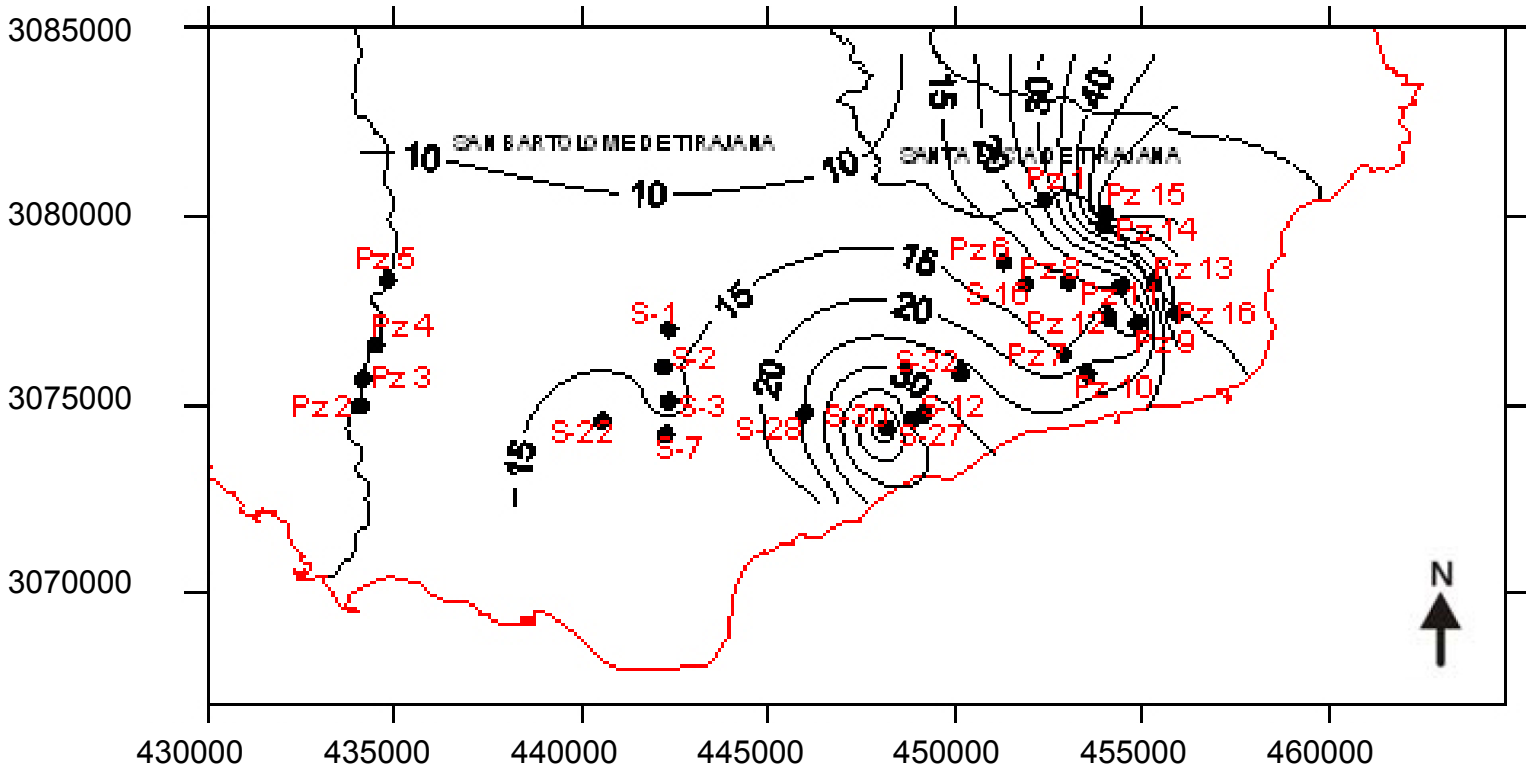


Figura A4.6.11.-Mapa de isolíneas de concentración de Potasio (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

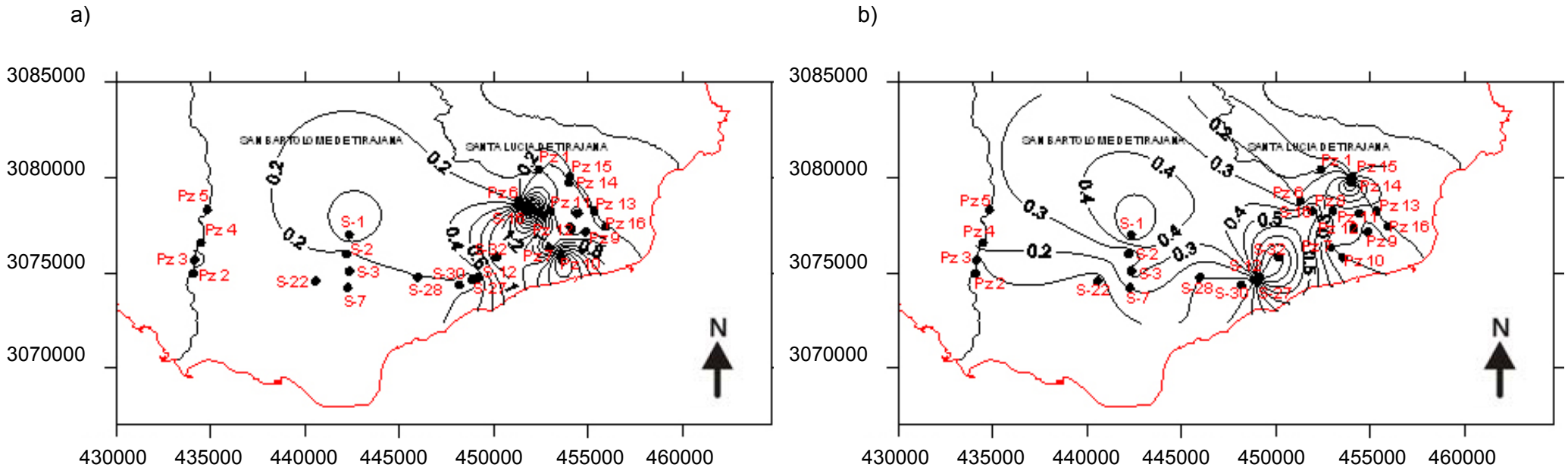


Figura A4.6.12.-Mapas de isolíneas de concentración de Hierro (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

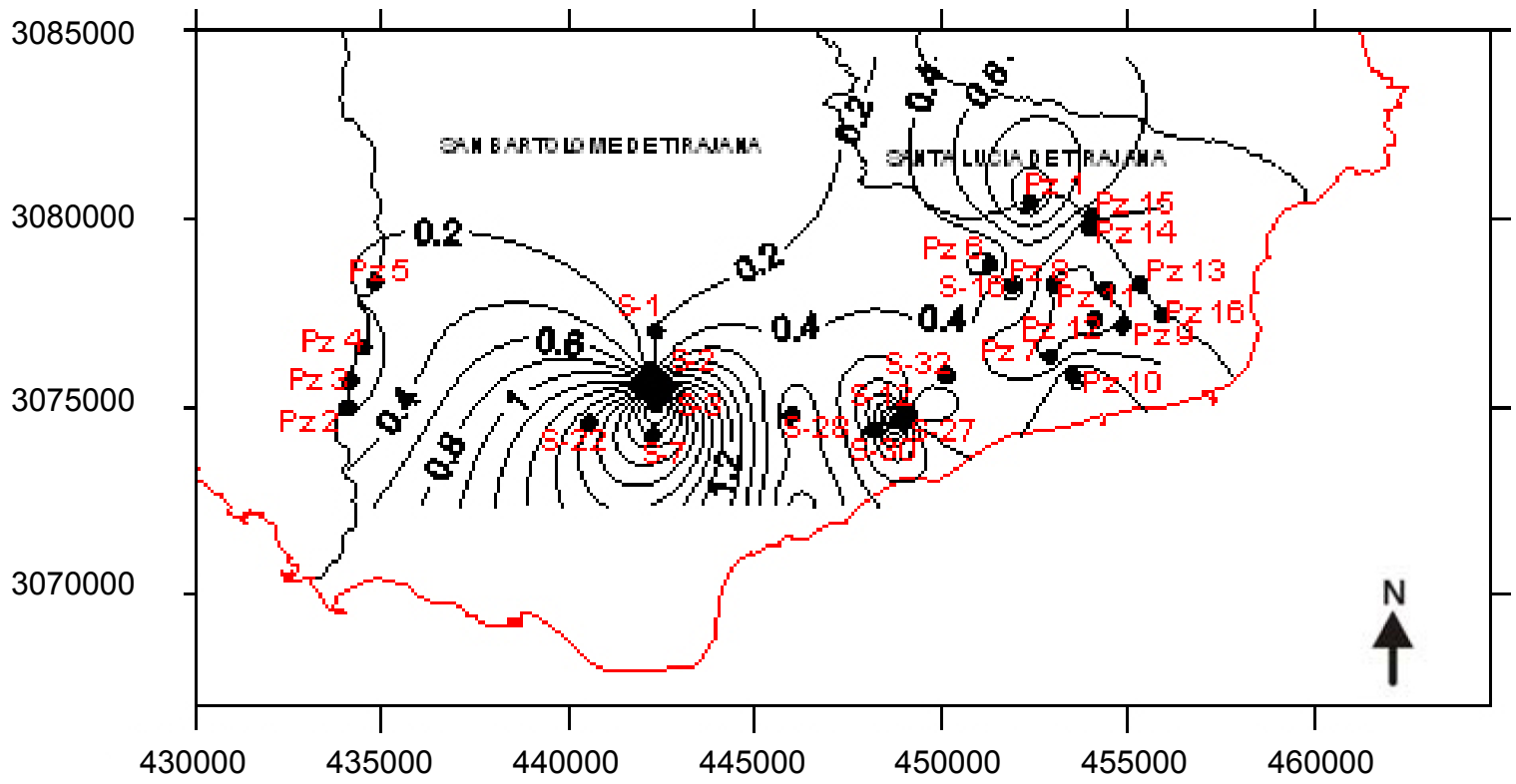


Figura A4.6.12.-Mapa de isolíneas de concentración de Hierro (mg/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

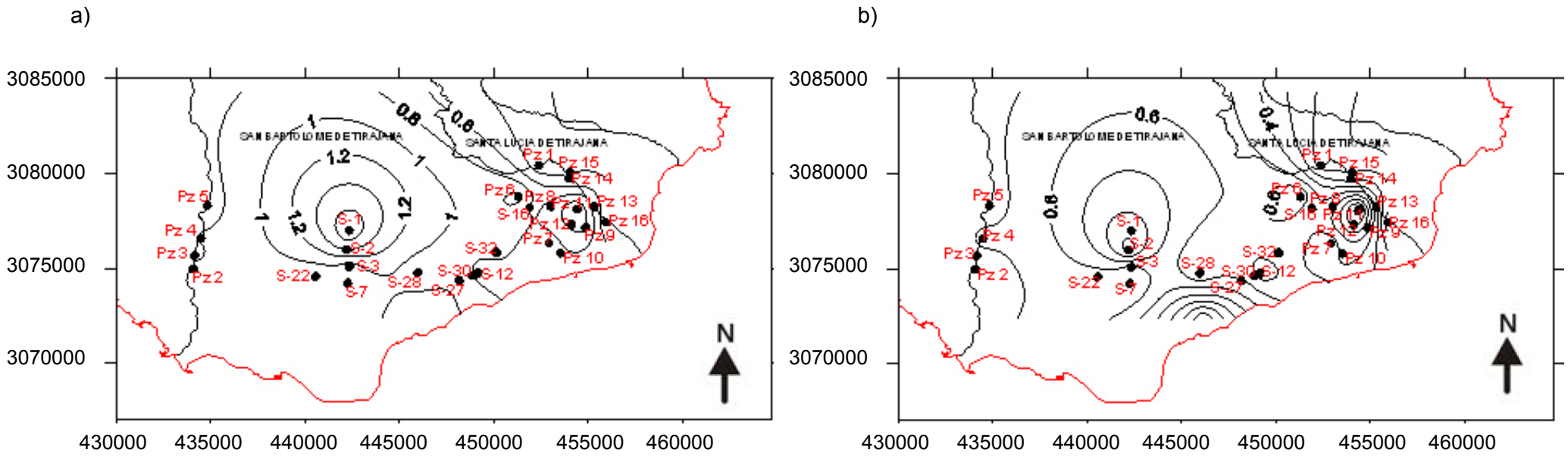


Figura A4.6.13.-Mapas de isolíneas de la relación rNa/rCl (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

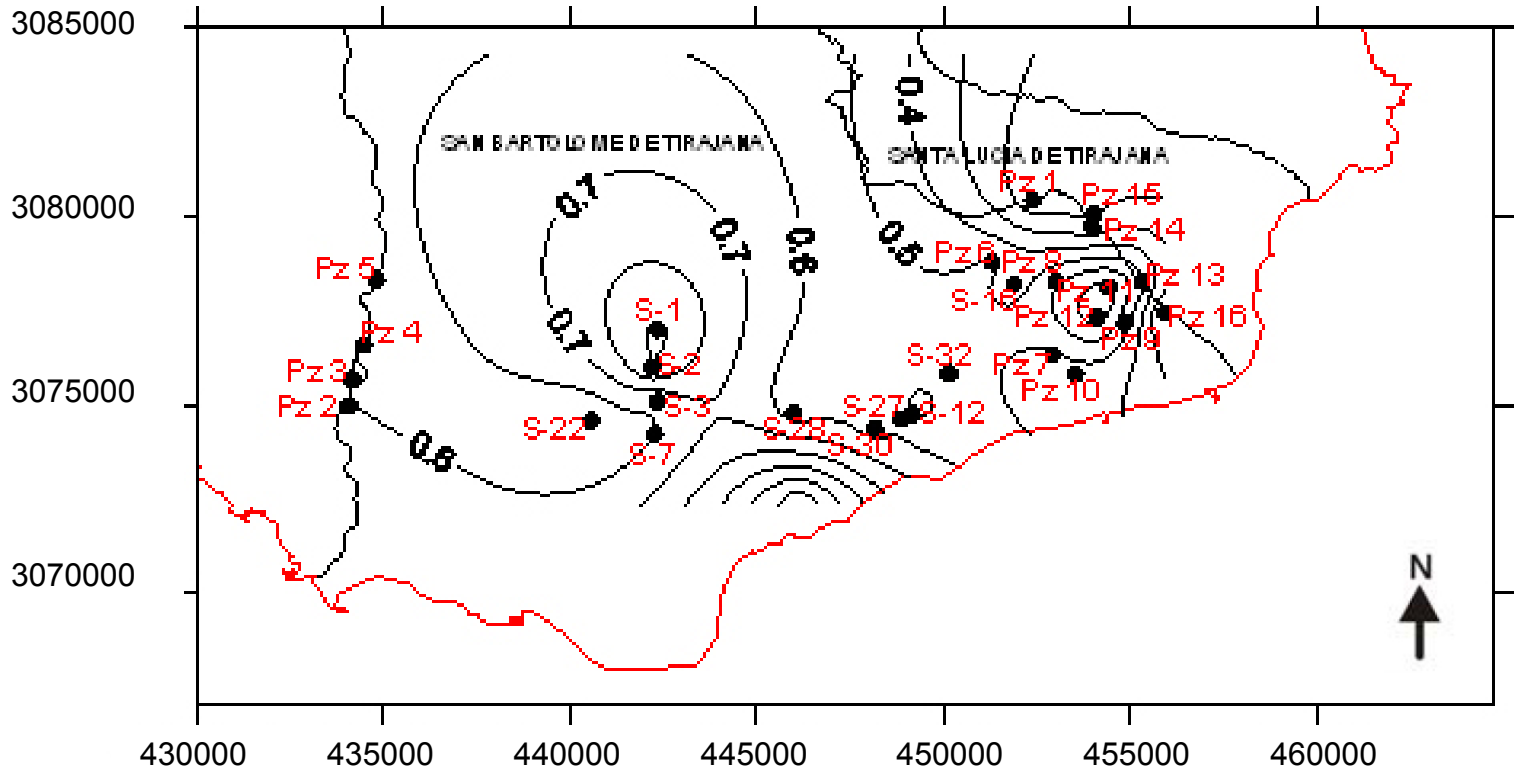


Figura A4.6.13.-Mapa de isolíneas de la relación rNa/rCl (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

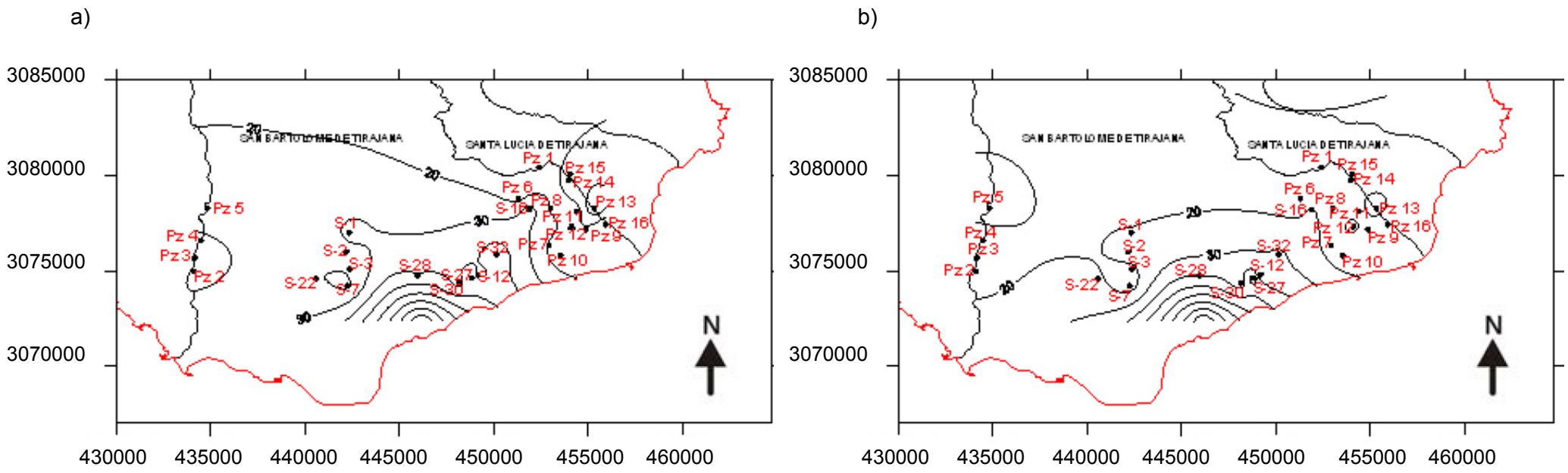


Figura A4.6.14.-Mapas de isolíneas de la relación rNa/rK (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

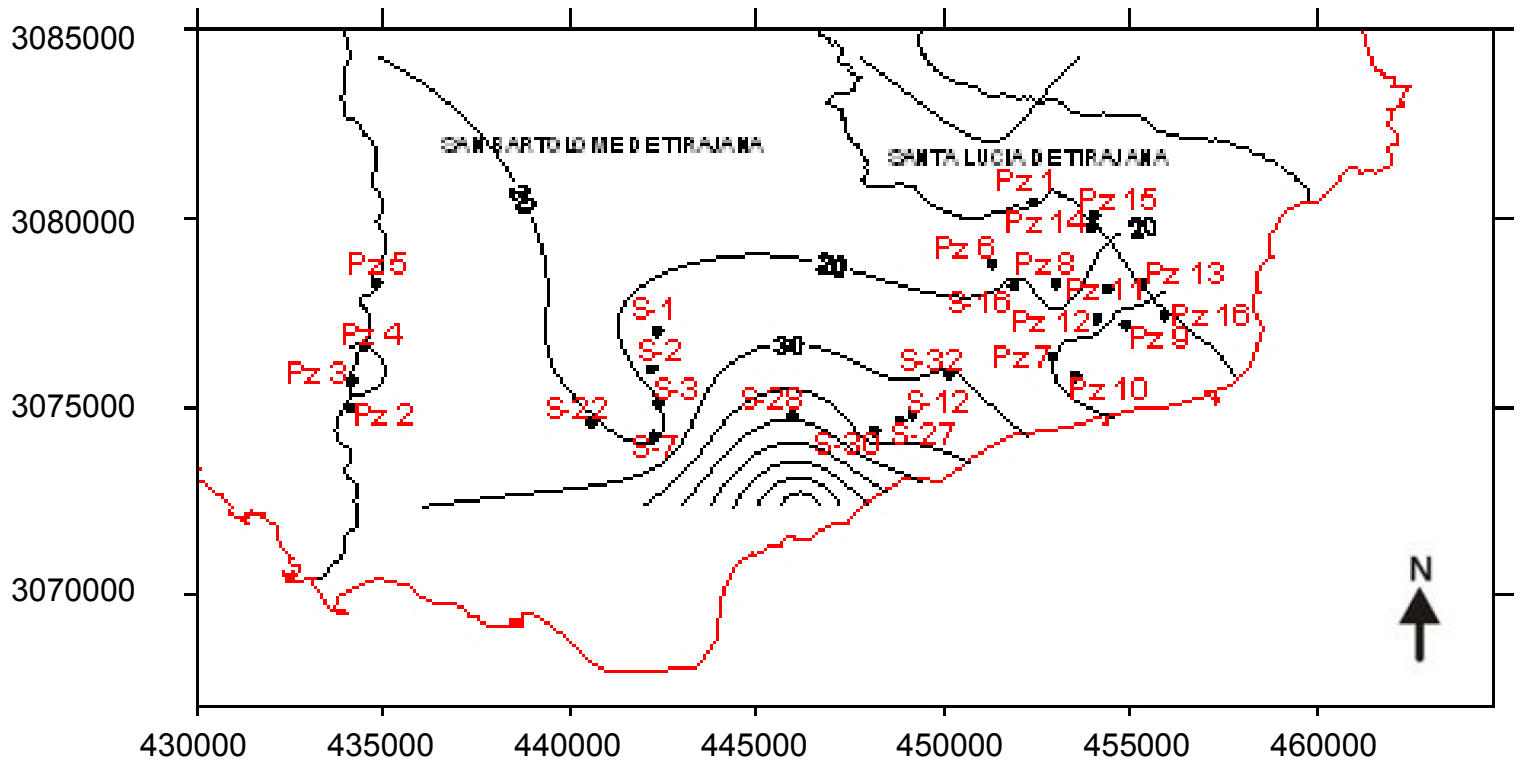


Figura A4.6.14.-Mapa de isolíneas de la relación rNa/rK (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

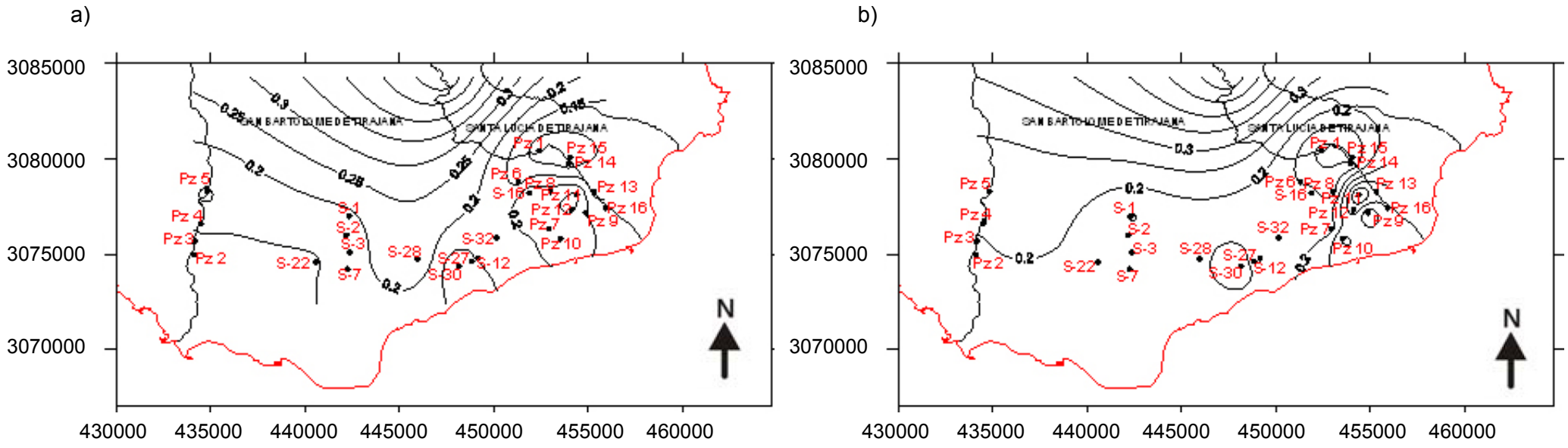


Figura A4.6.15.-Mapas de isolíneas de la relación rSO_4/rCl (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

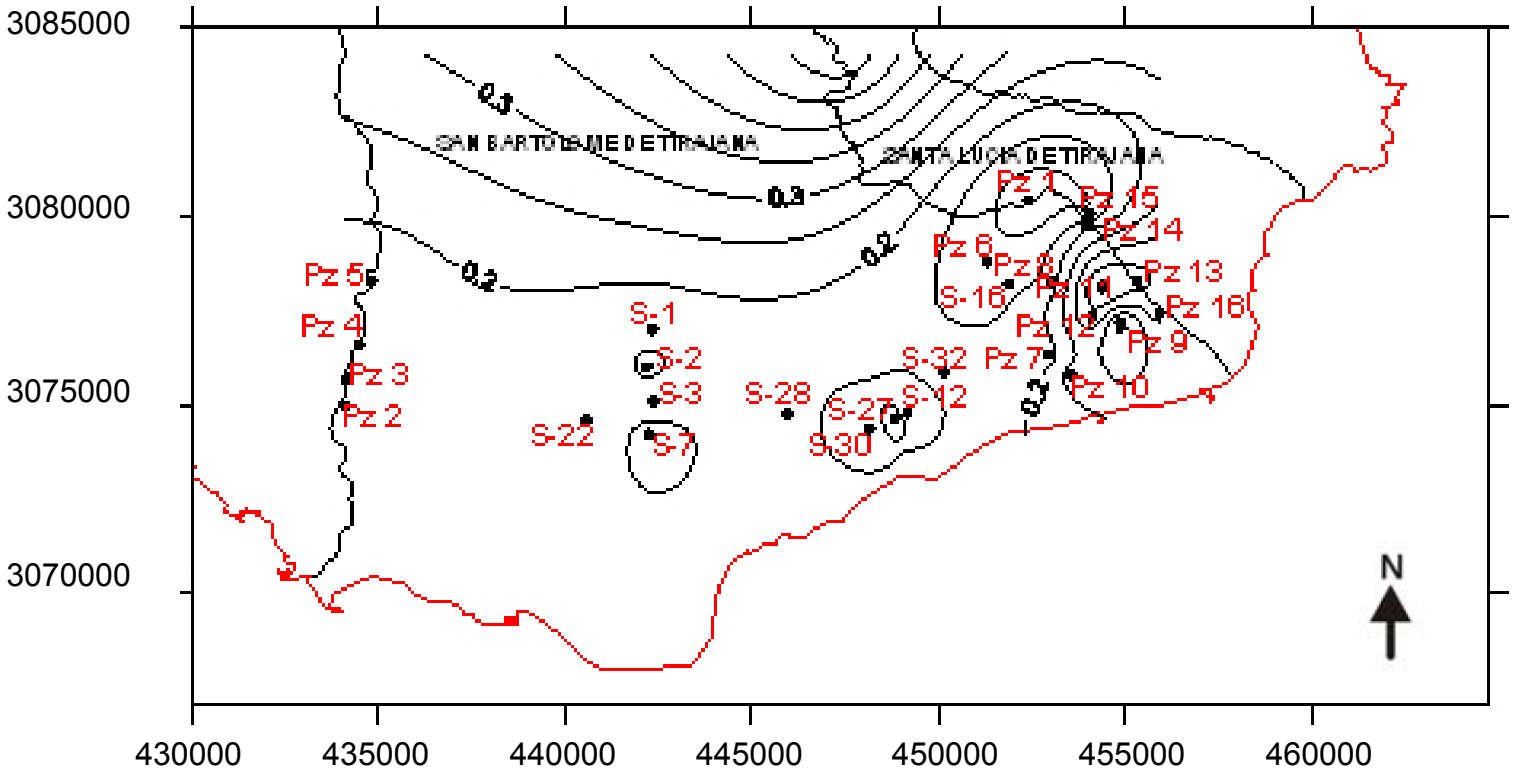


Figura A4.6.15.-Mapa de isolíneas de la relación rSO_4/rCl (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

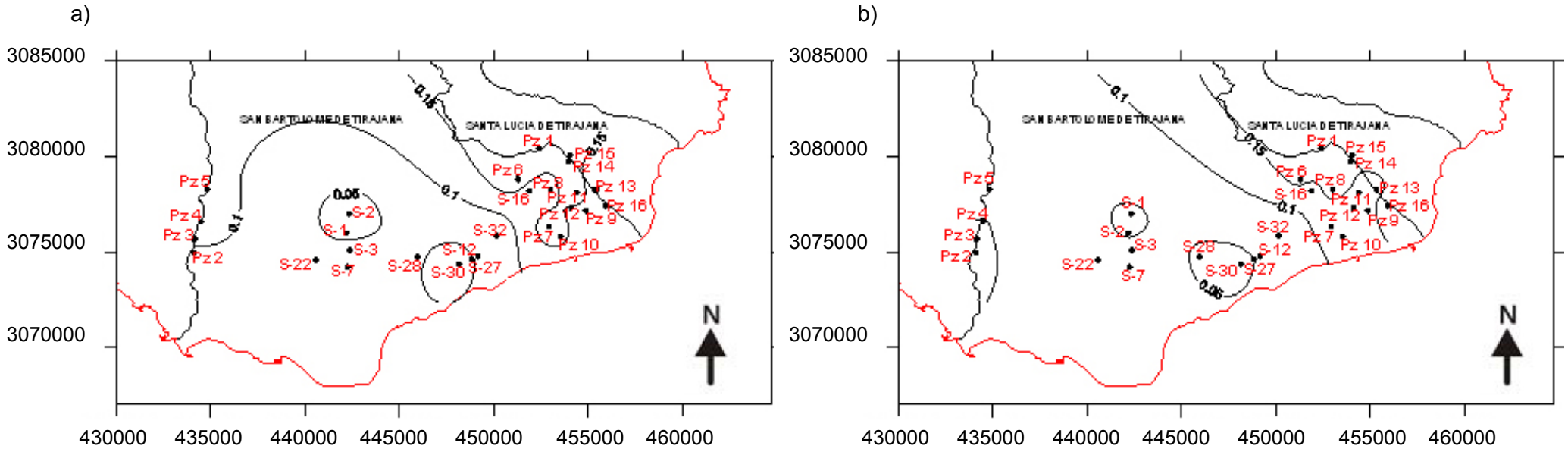


Figura A4.6.16.-Mapas de isolíneas de la relación rMg/rCl (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

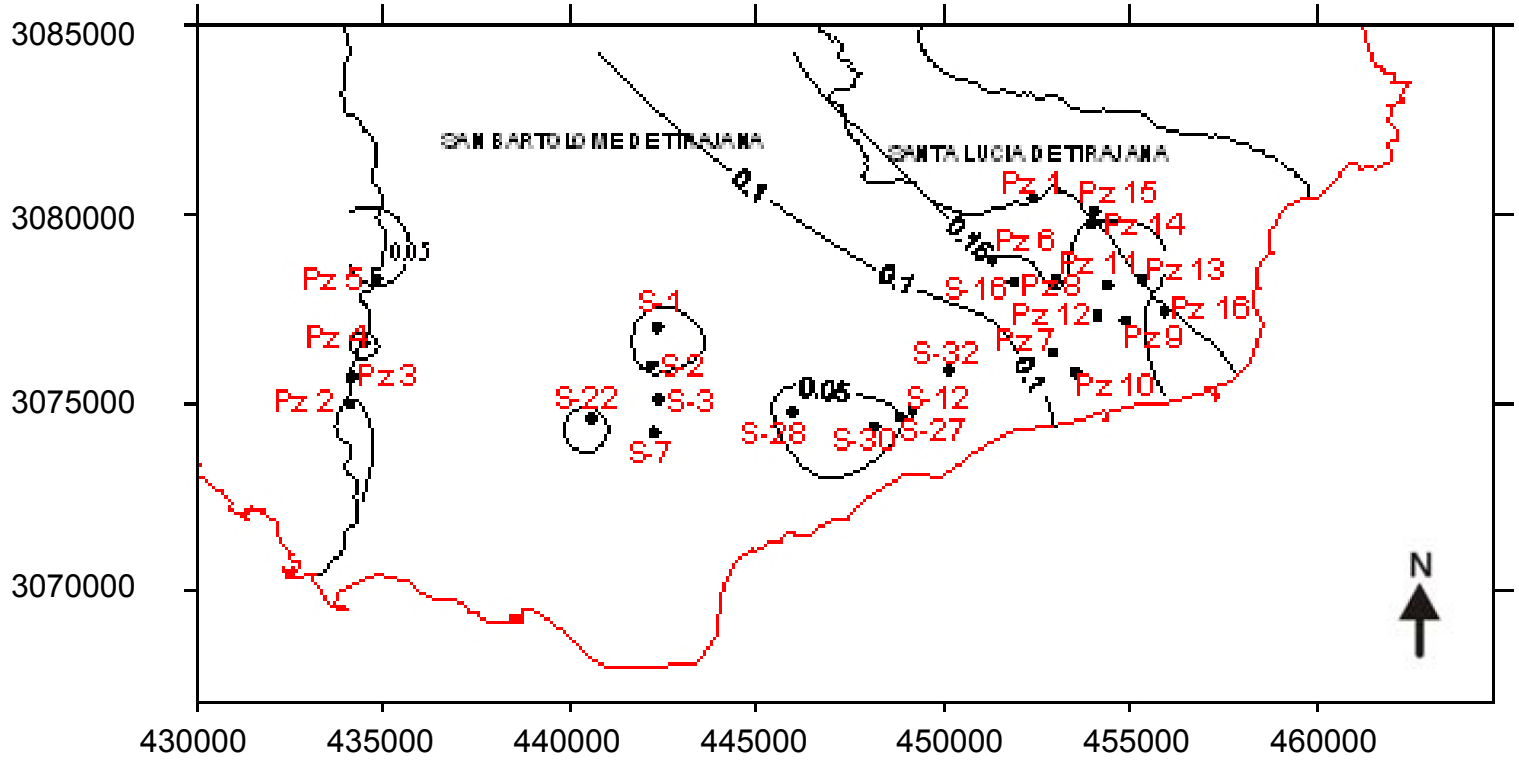


Figura A4.6.16.-Mapa de isolíneas de la relación rMg/rCl (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

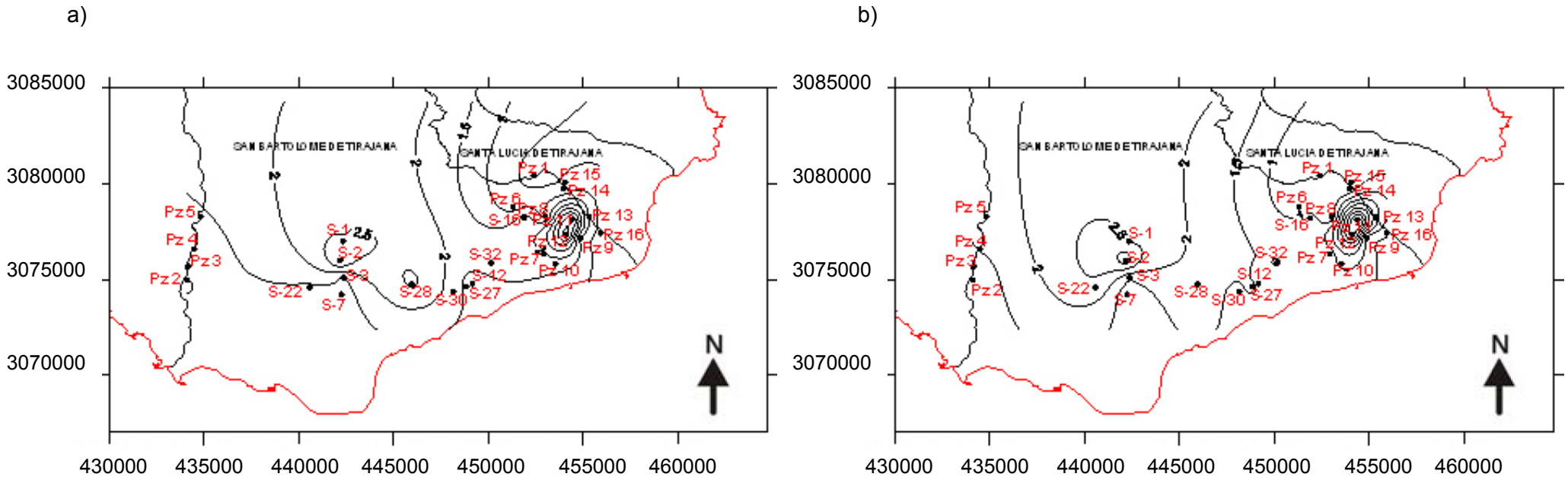


Figura A4.6.17.-Mapas de isolíneas de la relación rSO_4/rCa (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

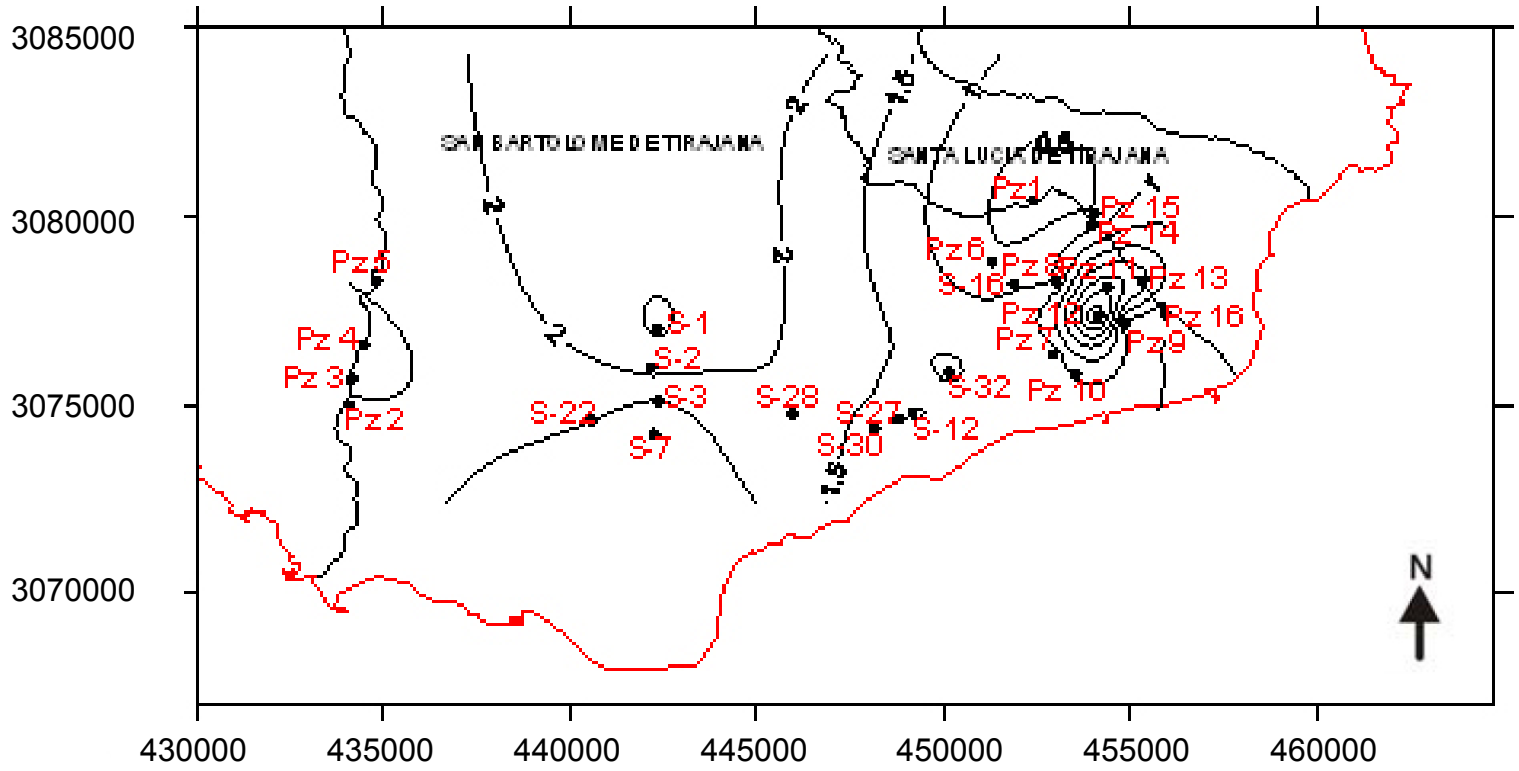


Figura A4.6.17.-Mapa de isolíneas de la relación rSO_4/rCa (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

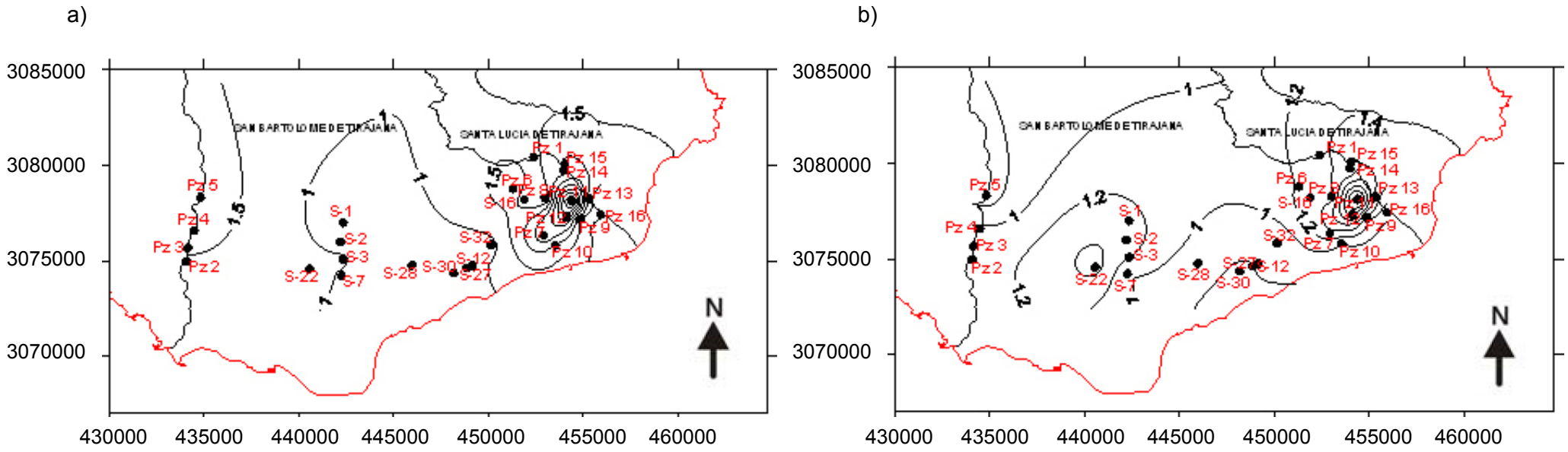


Figura A4.6.18.-Mapas de isolíneas de la relación rMg/rCa (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

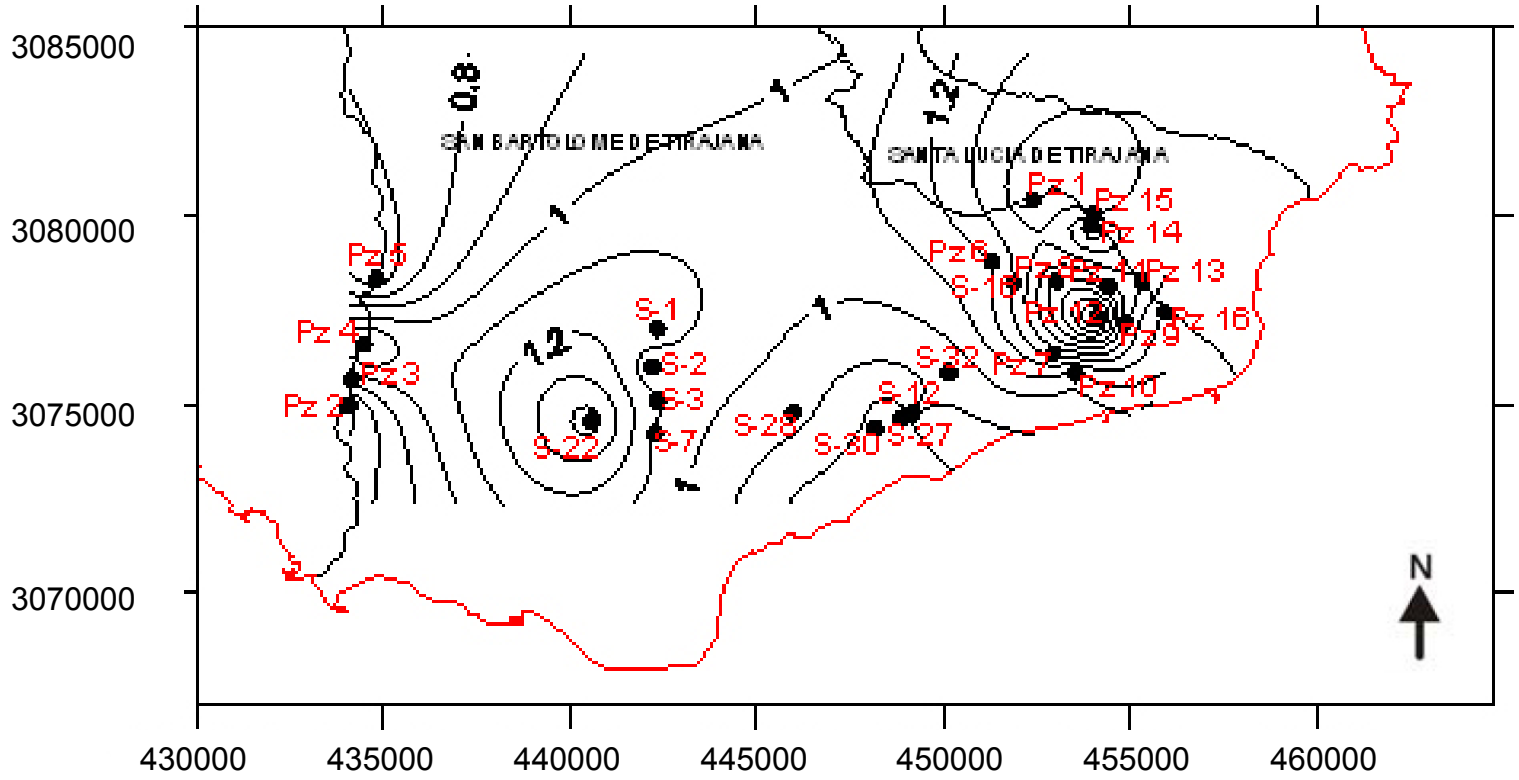


Figura A4.6.18.-Mapa de isolíneas de la relación rMg/rCa (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

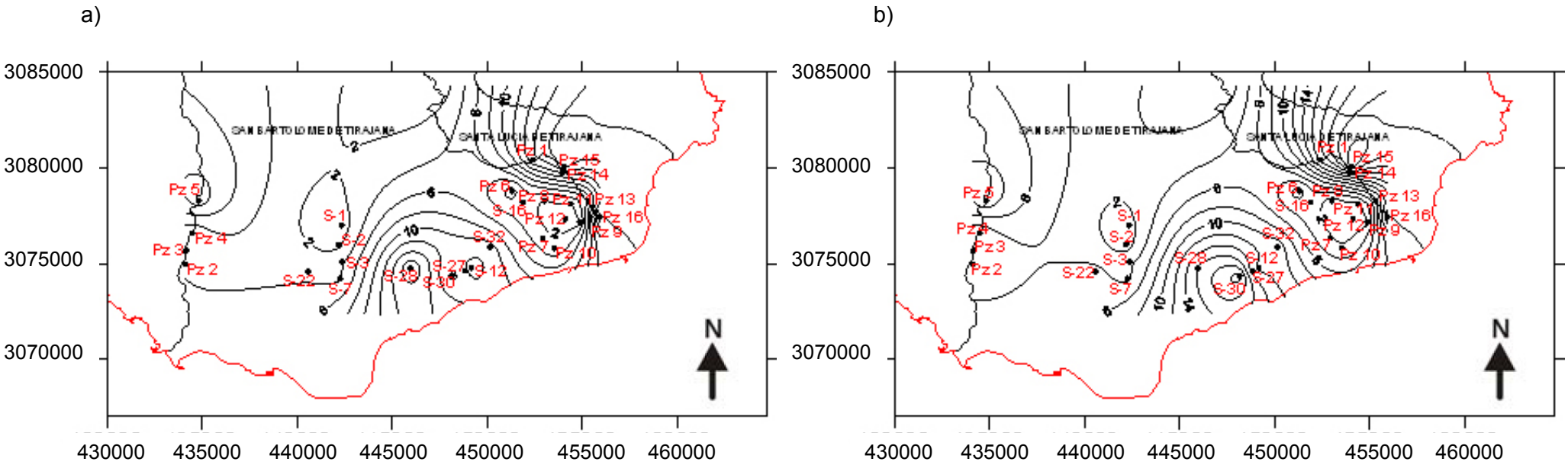


Figura A4.6.19.-Mapas de isolíneas de la relación rCl/r (CO_3 + HCO_3) (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en: a) 1994 y b) 2001.

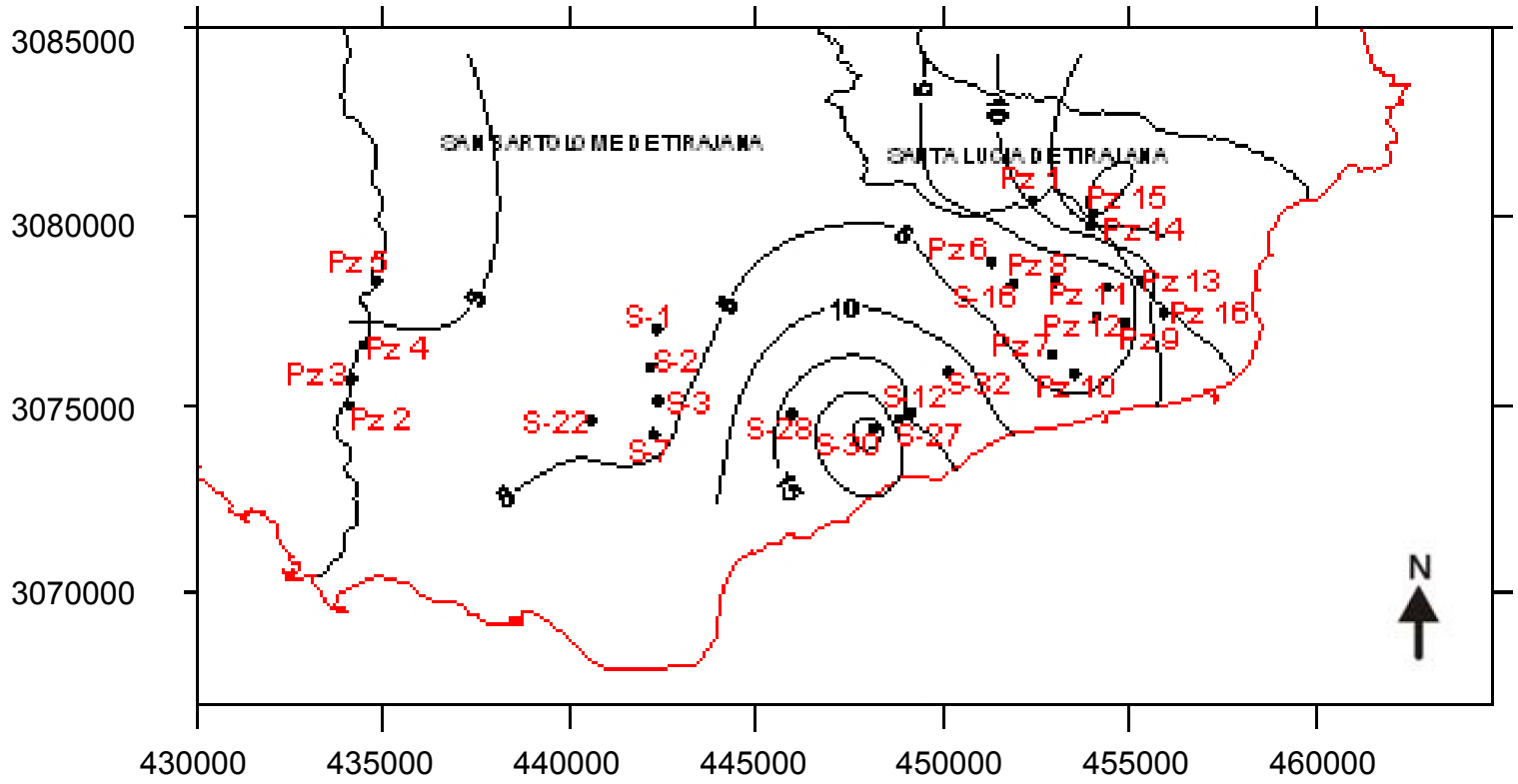


Figura A4.6.19.-Mapa de isolíneas de la relación rCl/r (CO_3 + HCO_3) (r = meq/L) de los pozos y sondeos del área de estudio en el año 2004 (Cont.)

A4.7. DATOS HIDROQUÍMICOS. WateQ4f

La Tabla A4.7.1 describe las características de los minerales objeto de estudio.

Las Tablas siguientes describen los datos calculados mediante el programa WateQ4f. Los campos que se muestran son los siguientes:

- Nombre: identificación de la captación.

- F.I.: Fuerza iónica del agua

- PCO_2 (atm): presión de CO_2 en atmósferas

- Log[H_4SiO_4], log<Na>+pH (Na/H), log<K>+pH (K/H), log<Ca>+2pH (Ca/H) y log<Mg>+2pH (Mg/H): datos usados en las gráficas de estabilidad.

- IS: índices de saturación de la calcita, dolomita, aragonito, yeso, cuarzo, sílice amorfa (SiO_2 a), magnesita y calcedonia.

Tabla A4.7.1.- Características de los minerales estudiados.

	Fórmula química	Clase	Génesis
Aragonito	$CaCO_3$	Carbonatos	• Hidrotermal de baja temperatura • A partir de aguas termales o géiseres formando estalactitas en cuevas calcáreas • En cavidades de rocas volcánicas junto con zeolitas especialmente en andesitas y basaltos • Formando parte del esqueleto de muchos organismos (moluscos, cefalópodos, corales etc...)
Calcita	$CaCO_3$	Carbonatos	• Sedimentario en cuencas marinas y continentales • Ortomagmático asociado a rocas alcalinas
Dolomita	$CaMg(CO_3)_2$	Carbonatos	• Sedimentario en cuencas marinas y continentales • De origen hidrotermal
Magnesita	$MgCO_3$	Carbonato	• Como producto de alteración de las rocas básicas y serpentinitas.
Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Sulfatos	• Origen sedimentario en conexión con rocas calcáreas y arcillas, principalmente. Depósitos evaporíticos asociados a antiguos mares o lagos salados. • Por acción fumarólica de aguas sulfurosas ya sea sobre calizas, ya sea sobre tobas volcánicas.
Cuarzo **Calcedonia**	SiO_2	Silicatos	• El cuarzo es el componente fundamental de muchos tipos de rocas, especialmente de las rocas ígneas ácidas, de ahí que sea tan frecuente y abundante, pero también en rocas sedimentarias y metamórficas por ser al mismo tiempo muy resistente. • La calcedonia es hidrotermal de baja temperatura, alrededor de los 120ºC, formándose cerca de la superficie.
Sílice amorfa	$SiO_2 \cdot nH_2O$	Silicatos	• La sílice amorfa es un gel producto de deposición de aguas termales, encontrándose en nódulos concrecionales en algunas rocas sedimentarias. Forma el esqueleto de algunos animales y plantas, siendo a menudo el elemento fosilizador de estas últimas.

Tabla A4.7.2.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 1**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,110	-2,98	0,011	0,061	-0,148	-0,086	-1,25	1,072	-0,229	-0,205	0,627	5,18	3,80	11,74	11,98
1995	0,096	-3,02	0,005	0,358	0,389	0,212	-1,12	0,992	-0,290	0,014	0,557	5,41	4,10	12,34	12,47
1996	0,114	-3,07	0,009	0,330	0,236	0,185	-1,05	0,945	-0,337	-0,112	0,509	5,37	3,94	12,05	12,08
1997	0,124	-3,17	0,012	0,486	0,635	0,341	-1,17	0,841	-0,441	0,131	0,405	5,55	4,31	12,10	12,22
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,124	-2,90	0,012	0,486	0,635	0,341	-1,17	0,841	-0,441	0,131	0,405	5,57	4,26	12,65	12,75
2000	0,128	-3,03	0,011	0,393	0,531	0,249	-1,05	0,958	-0,312	0,109	0,528	5,33	3,98	12,03	12,20
2001	0,125	-3,81	0,006	0,511	0,757	0,368	-1,04	0,894	-0,371	0,211	0,466	5,45	4,06	12,35	12,50
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,085	-3,15	0,001	1,212	2,127	1,069	-1,30	0,834	-0,433	0,883	0,406	6,39	4,83	13,84	13,96
2004	0,100	-2,98	0,004	0,703	1,173	0,559	-1,29	1,006	-0,262	0,439	0,577	5,66	4,42	12,80	12,99

Tabla A4.7.3.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 2**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,025	-3,07	0,002	0,088	-0,174	-0,060	-1,96	0,982	-0,320	-0,258	0,537	5,91	4,47	12,46	12,62
1995	0,023	-3,09	0,002	0,041	-0,251	-0,104	-1,76	0,923	-0,359	-0,310	0,487	5,81	4,43	12,44	12,56
1996	0,025	-3,08	0,003	0,211	0,023	0,066	-1,78	0,930	-0,352	-0,206	0,495	5,82	4,43	12,39	12,45
1997	0,024	-3,08	0,005	0,068	-0,205	-0,078	-2,06	0,931	-0,351	-0,291	0,496	5,77	4,26	12,08	12,20
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,024	-3,11	0,005	0,068	-0,205	-0,078	-2,06	0,931	-0,351	-0,291	0,496	6,07	4,62	12,75	13,05
2000	0,023	-3,13	0,002	0,316	0,267	0,174	-1,86	0,811	-0,441	-0,096	0,390	6,01	4,49	12,68	12,70
2001	0,023	-3,18	0,003	0,182	0,022	0,040	-1,61	0,765	-0,487	-0,207	0,344	5,65	4,23	12,41	12,45
2002	0,016	-3,29	0,001	0,219	-0,102	0,077	-2,19	0,649	-0,600	-0,370	0,229	6,06	4,43	12,97	12,81
2003	0,015	-3,42	0,001	0,468	0,371	0,326	-2,13	0,536	-0,719	-0,141	0,114	6,24	4,66	13,38	13,20
2004	0,017	-3,20	0,001	0,212	-0,130	0,070	-2,09	0,757	-0,499	-0,386	0,334	6,06	4,45	12,89	12,73

Tabla A4.7.4.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 3.**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,021	-3,09	0,002	0,103	-0,168	-0,044	-2,01	0,961	-0,341	-0,268	0,516	5,73	4,34	12,51	12,64
1995	0,019	-3,07	0,002	-0,160	-0,635	-0,306	-1,94	0,937	-0,345	-0,493	0,501	5,53	4,18	12,21	12,35
1996	0,022	-3,12	0,002	0,353	0,319	0,207	-1,83	0,894	-0,388	-0,052	0,459	5,77	4,45	12,66	12,73
1997	0,020	-3,14	0,005	0,071	-0,209	-0,074	-1,97	0,874	-0,408	-0,298	0,438	5,46	4,07	12,09	12,19
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,020	-3,13	0,005	0,071	-0,209	-0,074	-1,97	0,874	-0,408	-0,298	0,438	5,95	4,51	12,91	13,03
2000	0,023	-3,12	0,003	0,283	0,189	0,138	-1,80	0,875	-0,401	-0,116	0,442	5,78	4,28	12,57	12,63
2001	0,019	-3,23	0,001	0,218	-0,051	0,074	-1,91	0,758	-0,515	-0,295	0,327	5,85	4,40	12,74	12,68
2002	0,022	-3,15	0,003	0,150	-0,092	0,006	-1,91	0,832	-0,439	-0,271	0,402	5,66	4,16	12,42	12,45
2003	0,021	-3,23	0,013	-0,518	-1,468	-0,662	-1,96	0,768	-0,508	-0,978	0,335	4,93	3,46	11,03	11,04
2004	0,023	-3,01	0,003	0,072	-0,314	-0,073	-1,80	0,988	-0,289	-0,409	0,555	5,55	4,10	12,23	12,21

Tabla A4.7.5.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 4**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,019	-3,11	0,003	0,087	-0,274	-0,060	-2,01	0,940	-0,361	-0,357	0,496	5,67	4,13	12,28	12,33
1995	0,017	-3,15	0,003	0,131	-0,261	-0,014	-1,98	0,857	-0,425	-0,410	0,421	5,60	4,24	12,40	12,33
1996	0,020	-3,15	0,004	0,291	0,177	0,146	-1,83	0,865	-0,417	-0,131	0,429	5,66	4,30	12,39	12,43
1997	0,019	-3,17	0,006	0,306	0,243	0,160	-2,02	0,841	-0,440	-0,081	0,406	5,59	4,06	12,24	12,33
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,019	-3,16	0,006	0,306	0,243	0,160	-2,02	0,841	-0,440	-0,081	0,406	5,99	4,46	12,96	13,05
2000	0,020	-3,18	0,003	0,375	0,339	0,232	-1,85	0,789	-0,474	-0,072	0,363	5,79	4,28	12,63	12,62
2001	0,020	-3,19	0,005	0,030	-0,337	-0,113	-1,75	0,774	-0,489	-0,404	0,348	5,42	3,98	11,97	11,98
2002	0,021	-3,22	0,005	0,034	-0,323	-0,108	-1,95	0,741	-0,519	-0,397	0,316	5,50	3,88	11,97	11,97
2003	0,019	-3,32	0,004	0,195	-0,088	0,052	-2,04	0,662	-0,605	-0,315	0,234	5,60	4,09	12,32	12,26
2004	0,021	-3,09	0,006	-0,060	-0,434	-0,203	-1,88	0,884	-0,383	-0,407	0,455	5,40	3,87	11,83	11,94

Tabla A4.7.6.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 5**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,029	-3,26	0,001	0,077	-0,195	-0,070	-1,78	0,794	-0,508	-0,268	0,349	5,85	4,23	12,95	13,11
1995	0,026	-3,26	0,004	-0,389	-1,209	-0,534	-1,59	0,753	-0,529	-0,838	0,318	5,41	3,88	11,79	11,81
1996	0,028	-3,25	0,001	0,303	0,103	0,158	-1,58	0,758	-0,523	-0,218	0,323	6,08	4,58	13,02	12,97
1997	0,026	-3,25	0,002	0,106	-0,174	-0,039	-1,69	0,760	-0,521	-0,299	0,325	5,84	4,31	12,58	12,65
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,025	-3,34	0,001	0,002	-0,439	-0,143	-1,79	0,671	-0,611	-0,458	0,236	6,07	4,37	12,84	12,85
2000	0,023	-3,40	0,001	0,192	-0,169	0,050	-1,79	0,539	-0,709	-0,411	0,120	6,08	4,39	12,92	12,74
2001	0,026	-3,40	0,002	-0,246	-1,026	-0,387	-1,65	0,532	-0,713	-0,833	0,114	5,70	4,08	12,20	12,03
2002	0,021	-3,49	4E-4	0,095	-0,360	-0,046	-1,98	0,436	-0,807	-0,510	0,019	6,15	4,41	13,10	12,90
2003	0,027	-3,47	0,001	0,107	-0,286	-0,035	-1,79	0,471	-0,779	-0,442	0,051	6,00	4,29	12,72	12,59
2004	0,024	-3,31	0,001	0,010	-0,593	-0,131	-1,78	0,630	-0,619	-0,653	0,210	6,06	4,37	12,84	12,60

Tabla A4.7.7.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 6**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,014	-2,83	0,017	-0,344	-0,928	-0,492	-2,44	1,228	-0,073	-0,580	0,873	4,95	3,51	11,14	11,41
1995	0,014	-2,83	0,012	-0,234	-0,873	-0,380	-2,14	1,175	-0,107	-0,656	0,740	4,95	3,67	11,37	11,42
1996	0,015	-2,86	0,015	-0,110	-0,505	-0,255	-2,21	1,148	-0,134	-0,413	0,712	5,01	3,74	11,39	11,56
1997	0,014	-3,17	0,013	-0,183	-0,585	-0,328	-2,43	0,842	-0,439	-0,420	0,407	5,12	3,65	11,40	11,64
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,014	-2,84	0,003	0,476	0,720	0,331	-2,51	1,170	-0,112	0,226	0,734	5,76	4,38	12,73	12,95
2000	0,016	-2,84	0,009	0,127	-0,086	-0,019	-2,18	1,190	-0,101	-0,221	0,750	5,23	3,84	11,87	12,73
2001	0,017	-2,90	0,018	-0,113	-0,614	-0,259	-1,92	1,129	-0,159	-0,512	0,691	4,97	3,63	11,33	11,42
2002	0,019	-2,91	0,024	-0,181	-0,732	-0,327	-1,94	1,106	-0,180	-0,564	0,669	4,98	3,48	11,14	11,23
2003	0,017	-2,95	0,008	0,262	0,128	0,115	-2,17	1,092	-0,202	-0,139	0,651	5,30	3,90	12,04	11,13
2004	0,017	-2,79	0,024	-0,197	-0,789	-0,344	-2,28	1,243	-0,049	-0,598	0,803	4,85	3,49	11,13	11,22

Tabla A4.7.8.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 7**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,030	-3,14	0,005	0,038	-0,183	-0,110	-1,75	0,913	-0,389	-0,217	0,468	5,68	4,10	12,03	12,28
1995	0,028	-3,17	0,006	0,086	-0,121	-0,059	-1,60	0,843	-0,438	-0,225	0,408	5,51	4,05	12,01	12,17
1996	0,028	-3,16	0,012	0,030	-0,236	-0,115	-1,62	0,854	-0,427	-0,284	0,419	5,32	3,93	11,65	11,81
1997	0,025	-3,17	0,006	0,138	-0,078	-0,007	-1,84	0,843	-0,439	-0,234	0,408	5,58	4,09	12,03	12,13
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,029	-3,16	0,003	0,615	0,998	0,470	-1,72	0,848	-0,434	-0,365	0,412	6,03	4,41	12,87	13,09
2000	0,032	-3,17	0,015	0,022	-0,190	-0,120	-1,66	0,785	-0,474	-0,252	0,360	5,40	3,84	11,49	12,65
2001	0,028	-3,22	0,012	0,105	-0,049	-0,038	-1,88	0,732	-0,523	-0,198	0,309	5,31	3,83	11,67	11,80
2002	0,027	-3,22	0,013	-0,001	-0,071	-0,143	-1,736	0,726	-0,527	-0,117	0,304	5,27	3,78	11,54	11,85
2003	0,032	-3,34	0,008	0,269	0,208	0,126	-1,625	0,622	-0,638	-0,100	0,197	5,70	3,94	12,02	12,09
2004	0,030	-3,13	0,015	0,045	-0,182	-0,098	-1,715	0,832	-0,427	-0,267	0,408	5,28	3,74	11,52	11,64

Tabla A4.7.9.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 8**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,019	-3,15	0,003	0,291	0,246	0,146	-1,89	0,864	-0,418	-0,063	0,429	5,69	4,14	12,49	12,60
1995	0,018	-3,15	0,002	0,314	0,358	0,169	-1,79	0,862	-0,420	0,026	0,427	5,75	4,41	11,81	12,00
1996	0,020	-3,12	0,003	0,479	0,660	0,334	-1,89	0,885	-0,396	0,163	0,450	5,85	4,39	12,74	12,90
1997	0,022	-3,22	0,002	0,519	0,702	0,374	-2,03	0,795	-0,487	0,166	0,360	6,02	4,54	12,88	13,00
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,021	-3,03	0,003	0,675	1,080	0,530	-1,96	0,978	-0,304	0,387	0,542	5,87	4,34	12,83	13,01
2000	0,020	-2,93	0,034	0,143	0,057	0,004	-2,04	0,965	-0,265	-0,153	0,554	5,03	3,55	11,23	12,18
2001	0,020	-2,95	0,027	0,186	0,162	0,047	-2,22	0,935	-0,292	-0,093	0,526	5,07	3,67	11,38	11,50
2002	0,020	-2,98	0,025	0,126	0,075	-0,012	-2,29	0,904	-0,321	-0,122	0,496	5,11	3,66	11,35	11,49
2003	0,023	-3,14	0,013	0,423	0,669	0,283	-2,16	0,762	-0,470	0,181	0,350	5,34	3,90	11,93	12,08
2004	0,022	-2,87	0,023	0,139	0,157	-0,001	-2,08	1,029	-0,202	-0,048	0,618	5,16	3,70	11,40	11,61

Tabla A4.7.10.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 9**

Fecha	F.I	Log[H_4SiO_4]	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS SiO_2(a)	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,016	-3,18	0,007	-0,115	-0,468	-0,260	-2,27	0,833	-0,448	-0,371	0,398	5,36	3,83	11,74	11,96
1995	0,014	-3,21	0,004	-0,115	-0,500	-0,260	-2,09	0,798	-0,484	-0,403	0,363	5,38	4,01	11,99	12,17
1996	0,015	-3,20	0,006	0,071	-0,214	-0,074	-2,02	0,807	-0,474	-0,303	0,372	5,38	4,05	12,01	12,11
1997	0,015	-3,07	0,008	0,165	0,012	0,020	-2,26	0,937	-0,345	-0,171	0,501	5,30	3,90	11,96	12,10
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,016	-2,97	0,007	-0,107	-0,415	-0,252	-2,28	1,042	-0,240	-0,326	0,607	5,31	3,85	11,75	12,00
2000	0,016	-3,21	0,012	-0,236	-0,774	-0,381	-2,10	0,800	-0,482	-0,556	0,364	5,14	3,66	11,27	11,52
2001	0,016	-3,22	0,007	-0,079	-0,500	-0,223	-2,13	0,781	-0,497	-0,444	0,347	5,28	3,88	11,84	11,94
2002	0,017	-3,22	0,010	-0,265	-0,802	-0,409	-2,24	0,774	-0,501	-0,562	0,341	5,21	3,73	11,39	11,56
2003	0,016	-3,35	0,007	-0,090	-0,513	-0,235	-2,14	0,662	-0,620	-0,440	0,226	5,23	3,82	11,73	11,85
2004	0,016	-3,11	0,009	-0,212	-0,731	-0,357	-2,17	0,896	-0,385	-0,537	0,461	5,15	3,75	11,50	11,65

Tabla A4.7.11.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 10**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,028	-3,29	0,003	0,325	0,294	0,180	-1,67	0,719	-0,562	-0,049	0,284	5,81	4,41	12,50	12,60
1995	0,024	-3,29	0,002	0,376	0,298	0,231	-1,51	0,718	-0,564	-0,096	0,283	5,82	4,43	12,71	12,71
1996	0,027	-3,17	0,003	0,371	0,315	0,225	-1,41	0,842	-0,440	-0,073	0,406	5,72	4,34	12,55	12,57
1997	0,025	-3,29	0,005	0,383	0,448	0,238	-1,72	0,720	-0,562	0,047	0,428	5,70	4,35	12,41	12,54
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,027	-3,32	0,002	0,739	1,15	0,593	-1,63	0,689	-0,593	0,398	0,253	6,12	4,64	13,23	13,35
2000	0,024	-3,31	0,006	0,330	0,226	0,184	-1,56	0,698	-0,584	-0,122	0,263	5,65	4,21	12,25	12,27
2001	0,027	-3,31	0,004	0,451	0,463	0,306	-1,50	0,688	-0,590	-0,011	0,255	5,79	4,37	12,68	12,69
2002	0,042	-3,30	0,013	0,057	-0,231	-0,087	-1,30	0,692	-0,583	-0,313	0,260	5,40	3,83	11,61	11,70
2003	0,034	-3,42	0,003	0,618	0,711	0,473	-1,29	0,581	-0,698	0,072	0,147	5,88	4,40	12,91	12,83
2004	0,040	-3,16	0,020	-0,122	-0,677	-0,267	-1,28	0,855	-0,427	-0,572	0,419	5,17	3,71	11,26	11,28

Tabla A4.7.12.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 11**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,014	-3,84	1,3E-5	0,906	2,12	0,760	-3,00	0,168	-1,11	1,19	-0,267	7,83	6,20	15,50	16,26
1995	0,014	-3,43	2E-4	0,737	1,582	0,592	-2,40	0,580	-0,701	0,828	0,145	6,85	5,52	14,19	14,75
1996	0,016	-3,26	2,15E-4	0,873	1,55	0,727	-2,06	0,745	-0,536	0,656	0,310	6,81	5,46	14,27	14,52
1997	0,015	-3,26	8,5E-4	0,942	1,54	0,797	-2,07	0,752	-0,530	0,579	0,317	6,36	4,94	13,70	13,80
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,016	-3,54	2,8E-4	0,548	1,35	0,402	-2,53	0,472	-0,810	0,784	0,037	6,82	5,40	13,79	14,49
2000	0,019	-3,39	0,001	0,515	1,003	0,370	-2,16	0,624	-0,658	0,469	0,188	6,38	4,85	13,15	13,57
2001	0,019	-3,32	0,001	0,705	1,303	0,559	-2,00	0,690	-0,592	0,581	0,255	6,52	5,05	13,56	13,91
2002	0,024	-3,37	0,001	0,843	0,936	0,699	-1,77	0,627	-0,650	0,070	0,194	6,68	5,07	13,63	13,32
2003	0,033	-3,50	0,001	0,844	1,442	0,699	-1,49	0,505	-0,776	0,580	0,070	6,50	4,88	13,43	13,64
2004	0,025	-3,36	0,006	0,431	0,587	0,286	-1,70	0,656	-0,626	0,138	0,220	5,85	4,27	12,36	12,53

Tabla A4.7.13.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 12**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,025	-3,38	0,003	0,254	0,478	0,109	-2,08	0,632	-0,650	0,206	0,196	6,10	4,53	12,46	12,88
1995	0,024	-3,38	0,002	0,264	0,495	0,118	-1,98	0,632	-0,649	0,213	0,197	6,10	4,56	12,61	13,03
1996	0,026	-3,35	0,003	0,462	0,643	0,317	-1,78	0,659	-0,623	0,163	0,224	6,11	4,57	12,68	12,85
1997	0,027	-3,35	0,003	0,507	0,735	0,362	-1,79	0,658	-0,623	0,209	0,223	6,16	4,62	12,77	12,95
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,024	-3,39	0,004	0,094	0,270	-0,051	-2,11	0,621	-0,661	0,159	0,186	5,99	4,33	12,19	12,73
2000	0,025	-3,40	0,004	0,434	0,527	0,289	-1,86	0,607	-0,675	0,074	0,172	6,03	4,47	12,53	12,64
2001	0,027	-3,39	0,001	0,683	1,250	0,538	-1,87	0,620	-0,659	0,546	0,186	6,48	4,88	13,25	13,58
2002	0,025	-3,41	0,002	0,559	1,079	0,415	-2,02	0,590	-0,686	0,496	0,157	6,32	4,72	13,02	13,42
2003	0,021	-3,52	0,002	0,602	0,982	0,456	-2,00	0,492	-0,790	0,364	0,057	6,15	4,68	13,01	13,24
2004	0,027	-3,30	0,003	0,371	0,552	0,225	-1,80	0,716	-0,567	0,165	0,280	6,09	4,48	12,52	12,79

Tabla A4.7.14.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 13**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,084	-3,35	0,005	0,547	0,725	0,402	-1,21	0,665	-0,616	0,160	0,230	6,18	4,29	12,50	12,58
1995	0,078	-3,29	0,006	0,503	0,694	0,358	-1,03	0,717	-0,565	0,174	0,282	6,01	4,33	12,44	12,58
1996	0,081	-3,21	0,007	0,575	0,955	0,429	-1,01	0,798	-0,483	0,362	0,363	5,81	4,31	11,99	12,25
1997	0,149	-3,91	0,011	0,826	1,246	0,681	-0,58	0,817	-0,464	0,402	0,382	5,72	4,28	12,47	12,52
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,081	-3,25	0,003	0,941	1,644	0,798	-1,00	0,729	-0,538	0,670	0,301	6,27	4,64	13,10	13,28
2000	0,125	-3,26	0,009	0,635	0,905	0,489	-0,67	0,771	-0,517	0,259	0,333	5,69	4,18	12,39	12,50
2001	0,088	-3,29	0,006	0,571	0,868	0,425	-0,83	0,732	-0,553	0,283	0,295	6,03	4,39	12,59	12,78
2002	0,062	-3,30	0,005	0,567	0,917	0,421	-1,31	0,715	-0,567	0,333	0,279	6,12	4,43	12,56	12,80
2003	0,072	-3,47	0,003	0,749	1,228	0,603	-0,95	0,551	-0,737	0,468	0,113	6,32	4,60	12,93	13,13
2004	0,086	-3,19	0,005	0,671	1,028	0,525	-0,82	0,836	-0,453	0,346	0,397	6,21	4,50	12,70	12,85

Tabla A4.7.15.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 14**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,130	-3,07	0,005	0,755	1,193	0,609	-1,09	0,946	-0,336	0,420	0,510	6,07	4,42	12,75	12,88
1995	0,129	-3,09	0,007	0,396	0,457	0,251	-0,92	0,926	-0,356	0,043	0,491	5,72	4,21	12,26	12,38
1996	0,148	-3,06	0,013	0,365	0,483	0,220	-0,88	0,949	-0,332	0,100	0,514	5,43	4,03	11,95	12,16
1997	0,132	-3,06	0,011	0,629	0,889	0,484	-0,92	0,947	-0,335	0,242	0,512	5,61	4,12	12,29	12,37
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,149	-3,1	0,006	0,757	1,224	0,612	-0,93	0,898	-0,377	0,442	0,466	5,76	4,32	12,68	12,82
2000	0,136	-3,08	0,013	0,334	0,388	0,190	-0,92	0,914	-0,362	0,030	0,481	5,47	4,03	11,91	12,07
2001	0,147	-3,10	0,009	0,503	0,718	0,359	-0,86	0,889	-0,384	0,188	0,458	5,65	4,20	12,34	12,49
2002	0,083	-3,16	0,007	0,485	0,664	0,341	-1,04	0,824	-0,446	0,149	0,395	5,71	4,19	12,33	12,45
2003	0,129	-3,24	0,013	0,758	1,124	0,613	-0,39	0,762	-0,513	0,342	0,330	5,35	4,04	12,32	12,36
2004	0,083	-3,00	0,007	0,471	0,621	0,327	-1,03	0,996	-0,281	0,127	0,563	5,71	4,19	12,34	12,45

Tabla A4.7.16.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 15**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolomita	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnesita	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,162	-3,17	0,010	0,432	0,736	0,287	-1,06	0,846	-0,436	0,286	0,410	5,79	4,15	12,15	12,47
1995	0,154	-3,08	0,006	0,301	0,444	0,156	-0,88	0,929	-0,352	0,125	0,494	5,75	4,25	12,21	12,50
1996	0,156	-3,07	0,012	0,341	0,346	0,196	-0,79	0,944	-0,338	-0,013	0,508	5,46	4,13	11,98	12,09
1997	0,166	-3,07	0,011	0,332	0,378	0,187	-0,79	0,945	-0,336	0,028	0,510	5,56	4,30	11,99	12,06
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,178	-3,13	0,005	0,659	1,078	0,515	-0,85	0,858	-0,411	0,388	0,429	5,72	4,29	12,62	12,80
2000	0,184	-3,10	0,013	0,286	0,415	0,142	-0,99	0,884	-0,385	0,099	0,455	5,48	4,03	11,87	12,13
2001	0,185	-3,11	0,007	0,441	0,702	0,297	-0,80	0,872	-0,394	0,227	0,444	5,65	4,31	12,39	12,62
2002	0,185	-3,11	0,010	0,299	0,424	0,156	-0,80	0,866	-0,397	0,089	0,440	5,50	4,16	11,99	12,22
2003	0,138	-3,26	0,006	0,636	1,047	0,492	-1,06	0,735	-0,537	0,384	0,304	5,66	4,30	12,56	12,76
2004	0,179	-2,99	0,012	0,308	0,380	0,164	-0,82	0,995	-0,275	0,042	0,565	5,51	4,07	11,92	12,10

Tabla A4.7.17.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para el **Pozo 16**

Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolom.	IS aragonito	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnes.	IS calcedonia	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
1994	0,168	-3,19	0,011	0,251	0,094	0,105	-0,57	0,820	-0,461	-0,175	0,385	5,15	3,84	11,90	11,95
1995	0,158	-3,18	0,007	0,448	0,475	0,303	-0,51	0,828	-0,454	0,009	0,392	5,63	4,13	12,32	12,35
1996	0,134	-3,15	0,012	0,233	0,000	0,088	-0,52	0,859	-0,423	-0,251	0,424	5,31	3,96	11,85	11,84
1997	0,110	-3,15	0,008	0,164	-0,016	0,018	-0,59	0,864	-0,418	-0,198	0,428	5,42	4,19	11,94	12,05
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,180	-3,13	0,005	0,749	1,142	0,604	-0,45	0,879	-0,402	0,375	0,444	5,66	4,31	12,79	12,89
2000	0,165	-3,21	0,012	0,433	0,498	0,288	-0,46	0,803	-0,479	0,048	0,367	5,35	4,00	12,06	12,14
2001	0,143	-3,21	0,007	0,508	0,616	0,363	-0,38	-0,791	-0,488	0,087	0,357	5,39	4,15	12,43	12,48
2002	0,143	-3,20	0,010	0,280	0,216	0,136	-0,29	0,795	-0,481	-0,088	0,362	5,47	3,98	11,95	12,05
2003	0,132	-3,56	0,011	0,414	0,285	0,269	-0,44	0,456	-0,825	-0,148	0,021	5,17	3,98	12,07	11,97
2004	0,143	-3,10	0,011	0,335	0,299	0,190	-0,39	0,914	-0,369	-0,053	0,478	5,30	4,01	11,98	12,07

Tabla A4.7.18.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para los sondeos S-1, S-2, S-3 y S-7

NOMBRE	Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolom.	IS aragon.	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnes.	IS calced.	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
S-1	05/2003	0,019	-3,09	0,001	0,706	1,35	0,562	-2,37	0,893	-0,378	0,063	0,463	6,56	4,81	13,29	13,10
S-1	11/2003	0,016	-3,08	0,003	0,038	0,296	-0,106	-2,49	0,910	-0,364	-0,321	0,478	5,93	4,38	12,25	12,35
S-1	11/2004	0,017	-3,06	0,004	0,140	0,475	-0,004	-2,48	0,924	-0,345	-0,245	0,495	5,94	4,37	12,20	12,27
S-2	05/2003	0,016	-3,08	0,002	-0,260	-0,438	-0,403	-2,41	0,898	-0,369	-0,760	0,470	5,95	4,28	12,17	12,11
S-2	11/2003	0,018	-3,04	0,004	0,061	0,394	-0,082	-2,56	0,934	-0,333	-0,249	0,506	5,99	4,36	12,12	12,26
S-2	11/2004	0,017	-3,10	0,003	0,121	0,382	-0,023	-2,46	0,876	-0,390	-0,321	0,448	6,01	4,43	12,35	12,36
S-3	05/2003	0,020	-3,04	0,015	-0,898	-1,67	-1,04	-1,94	0,963	-0,316	-1,35	0,529	4,85	3,29	10,61	10,62
S-3	11/2003	0,019	-3,05	0,010	-0,772	-1,34	-0,917	-2,04	0,948	-0,329	-1,15	0,515	5,02	3,54	10,89	10,98
S-3	11/2004	0,020	-3,03	0,010	-0,745	-1,32	-0,890	-1,98	0,977	-0,302	-1,16	0,543	5,06	3,52	10,94	10,99
S-7	05/2003	0,020	-3,11	0,010	-0,531	-0,898	-0,672	-1,89	0,815	-0,427	-0,995	0,399	5,07	3,59	11,11	11,10
S-7	11/2003	0,020	-3,10	0,006	-0,324	-0,457	-0,466	-2,00	0,823	-0,421	-0,721	0,406	5,22	3,81	11,51	11,53
S-7	11/2004	0,021	-3,12	0,008	-0,417	-0,625	-0,558	-1,98	0,809	-0,434	-0,797	0,392	5,23	3,76	11,34	11,38

Tabla A4.7.19.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para los sondeos S-12, S-16 y S-22

NOMBRE	Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolom.	IS aragon.	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnes.	IS calced.	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
S-12	05/2003	0,085	-3,06	0,004	0,371	0,880	0,227	-1,02	0,922	-0,346	-0,072	0,493	6,00	4,19	12,41	12,41
S-12	11/2003	0,082	-3,05	0,009	0,148	0,399	0,005	-1,01	0,920	-0,346	-0,332	0,492	5,70	4,00	11,86	11,83
S-12	11/2004	0,087	-3,30	0,004	0,435	0,417	0,291	-1,11	0,687	-0,582	-0,049	0,257	6,10	4,35	12,55	12,52
S-16	01/1997	0,031	-3,14	0,017	-0,425	-0,593	-0,568	-1,54	0,823	-0,438	-0,752	0,398	5,07	3,31	11,00	11,11
S-16	11/2003	0,034	-3,30	0,010	-0,027	0,225	-0,170	-1,61	0,667	-0,596	-0,331	0,241	5,36	3,81	11,64	11,78
S-16	11/2004	0,032	-3,02	0,017	-0,177	-0,095	-0,320	-1,73	0,945	-0,318	-0,501	0,518	5,14	3,56	11,26	11,38
S-22	03/2001	0,020	-3,70	0,015	-0,818	-1,48	-0,963	-2,12	0,310	-0,971	-1,24	-0,125	4,91	3,37	10,68	10,73
S-22	06/2002	0,021	-3,70	0,014	-0,760	-1,37	-0,905	-1,99	0,304	-0,974	-1,19	-0,130	4,96	3,38	10,76	10,80
S-22	05/2003	0,030	-3,70	0,017	-0,690	-1,23	-0,835	-1,66	0,308	-0,971	-1,12	-0,126	5,70	3,40	10,76	10,79
S-22	11/2003	0,029	-3,12	0,010	-0,418	-0,667	-0,563	-1,64	0,879	-0,398	-0,826	0,446	5,27	3,69	11,28	11,33
S-22	11/2004	0,031	-3,11	0,015	-0,632	-0,986	-0,777	-1,67	0,889	-0,389	-0,931	0,456	5,03	3,49	10,87	11,03

Tabla A4.7.20.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para los sondeos S-27 y S-28

NOMBRE	Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolom.	IS aragon.	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnes.	IS calced.	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
S-27	03/2001	0,062	-3,43	0,003	0,201	0,330	0,057	-1,31	0,564	-0,711	-0,451	0,132	6,08	4,12	12,36	12,17
S-27	06/2002	0,061	-3,26	0,004	-0,073	-0,174	-0,217	-1,16	0,726	-0,546	-0,681	0,296	5,95	3,95	12,02	11,87
S-27	05/2003	0,063	-3,16	0,008	-0,248	-0,479	-0,392	-1,21	0,833	-0,440	-0,811	0,402	5,66	3,79	11,53	11,42
S-27	11/2003	0,067	-3,16	0,008	-0,338	-0,659	-0,482	-1,22	0,838	-0,437	-0,900	0,406	5,66	3,83	11,43	11,33
S-27	11/2004	0,074	-3,18	0,007	-0,262	-0,584	-0,407	-1,11	0,817	-0,458	-0,901	0,385	5,74	3,92	11,58	11,41
S-28	03/2001	0,119	-3,39	0,0001	1,36	2,84	1,22	-0,77	0,576	-0,684	0,898	0,151	7,55	5,69	14,94	14,91
S-28	06/2002	0,103	-3,32	0,003	0,589	1,04	0,446	-1,22	0,645	-0,617	-0,136	0,219	6,40	4,57	12,80	12,52
S-28	05/2003	0,084	-3,24	0,007	-0,218	-0,335	-0,362	-1,14	0,734	-0,530	-0,699	0,307	5,82	3,77	11,59	11,55
S-28	11/2003	0,079	-3,22	0,005	-0,090	-0,082	-0,233	-1,14	0,742	-0,520	-0,576	0,316	5,91	3,96	11,86	11,81
S-28	11/2004	0,080	-3,28	0,006	-0,133	-0,144	-0,276	-1,16	0,688	-0,574	-0,595	0,263	5,88	3,96	11,75	11,73

Tabla A5.7.21.- Datos Hidroquímicos calculados por el programa WateQ4f para los sondeos S-30 y S-32

NOMBRE	Fecha	F.I	Log $[H_4SiO_4]$	PCO_2 (atm)	IS calcita	IS dolom.	IS aragon.	IS yeso	IS cuarzo	IS $SiO_2(a)$	IS magnes.	IS calced.	Na/H	K/H	Ca/H	Mg/H
S-30	03/2001	0,048	-3,34	0,004	0,043	0,216	-0,102	-1,83	0,649	-0,625	-0,406	0,217	6,12	4,33	12,15	12,16
S-30	06/2002	0,046	-3,24	0,005	-0,470	-1,53	-0,614	-1,56	0,752	-0,519	-1,08	0,322	5,77	3,85	11,52	11,37
S-30	05/2003	0,079	-3,25	0,008	-0,426	-0,845	-0,571	-1,25	0,747	-0,529	-0,997	0,315	5,66	3,82	11,36	11,25
S-30	11/2003	0,084	-3,26	0,005	-0,164	-0,673	-0,308	-1,17	0,734	-0,537	-1,09	0,304	5,91	4,15	11,81	11,33
S-30	11/2004	0,107	-3,19	0,006	-0,250	-0,466	-0,395	-1,05	0,799	-0,474	-0,795	0,368	5,86	4,11	11,64	11,56
S-32	02/2003	0,055	-3,33	0,002	0,344	0,771	0,201	-1,27	0,627	-0,630	-0,158	0,203	6,21	4,31	12,73	12,66
S-32	05/2003	0,059	-3,34	0,007	-0,233	-0,370	-0,376	-1,28	0,618	-0,641	-0,722	0,194	5,67	3,79	11,60	11,55
S-32	07/2003	0,054	-3,58	0,003	0,235	0,285	0,092	-1,37	0,370	-0,885	-0,535	-0,053	6,02	4,26	12,38	12,05
S-32	11/2003	0,061	-3,22	0,003	0,088	0,250	-0,055	-1,30	0,735	-0,524	-0,422	0,310	6,01	4,21	12,21	12,14
S-32	04/2004	0,060	-3,23	0,002	0,298	0,590	0,155	-1,22	0,731	-0,528	-0,292	0,307	6,16	4,29	12,56	12,40
S-32	09/2004	0,059	-3,24	0,004	-0,416	-0,773	-0,559	-1,22	0,714	-0,543	-0,942	0,290	5,70	3,91	11,67	11,58
S-32	11/2004	0,061	-3,20	0,003	0,088	0,239	-0,054	-1,27	0,748	-0,508	-0,435	0,325	6,03	4,26	12,24	12,15

ANEXOS DEL CAPÍTULO V
(ESTUDIO DE COMPUESTOS ORGÁNICOS)

A5.1. PREPARACIÓN DE PATRONES

A continuación se presentan las tablas de la concentración de patrones usados para las respectivas curvas de calibrado. Las tablas recogen los siguientes datos:

- El nombre del compuesto
- La concentración del patrón madre (mg/L)
- La pureza del patrón (%)
- Las concentraciones secundarias usadas para las curvas de calibrado (µg/L)

Tabla A5.1.1.- Concentración de Pesticidas Organoclorados

CONCENTRACION DE PESTICIDAS CLORADOS										
Pesticida	Concentración patrón (mg/L)	Pureza patrón (%)	Concentración SM5 (mg/L)	Concentración SC 500 (µg/L)	Concentración SC 250 (µg/L)	Concentración SC 100 (µg/L)	Concentración SC 50 (µg/L)	Concentración SC 25 (µg/L)	Concentración SC 15 (µg/L)	Concentración SC 10 (µg/L)
Aldrin	2000	98,5	4,925	492,5	246,3	98,5	49,3	24,6	14,8	9,85
4,4'-DDD	2000	98,0	4,900	490,0	245,0	98,0	49,0	24,5	14,7	9,80
4,4'-DDE	2000	98,5	4,925	492,5	246,3	98,5	49,3	24,6	14,8	9,85
4,4'-DDT	2000	99,5	4,975	497,5	248,8	99,5	49,8	24,9	14,9	9,95
Dieldrin	2000	97,5	4,875	487,5	243,8	97,5	48,8	24,4	14,6	9,75
Endosulfan-Alfa	2000	97,0	4,850	485,0	242,5	97,0	48,5	24,3	14,6	9,70
Endosulfan-Beta	2000	98,0	4,900	490,0	245,0	98,0	49,0	24,5	14,7	9,80
Endosulfan-sulfato	2000	97,5	4,875	487,5	243,8	97,5	48,8	24,4	14,6	9,75
Endrin	2000	99,0	4,950	495,0	247,5	99,0	49,5	24,8	14,9	9,9
Endrin aldehido	2000	99,5	4,975	497,5	248,7	99,5	49,7	24,9	14,7	9,8
HCH-Alfa	2000	97,5	4,875	487,50	243,8	97,5	48,8	24,4	14,6	9,75
HCH-Beta	2000	97,7	4,885	488,50	244,3	97,7	48,9	24,4	14,7	9,77
HCH-Gamma	2000	99,5	4,975	497,50	248,8	99,5	49,8	24,9	14,9	9,95
HCH-delta	2000	96,0	4,800	480,0	240,0	96,0	48,0	24,0	14,4	9,6
Heptacloro	2000	99,5	4,975	497,5	248,8	99,5	49,8	24,9	14,9	9,95
Heptacloro epóxido	2000	94,0	4,700	470,0	235,0	94,0	47,0	23,5	14,1	9,4
Metoxiclor	2000	98,5	4,925	-	492,5	246,3	98,5	49,3	24,6	14,8

Tabla A5.1.2.- Concentración de Policloruros Bifenilos

CONCENTRACION DE PCBs										
PCBs	Concentración patrón (mg/L)	Pureza patrón (%)	Concentración SM 0,5 mg/L	Concentración SC 50 (µg/L)	Concentración SC 25 (µg/L)	Concentración SC 10 (µg/L)	Concentración SC 5 (µg/L)	Concentración SC 2,5 (µg/L)	Concertación SC 1,5 (µg/L)	Concentración SC 1 (µg/L)
PCB28	10	99,5	0,4975	49,75	24,88	9,95	4,98	2,49	1,49	1,00
PCB31	10	99,0	0,4950	49,50	24,75	9,90	4,95	2,48	1,49	0,99
PCB52	10	99,0	0,4950	49,50	24,75	9,90	4,95	2,48	1,49	0,99
PCB77	10	99,5	0,4975	49,75	24,88	9,95	4,98	2,49	1,49	1,00
PCB101	10	99,0	0,4950	49,50	24,75	9,90	4,95	2,48	1,49	0,99
PCB105	10	97,5	0,4875	48,75	24,38	9,75	4,88	2,44	1,46	0,98
PCB118	10	97,0	0,4850	48,50	24,25	9,70	4,85	2,43	1,46	0,97
PCB126	10	99,0	0,4950	49,50	24,75	9,90	4,95	2,48	1,49	0,99
PCB128	10	99,0	0,4950	49,50	24,75	9,90	4,95	2,48	1,49	0,99
PCB138	10	99,5	0,4975	49,75	24,88	9,95	4,98	2,49	1,49	1,00
PCB153	10	97,5	0,4875	48,75	24,38	9,75	4,88	2,44	1,46	0,98
PCB156	10	99,0	0,4950	49,50	24,75	9,90	4,95	2,48	1,49	0,99
PCB169	10	99,0	0,4950	49,50	24,75	9,90	4,95	2,48	1,49	0,99
PCB170	10	100	0,5000	50,00	25,00	10,00	5,00	2,50	1,50	1,00
PCB180	10	98	0,4900	49,00	24,50	9,80	4,90	2,45	1,47	0,98

Tabla A5.1.3.- Concentración de Pesticidas Organofosforados

CONCNETRACION DE PESTICIDAS FOSFORADOS										
Pesticida	Concentración patrón (mg/L)	Pureza patrón (%)	Concentración SM 2 (mg/L)	Concentración SC 400 (µg/L)	Concentración SC 200 (µg/L)	Concentración SC 100 (µg/L)	Concentración SC 50 (µg/L)	Concentración SC 40 (µg/L)	Concentración SC 20 (µg/L)	Concentración SC 10 (µg/L)
Azinfos etil	10	99,0	1,980	396,0	198,0	99,0	49,5	39,6	19,8	9,90
Azinfos metil	10	97,6	1,952	390,4	195,2	97,6	48,8	39,0	19,5	9,76
Bromofos etil	10	98,2	1,964	392,8	196,4	98,2	49,1	39,3	19,6	9,82
Bromofos metil	10	99,9	1,998	399,6	199,8	99,9	50,0	40,0	20,0	9,99
Carbofenotion	10	96,0	1,920	384,0	192,0	96,0	48,0	38,4	19,2	9,60
Clorfenvinphos	10	94,5	1,890	378,0	189,0	94,5	47,3	37,8	18,9	9,45
Clorpirifos	10	99,5	1,990	398,0	199,0	99,5	49,8	39,8	19,9	9,95
Clorpirifos metil	10	99,5	1,990	398,0	199,0	99,5	49,8	39,8	19,9	9,95
Diazinon	10	94,0	1,880	376,0	188,0	94,0	47,0	37,6	18,8	9,40
Diclofenotion	10	96,0	1,920	384,0	192,0	96,0	48,0	38,4	19,2	9,60
Diclorvos	10	97,0	1,940	388,0	194,0	97,0	48,5	38,8	19,4	9,70
Ethion	10	94,0	1,880	376,0	188,0	94,0	47,0	37,6	18,8	9,40
Etrimfos	10	41,0	0,820	164,0	82,0	41,0	20,4	16,4	8,2	4,10
Fenclorvos	10	98,8	1,976	395,2	197,6	98,8	49,4	39,5	19,8	9,88
Fonofos	10	94,0	1,880	376,0	188,0	94,0	47,0	37,6	18,8	9,40
Malation	10	99,5	1,990	398,0	199,0	99,5	49,8	39,8	19,9	9,95
Metacrifos	10	95,5	1,910	382,0	191,0	95,5	47,8	38,2	19,1	9,55
Metidation	10	97,0	1,940	388,0	194,0	97,0	48,5	38,8	19,4	9,70
Pirimifos etil	10	98,2	1,964	392,8	196,4	98,2	49,1	39,3	19,6	9,82
Pirimifos metil	10	99,9	1,998	399,6	199,8	99,9	50,0	40,0	20,0	9,99
Propetamfos	10	95,0	1,900	380,0	190,0	95,0	47,5	38,0	19,0	9,50
Sulfotep	10	97,0	1,940	388,0	194,0	97,0	48,5	38,8	19,4	9,70
Tetraclorvinfos	10	99,5	1,990	398,0	199,0	99,5	49,8	39,8	19,9	9,95

Tabla A5.1.4.- Concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

CONCNETRACION DE PAHs										
Hidrocarburo	Concentración patrón (mg/L)	Pureza patrón (%)	Concentración SM 2 (mg/L)	Concentración SC 200 (µg/L)	Concentración SC 100 (µg/L)	Concentración SC 50 (µg/L)	Concentración SC 40 (µg/L)	Concentración SC 20 (µg/L)	Concentración SC 10 (µg/L)	Concentración SC 5 (µg/L)
Acenafteno	1000	99,5	17,910	1791,0	895,50	447,75	358,20	179,10	89,55	44,78
Acenaftileno	2000	98,0	35,280	3528,0	1764,00	882,00	705,60	352,80	176,40	88,20
Antraceno	100	99,5	1,791	179,1	89,55	44,78	35,82	17,91	8,96	4,48
Benzo(a) Antraceno	100	99,5	1,791	179,1	89,55	44,78	35,82	17,91	8,96	4,48
Benzo(b) Fluoranteno	200	99,5	3,582	358,2	179,1	89,55	71,64	35,82	17,91	8,96
Benzo(k) Fluoranteno	100	99,5	1,791	179,1	89,55	44,78	35,82	17,91	8,96	4,48
Benzo(g,h,i) Perileno	200	99,0	3,564	356,4	178,20	89,10	71,28	35,64	17,82	8,91
Benzo(a) pireno	100	99,5	1,791	179,1	89,55	44,78	35,82	17,91	8,96	4,48
Criseno	100	99,5	1,791	179,1	89,55	44,78	35,82	17,91	8,96	4,48
Dibenzo(a,h) antraceno	200	99,5	3,582	358,2	179,10	89,55	71,64	35,82	17,91	8,96
Fluoranteno	200	98,0	3,528	352,8	176,40	88,20	70,56	35,28	17,64	8,82
Fluoreno	200	99,0	3,564	356,4	178,20	89,10	71,28	35,64	17,82	8,91
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	100	99,5	1,791	179,1	89,55	44,78	35,82	17,91	8,96	4,48
Naftaleno	1000	99,8	17,964	1796,4	898,20	449,10	359,28	179,64	89,82	44,91
Fenantreno	100	97,5	1,755	175,5	87,75	43,88	35,10	17,55	8,78	4,39
Pireno	100	99,5	1,791	179,1	89,55	44,78	35,82	17,91	8,96	4,48

A5.2. CONDICIONES DEL MS-MS

A continuación se presentan las tablas de las condiciones del MS-MS usadas para los respectivos métodos usados en los análisis de los compuestos orgánicos. Las tablas recogen los siguientes datos:

- El Tiempo de retención de cada compuesto (min.): tiempo transcurrido entre la inyección de la muestra y el máximo del pico cromatográfico.

- El ion precursor de cada compuesto (m/z) (ó ion padre).

- El ion de cuantificación (m/z)

- Ventana (m/z): ventana de aislamiento del ion. El rango está entre 1.0 y 14.0 m/z y depende del par masa-carga, por defecto es de 3.0 m/z.

- Tipo: indica si el compuesto es resonante o no resonante (un compuesto es resonante cuando presenta diferentes formas de distribución electrónica).

- SL (m/z): Excitation Storage Level (nivel de almacenamiento de excitación), esto es cuando la disociación de la longitud de onda se aplica después del aislamiento.

- Amplitud de excitación (v): hay diferentes rangos para compuestos resonantes y no resonantes.

Tabla A5.2.1.- Condiciones del MS-MS para los Pesticidas Organoclorados

	Tiempo de retención	Ion precursor (m/z)	Ion de cuantificación (m/z)	Ventana	Tipo	SL (m/z)	Amplitud de excitación (v)
α-Lindano	14,758	219	181:183	3	NR	100	70
ß-Lindano	15,476	219	181:183	3	NR	100	70
γ-Lindano	15,618	219	181:183	3	NR	100	70
δ-Lindano	16,366	219	181:183	3	NR	100	70
Heptacloro	17,325	272	235+237	3	NR	75	59
Aldrin	18,136	263	191:193	3	NR	90	97
Heptacloro epoxido	19,095	353	251+253+287+289	3	NR	75	50
α-Endosulfan	19,792	339	195+265:267	3	NR	125	62
DDE	20,259	318	246:248	3	NR	100	79
Dieldrin	20,348	277	204:206+277	3	NR	100	93
Endrin	20,784	339	243:245	3	NR	125	61
ß-Endosulfan	21,016	345	195+197+265:267	3	NR	120	77
DDD	21,110	235	165	3	NR	75	63
Endrin aldheido	21,303	281	243:245+279+281	3	NR	100	86
Endosulfan sulfato	21,785	387	245+289	3	NR	71	36
DDT	21,849	235	165	3	NR	75	63
Metoxichlor	26,083	277	141+169+181	3	NR	90	83

Tabla A5.2.2.- Condiciones del MS-MS para los Pesticidas Organofosforados

	Tiempo de retención	Ion precursor (m/z)	Ion de cuantificación (m/z)	Ventana	Tipo	SL (m/z)	Amplitud de excitación (v)
Diclorvos	10,222	185	93	3	NR	57	50
Metacrifos	12,624	208	180	3	NR	85	51
Sulfotep	14,285	322	238+266+294	3	NR	75	40
Propetamfos	15,622	138	110	3	NR	55	47
Fonofos	15,777	246	137	3	NR	48	18
Diazinon	15,807	304	162+179	3	NR	110	65
Etrimfos	16,229	292	153+181+263	3	NR	70	45
Diclofention	16,821	279	223	3	NR	110	63
Clorpirifos metil	16,986	286	136+208+241	3	NR	85	73
Fenclorvos	17,387	285	240	3	NR	110	98
Pirimifos metil	17,643	290	151	3	NR	85	64
Malation	17,931	173	99+145+177	3	NR	75	41
Clorpirifos etil	18,066	314	258+286	3	NR	172	98
Pirimifos etil	18,544	318	182+246	3	NR	120	85
Bromofos metil	18,576	331	331	3	NR	140	98
Clorfenvinfos	19,038	267	159+203	3	NR	100	83
Bromofos etil	19,448	359	301+303	3	NR	140	79
Metidation	19,481	145	85	3	NR	70	44
Tetraclorvinfos	19,616	331	109	3	NR	80	63
Etion	21,068	231	175+203	3	NR	100	62
Carbofention	21,620	342	199+296+171+157	3	NR	150	71
Azinfos metil	23,528	132	104+77	3	NR	60	61
Azinfos etil	24,118	132	104+77	3	NR	60	61

Tabla A5.2.3.- Condiciones del MS-MS para los Policloruros Bifenilos (PCBs)

	Tiempo de retención	Ion precursor (m/z)	Ion de cuantificación (m/z)	Ventana	Tipo	SL (m/z)	Amplitud de excitación (v)
PCB 28	16,774	258	186:188	2	R	133	1,12
PCB 31	16,774	258	186:188	2	R	133	1,12
PCB 52	17,765	292	220:222+255:257	2	R	157	1,06
PCB 101	20,485	326	289:291+254+256	2	R	145	1,20
PCB 77	21,770	292	220:222+290	2	R	120	1,10
PCB 118	22,571	326	254:256+324+291	2	R	145	1,06
PCB 153	23,270	360	288:290+358	2	R	206	1,60
PCB 105	23,426	326	254:256+291+324	2	R	145	1,20
PCB 138	24,186	360	288:290+358	2	R	206	1,55
PCB 126	25,924	326	254:256+325	2	R	145	1,13
PCB 128	25,086	360	288:290+324+325	2	R	206	1,25
PCB 156	25,924	360	288:290+358	2	R	206	1,25
PCB 180	26,456	396	324:326+360+361	2	R	231	1,56
PCB 169	27,213	360	288:290+358	2	R	206	1,30
PCB 170	27,411	394	322:324+357:359	2	R	231	1,55

Tabla A5.2.4.- Condiciones del MS-MS para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

	Tiempo de retención	Ion precursor (m/z)	Ion de cuantificación (m/z)	Ventana	Tipo	SL (m/z)	Amplitud de excitación (v)
Naftaleno	9,006	128	126+102+77	2	R	60	1,25
Acenaftileno	10,727	152	150	2	R	75	0,95
Acenafteno	10,956	153	152	2	R	75	0,70
Fluoreno	11,783	165	163	2	R	75	0,79
Fenantreno	14,215	178	176+152	2	R	75	0,70
Antraceno	14,364	178	176+152	2	R	75	0,70
Fluoranteno	17,517	202	200+201	2	R	75	0,90
Pireno	18,100	202	200+201	2	R	75	0,90
Benzo(a)antraceno	21,217	228	226	2	R	85	1,00
Criseno	21,304	228	226	2	R	85	1,00
Benzo(b)Fluoranteno	24,625	252	250	2	R	90	1,30
Benzo(k)Fluoranteno	24,726	252	250	2	R	90	1,30
Benzo(a)pireno	25,774	252	250	2	R	90	1,30
Indeno(1,2,3-c,d)Perileno	29,994	276	274	2	R	90	1,80
Dibenzo(a,h)antraceno	29,991	278	276	2	R	90	1,80
Benzo(g,h,i)Perileno	30,693	276	274	2	R	90	1,80

A5.3. LÍMITES DE DETECCIÓN Y DE CUANTIFICACIÓN

Tabla A5.3.1.- Límites de detección y cuantificación para los pesticidas organoclorados

	Límite de detección (µg/L)	Límite de cuantificación (µg/L)
α-Lindano	0,006	0,019
ß-Lindano	0,006	0,020
γ-Lindano	0,006	0,020
δ-Lindano	0,006	0,018
Heptacloro	0,006	0,020
Aldrin	0,006	0,020
Heptacloro epoxido	0,006	0,019
α-Endosulfan	0,006	0,019
DDE	0,006	0,020
Dieldrin	0,006	0,020
Endrin	0,006	0,020
ß-Endosulfan	0,006	0,020
DDD	0,006	0,020
Endrin aldheido	0,006	0,020
Endosulfan sulfato	0,006	0,019
DDT	0,006	0,020
Metoxiclor	0,006	0,019

Tabla A5.3.2.- Límites de detección y cuantificación para los pesticidas organofosforados

	Límite de detección (µg/L)	Límite de cuantificación (µg/L)
Diclorvos	0,006	0,019
Metacrifos	0,006	0,019
Sulfotep	0,006	0,019
Propetamfos	0,006	0,019
Fonofos	0,006	0,019
Diazinon	0,006	0,019
Etrimfos	0,002	0,008
Diclofention	0,006	0,019
Clorpirifos metil	0,006	0,020
Fenclorvos	0,006	0,020
Pirimifos metil	0,006	0,020
Malation	0,006	0,020
Clorpirifos etil	0,006	0,020
Pirimifos etil	0,006	0,020
Bromofos metil	0,006	0,020
Clorfenvinfos	0,006	0,019
Bromofos etil	0,006	0,020
Metidation	0,006	0,019
Tetraclorvinfos	0,006	0,020
Etion	0,006	0,019
Carbofention	0,006	0,019
Azinfos metil	0,006	0,019
Azinfos etil	0,006	0,020

Tabla A5.3.3.- Límites de detección y cuantificación para los policloruros bifenilos (PCBs)

	Límite de detección (µg/L)	Límite de cuantificación (µg/L)
PCB 28	0.001	0.002
PCB 31	0.0005	0.002
PCB 52	0.0005	0.002
PCB 101	0.0005	0.002
PCB 77	0.001	0,002
PCB 118	0.0005	0.002
PCB 153	0.0005	0.002
PCB 105	0.0005	0.002
PCB 138	0.001	0,002
PCB 126	0.0005	0.002
PCB 128	0.0005	0.002
PCB 156	0.0005	0.002
PCB 180	0.0005	0.002
PCB 169	0.0005	0.002
PCB 170	0.001	0,002

Tabla A5.3.4.- Límites de detección y cuantificación para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

	Límite de detección (µg/L)	**Límite de cuantificación (µg/L)**
Naftaleno	13.5	0,080
Acenaftileno	26.5	0,080
Acenafteno	13.4	0,045
Fluoreno	2.6	0,018
Fenantreno	1.3	0,009
Antraceno	1.3	0,009
Fluoranteno	2.6	0,018
Pireno	1.3	0,009
Benzo(a)antraceno	1.3	0,009
Criseno	1.3	0,009
Benzo(b)Fluoranteno	2.6	0,018
Benzo(k)Fluoranteno	1.3	0,009
Benzo(a)pireno	1.3	0,009
Indeno(1,2,3-c,d)Perileno	1.3	0,009
Dibenzo(a,h)antraceno	2.6	0,018
Benzo(g,h,i)Perileno	2.6	0,018

A5.4. CROMATOGRAMAS

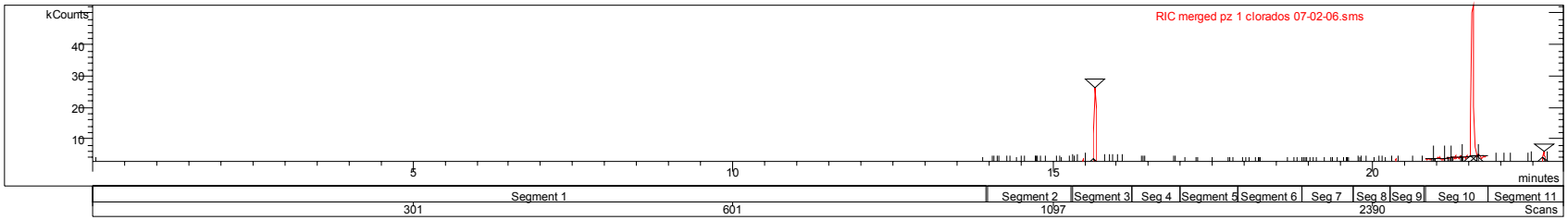
En este apartado se presentan los resultados dados por los análisis cromatográficos de todas las muestras objeto de estudio. Estos informes son los realizados por el mismo cromatógrafo y presenta el cromatograma de cada análisis con los consiguientes resultados.

Primero se expondrán todos los resultados de los Pesticidas Organoclorados, después los Pesticidas Organofosforados, los PCBs y finalmente los HAPs.

A5.4.1. PESTICIDAS ORGANOCLORADOS

Sample Report for pz 1 clorados 07-02-06.sms

Sample ID:	Pz 1 Clorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	23/01/06 11:17
Acquisition Date:	07/02/06 21:59	Data File:	c:\... pz 1 clorados 0
Calculation Date:	07/02/06 22:22	Method:	c:\... pesticidas msms
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	14,748	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,664	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,814	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,639	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,440	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,402	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,235	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	19,817	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,446	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,480	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	20,865	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,275	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,124	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,296	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	21,979	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	21,840	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Run Documentation

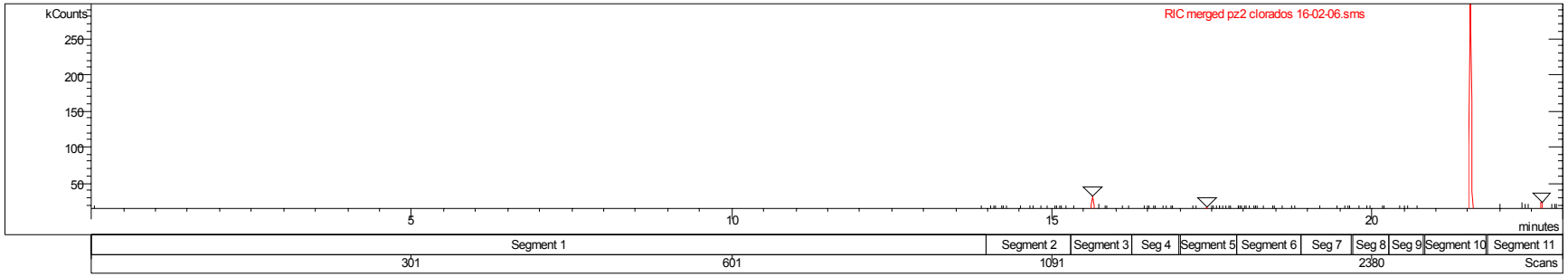
Run Logs

```
MODULE ATTRIBUTES        Printed: 20/02/06 13:00
Module: Saturn 2000.40

Saturn GC/MS Workstation Version 5.51
    Module Software Version:              FF0E
    Module Option Keys:                   EI CI SIS MS/MS
Setpoints
    Trap Temperature:                         180 degrees C
    Manifold Temperature:                      50 degrees C
    Transfer Line Temperature:                280 degrees C
    Filament Number:                            1
    Axial Modulation Voltage:                 4.0 volts
Air/Water Check
    Last Checked:                         07/02/06 9:37
    Air Level Test Result:                 OK
    Water Level Test Result:               OK
    Mass 28 Peak Width:                       0.6 m/z
    Mass 19 to Mass 18 Ratio:                 4.6%
    Total Ion Count:                         1430 counts
Integrator Zero Set
    Last Executed:                        20/01/06 9:07
    Integrator Zero Set Result:           OK
```

Sample Report for pz2 clorados 16-02-06.sms

Sample ID:	Pz2 Clorados	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	16/02/06 17:44	Data File:	c:\... pz2 clorados 16-0	Calculation Date:	17/02/06 9:12
Method:	C:\SaturnWS\Metodos\Pesticidas Mix 1\Pesticidas MSMS- 20-01-06.mth				



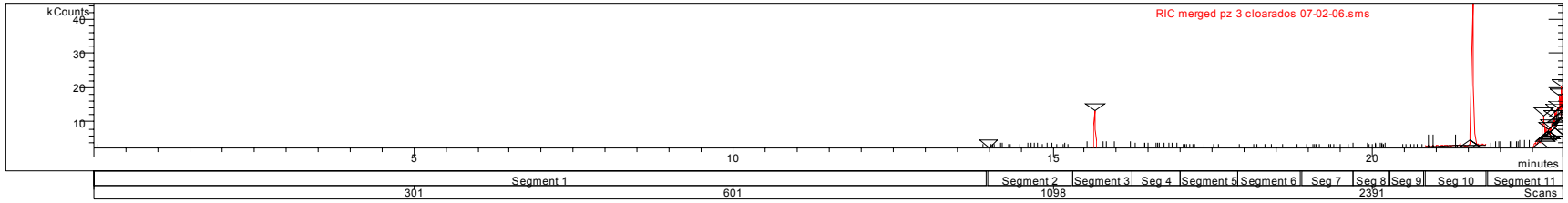
Target Compounds

Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Status	Quan Ions	Area	Amount	Fit
1	14,985	alpha lindano	M	181:183	0	0,000	559
2	15,720	beta lindano	M	181:183	0	0,000	498
3	15,745	gamma lindano	M	181:183	0	0,000	634
4	16,681	delta lindano	M	181:183	0	0,000	522
5	17,414	heptacloro	M	235+237	0	0,000	930
6	18,224	Aldrin	M	191:193	0	0,000	627
7	19,196	heptacloro epoxido	M	253+251+289+287	0	0,000	602
8	19,936	alpha endosulfan	M	265:267+195	0	0,000	619
9	20,420	DDE	M	246:248	0	0,000	628
10	20,642	dieldrin	M	204:206+277	0	0,000	504
11	21,052	endrin	M	243:245	0	0,000	302
12	21,291	beta endosulfan	M	265:267+195+197	0	0,000	615
13	21,156	DDD	M	165	0	0,000	839
14	21,698	endrin aldehido	M	243:245+279+281	0	0,000	357
15	22,098	Endosulfan sulfato	M	254+289	0	0,000	531
16	22,142	DDT	M	165	0	0,000	785

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 3 cloarados 07-02-06.sms

Sample ID:	Pz 3 Cloarados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	23/01/06 11:17
Acquisition Date:	07/02/06 22:36	Data File:	c:\... pz 3 cloarados
Calculation Date:	07/02/06 22:59	Method:	c:\... pesticidas msms
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	14,856	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,703	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,738	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,418	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,447	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,385	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,404	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	19,822	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,465	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,596	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	21,166	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,079	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,464	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,505	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	22,131	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	22,095	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Run Documentation

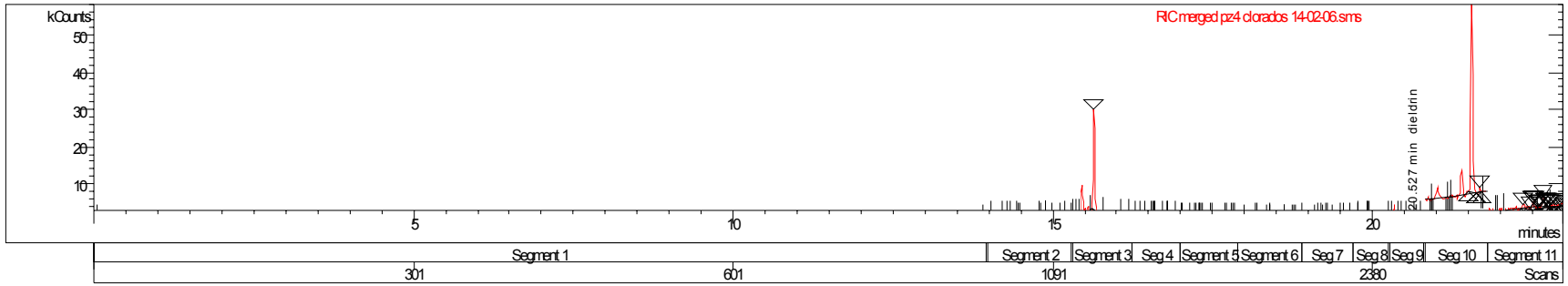
Run Logs

```
MODULE ATTRIBUTES        Printed: 20/02/06 13:01
Module: Saturn 2000.40

Saturn GC/MS Workstation Version 5.51
    Module Software Version:              FF0E
    Module Option Keys:                   EI CI SIS MS/MS
Setpoints
    Trap Temperature:                         180 degrees C
    Manifold Temperature:                      50 degrees C
    Transfer Line Temperature:                280 degrees C
    Filament Number:                            1
    Axial Modulation Voltage:                 4.0 volts
Air/Water Check
    Last Checked:                         07/02/06 9:37
    Air Level Test Result:                 OK
    Water Level Test Result:               OK
    Mass 28 Peak Width:                       0.6 m/z
    Mass 19 to Mass 18 Ratio:                 4.6%
    Total Ion Count:                         1430 counts
Integrator Zero Set
    Last Executed:                        20/01/06 9:07
    Integrator Zero Set Result:           OK
```

Sample Report for pz4 clorados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz4 Clorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Acquisition Date:	14/02/06 15:48
Data File:	c:\... pz4 clorados 14	Calculation Date:	14/02/06 16:11
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms - 20-01-06.mth		



Target Compounds

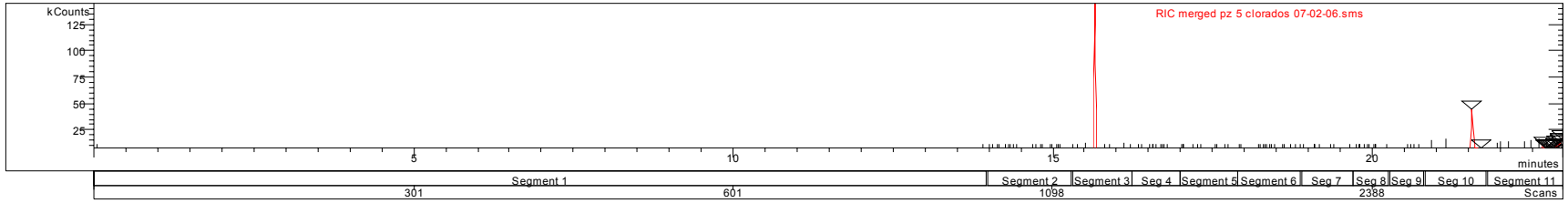
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	14,896	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,714	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,787	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,331	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,421	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,402	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,079	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	20,029	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,420	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,527	dieldrin	Id.	204:206+277	233	0,027 ppb
11	21,008	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,059	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,424	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,305	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	21,973	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	21,801	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz 5 clorados 07-02-06.sms

Sample ID:	Pz 5 Clorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	23/01/06 11:17
Acquisition Date:	07/02/06 23:13	Data File:	c:\... pz 5 clorados 0
Calculation Date:	07/02/06 23:36	Method:	c:\... pesticidas msms
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	14,815	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,626	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,729	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,613	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,401	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,400	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,072	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	19,933	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,429	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,515	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	20,987	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,323	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,248	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,697	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	21,982	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	21,842	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Run Documentation

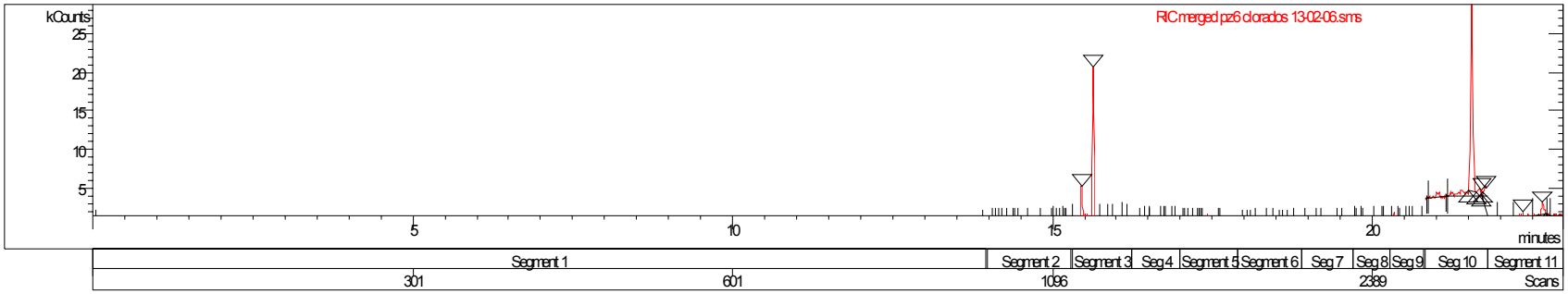
Run Logs

```
MODULE ATTRIBUTES        Printed: 20/02/06 13:04
Module: Saturn 2000.40

Saturn GC/MS Workstation Version 5.51
    Module Software Version:              FF0E
    Module Option Keys:                   EI CI SIS MS/MS
Setpoints
    Trap Temperature:                         180 degrees C
    Manifold Temperature:                      50 degrees C
    Transfer Line Temperature:                280 degrees C
    Filament Number:                            1
    Axial Modulation Voltage:                 4.0 volts
Air/Water Check
    Last Checked:                         07/02/06 9:37
    Air Level Test Result:                 OK
    Water Level Test Result:               OK
    Mass 28 Peak Width:                       0.6 m/z
    Mass 19 to Mass 18 Ratio:                 4.6%
    Total Ion Count:                         1430 counts
Integrator Zero Set
    Last Executed:                        20/01/06 9:07
    Integrator Zero Set Result:           OK
```

Sample Report for pz6 clorados 13-02-06.sms

Sample ID:	Pz6 Clorados	Operator:	LCy JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS#1	Acquisition Date:	13/02/06 21:58
Data File:	c:\... pz6 clorados 13	Calculation Date:	13/02/06 22:21
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms- 20-01-06.mth		



Target Compounds

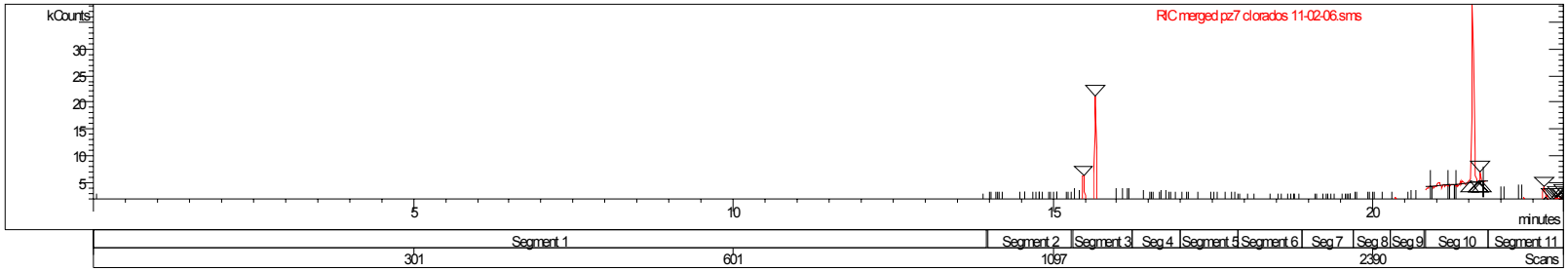
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	15,127	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,594	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,708	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,543	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,493	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,386	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,333	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	20,009	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,415	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,645	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	20,864	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,154	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,147	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,572	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	21,948	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	21,960	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz7 clorados 11-02-06.sms

Sample ID:	Pz7 Clorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Acquisition Date:	11/02/06 0:12
Data File:	c:\... pz7 clorados 11	Calculation Date:	11/02/06 0:35
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms- 20-01-06.mth		



Target Compounds

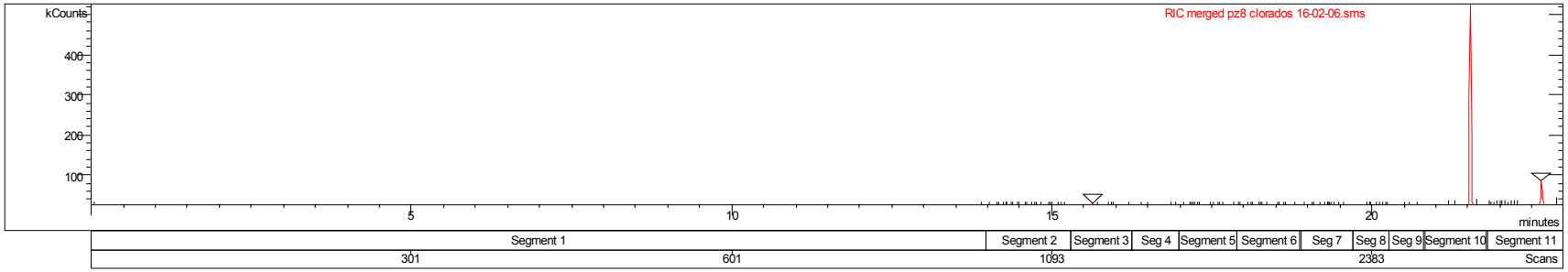
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	15,090	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,705	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,802	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,511	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,421	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,433	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,403	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	20,025	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,438	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,653	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	21,170	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,082	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,167	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,589	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	22,019	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	22,151	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz8 clorados 16-02-06.sms

Sample ID:	Pz8 Clorados	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	16/02/06 18:21	Data File:	c:\... pz8 clorados 16-0	Calculation Date:	17/02/06 9:12
Method:	C:\Saturn\WS\Metodos\Pesticidas Mix 1\Pesticidas MSMS- 20-01-06.mth				



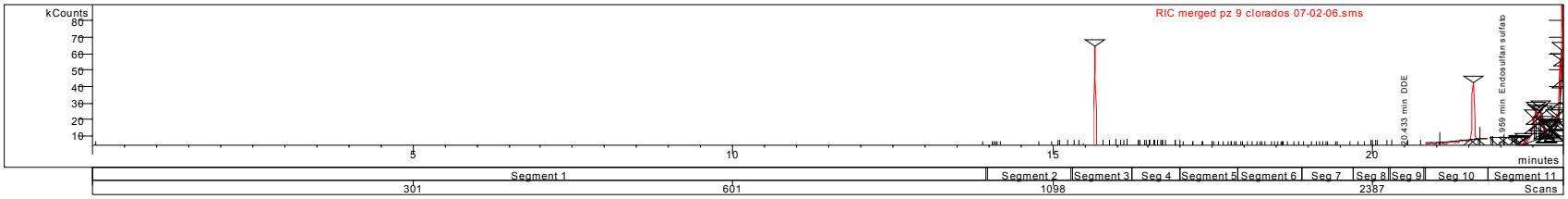
Target Compounds

Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Status	Quan Ions	Area	Amount	Fit
1	14,886	alpha lindano	M	181:183	0	0,000	596
2	15,560	beta lindano	M	181:183	0	0,000	392
3	15,769	gamma lindano	M	181:183	0	0,000	465
4	16,723	delta lindano	M	181:183	0	0,000	634
5	17,419	heptacloro	M	235+237	0	0,000	929
6	18,322	Aldrin	M	191:193	0	0,000	625
7	19,095	heptacloro epoxido	M	253+251+289+287	0	0,000	447
8	20,058	alpha endosulfan	M	265:267+195	0	0,000	574
9	20,406	DDE	M	246:248	0	0,000	534
10	20,636	dieldrin	M	204:206+277	0	0,000	346
11	21,148	endrin	M	243:245	0	0,000	465
12	21,232	beta endosulfan	M	265:267+195+197	0	0,000	699
13	21,396	DDD	M	165	0	0,000	646
14	21,360	endrin aldehido	M	243:245+279+281	0	0,000	274
15	21,871	Endosulfan sulfato	M	254+289	0	0,000	185
16	21,916	DDT	M	165	0	0,000	609

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 9 clorados 07-02-06.sms

Sample ID:	Pz 9 Clorados	Operator:	
Instrument ID:		Acquisition Date:	07/02/06 23:50
Data File:	c:\... pz 9 clorados 0	Calculation Date:	08/02/06 15:40
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms- 20-01-06.mth		



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	14,944	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,651	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,802	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,628	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,449	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,428	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,263	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	20,077	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,433	DDE	Id.	246:248	3166	0,030 ppb
10	20,540	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	21,064	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,133	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,141	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,639	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	21,959	Endosulfan sulfato	Id.	254+289	335	0,021 ppb
16	21,851	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Run Documentation

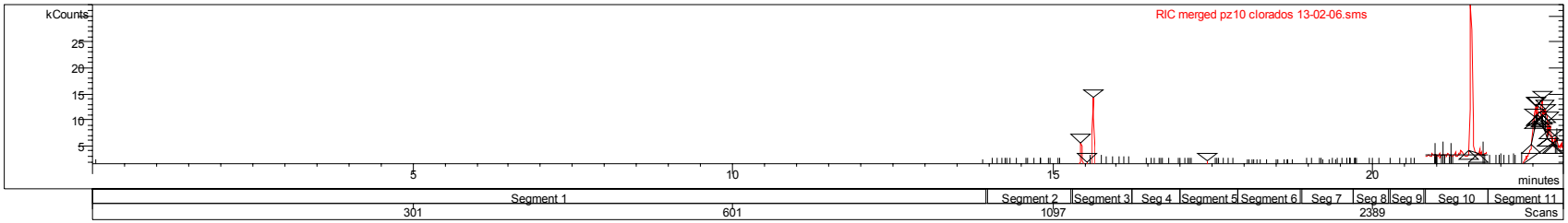
Run Logs

```
MODULE ATTRIBUTES        Printed: 20/02/06 13:05
Module: Saturn 2000.40

Saturn GC/MS Workstation Version 5.51
    Module Software Version:              FF0E
    Module Option Keys:                   EI CI SIS MS/MS
Setpoints
    Trap Temperature:                         180 degrees C
    Manifold Temperature:                      50 degrees C
    Transfer Line Temperature:                280 degrees C
    Filament Number:                            1
    Axial Modulation Voltage:                 4.0 volts
Air/Water Check
    Last Checked:                         07/02/06 9:37
    Air Level Test Result:                 OK
    Water Level Test Result:               OK
    Mass 28 Peak Width:                       0.6 m/z
    Mass 19 to Mass 18 Ratio:                 4.6%
    Total Ion Count:                         1430 counts
Integrator Zero Set
    Last Executed:                        20/01/06 9:07
    Integrator Zero Set Result:           OK
    DAC Setpoint:                             152 DACs
```

Sample Report for pz10 clorados 13-02-06.sms

Sample ID:	Pz10 Clorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Acquisition Date:	13/02/06 22:35
Data File:	c:\... pz10 clorados 1	Calculation Date:	13/02/06 22:58
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms- 20-01-06.mth		



Target Compounds

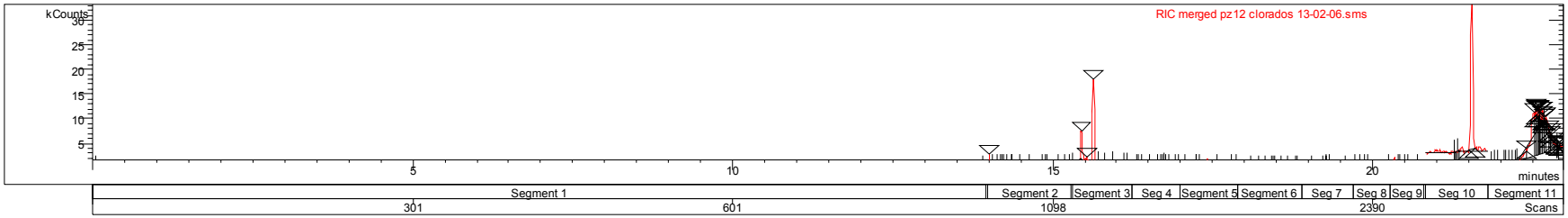
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	15,096	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,615	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,862	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,558	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,494	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,515	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,358	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	19,987	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,405	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,515	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	20,866	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,306	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,419	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,491	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	22,012	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	21,888	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz12 clorados 13-02-06.sms

Sample ID:	Pz12 Clorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Acquisition Date:	13/02/06 23:11
Data File:	c:\... pz12 clorados 1	Calculation Date:	13/02/06 23:34
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms- 20-01-06.mth		



Target Compounds

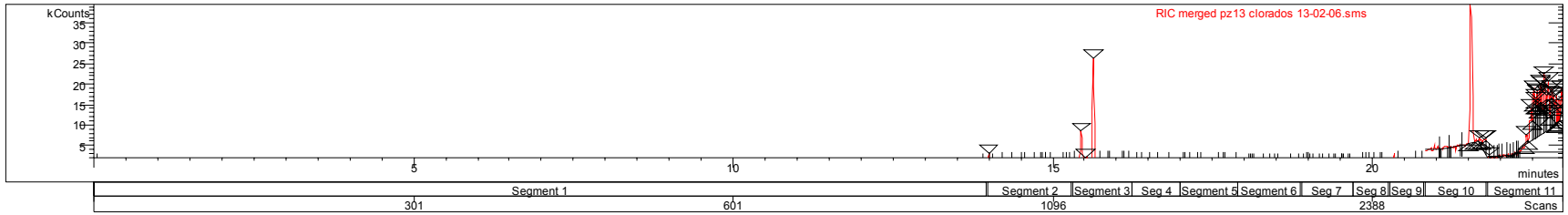
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	14,902	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,545	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,882	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,689	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,414	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,191	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,408	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	19,908	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,408	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,593	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	21,030	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,366	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,283	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,324	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	22,126	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	21,826	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz13 clorados 13-02-06.sms

Sample ID:	Pz13 Clorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Acquisition Date:	13/02/06 23:48
Data File:	c:\... pz13 clorados 1	Calculation Date:	14/02/06 0:11
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms- 20-01-06.mth		



Target Compounds

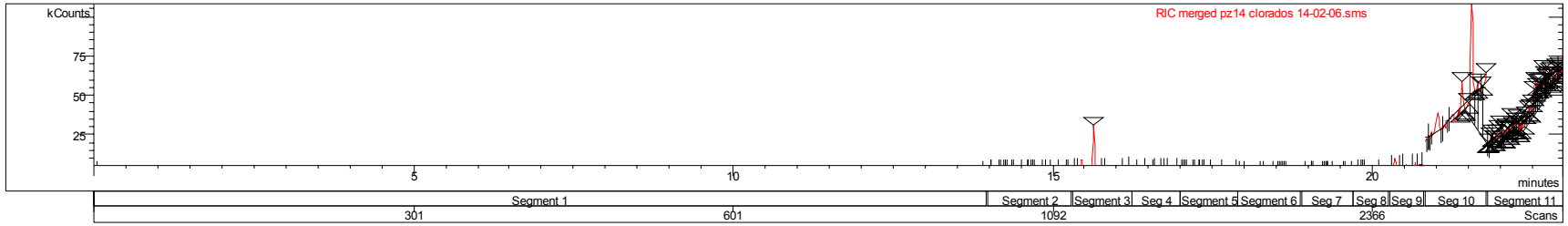
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	15,032	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,602	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,808	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,518	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,409	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,289	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,186	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	19,886	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,414	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,509	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	21,055	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,340	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,271	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,588	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	22,013	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	21,863	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz14 clorados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz14 Clorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Acquisition Date:	14/02/06 16:25
Data File:	c:\... pz14 clorados 1	Calculation Date:	14/02/06 16:48
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms- 20-01-06.mth		



Target Compounds

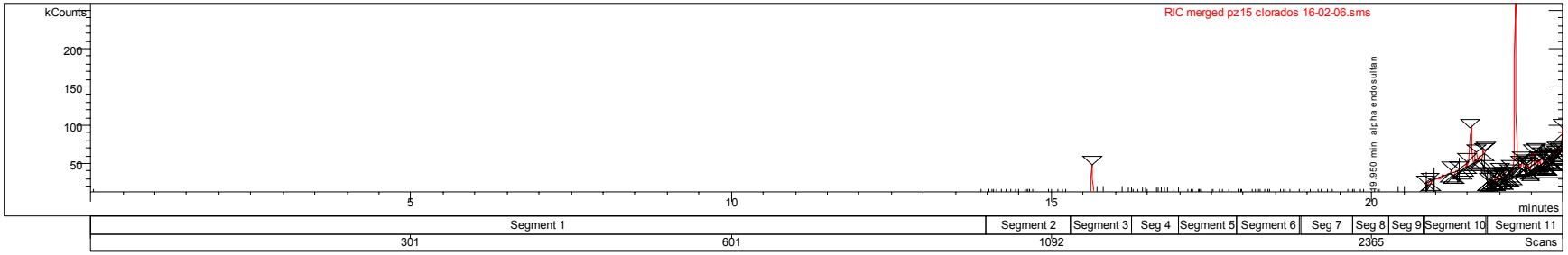
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	15,050	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,564	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,789	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,684	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,485	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,186	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,208	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	19,814	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,400	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,529	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	21,031	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,231	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,346	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,588	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	21,980	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	22,107	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz15 clorados 16-02-06.sms

Sample ID:	Pz15 Clorados	Operator:	LC y JG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	16/02/06 18:58	Data File:	c:\... pz15 clorados 16-	Calculation Date:	16/02/06 19:21
Method:	C:\Saturn\WS\Metodos\Pesticidas Mix 1\Pesticidas MSMS- 20-01-06.mth				



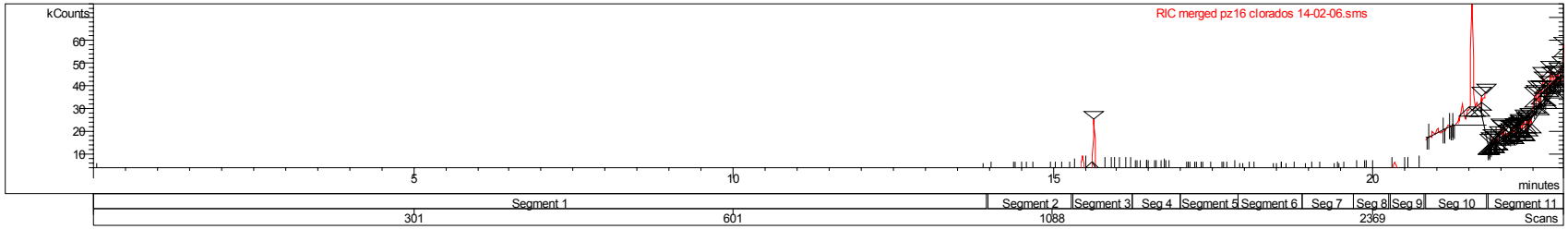
Target Compounds

Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Status	Quan Ions	Area	Amount	Fit
1	15,102	alpha lindano	M	181:183	0	0,000	580
2	15,661	beta lindano	M	181:183	0	0,000	498
3	15,858	gamma lindano	M	181:183	0	0,000	499
4	16,399	delta lindano	M	181:183	0	0,000	887
5	17,415	heptacloro	M	235+237	0	0,000	929
6	18,114	Aldrin	M	191:193	0	0,000	401
7	19,367	heptacloro epoxido	M	253+251+289+287	0	0,000	378
8	19,950	alpha endosulfan		265:267+195	522	0,090	969
9	20,402	DDE	M	246:248	0	0,000	618
10	20,520	dieldrin	M	204:206+277	0	0,000	506
11	20,959	endrin	M	243:245	0	0,000	373
12	21,176	beta endosulfan	M	265:267+195+197	0	0,000	920
13	21,415	DDD	M	165	0	0,000	804
14	21,357	endrin aldehido	M	243:245+279+281	0	0,000	493
15	22,015	Endosulfan sulfato	M	254+289	0	0,000	404
16	21,933	DDT	M	165	0	0,000	753

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz16 clorados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz16 Clorados	Operator:	
Instrument ID:		Acquisition Date:	14/02/06 17:01
Data File:	c:\... pz16 clorados 1	Calculation Date:	15/02/06 12:58
Method:	c:\... \pesticidas mix 1\pesticidas msms- 20-01-06.mth		



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	14,971	alpha lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
2	15,602	beta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
3	15,775	gamma lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
4	16,594	delta lindano	Miss.	181:183	0	0,000 ppb
5	17,562	heptacloro	Miss.	235+237	0	0,000 ppb
6	18,268	Aldrin	Miss.	191:193	0	0,000 ppb
7	19,314	heptacloro epoxido	Miss.	253+251+289+287	0	0,000 ppb
8	19,885	alpha endosulfan	Miss.	265:267+195	0	0,000 ppb
9	20,412	DDE	Miss.	246:248	0	0,000 ppb
10	20,632	dieldrin	Miss.	204:206+277	0	0,000 ppb
11	21,025	endrin	Miss.	243:245	0	0,000 ppb
12	21,219	beta endosulfan	Miss.	265:267+195+197	0	0,000 ppb
13	21,227	DDD	Miss.	165	0	0,000 ppb
14	21,466	endrin aldehido	Miss.	243:245+279+281	0	0,000 ppb
15	22,090	Endosulfan sulfato	Miss.	254+289	0	0,000 ppb
16	22,016	DDT	Miss.	165	0	0,000 ppb

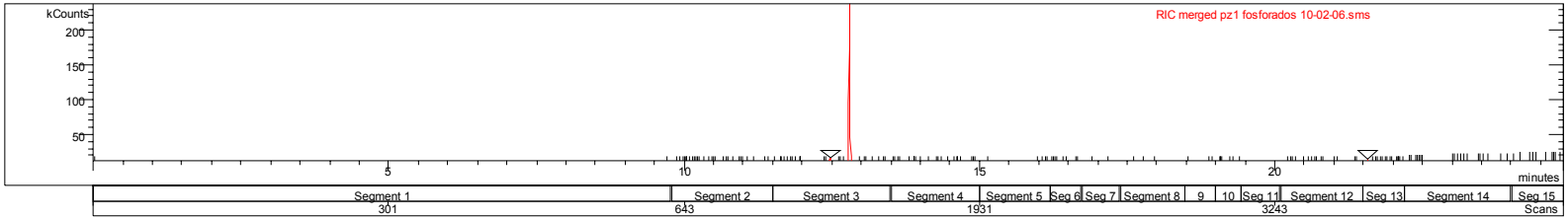
Unidentified Peaks

None

A5.4.2. PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS

Sample Report for pz1 fosforados 10-02-06.sms

Sample ID:	Pz1 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	10/02/06 19:13	Data File:	c:\... pz1 fosforados
Calculation Date:	10/02/06 19:38	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

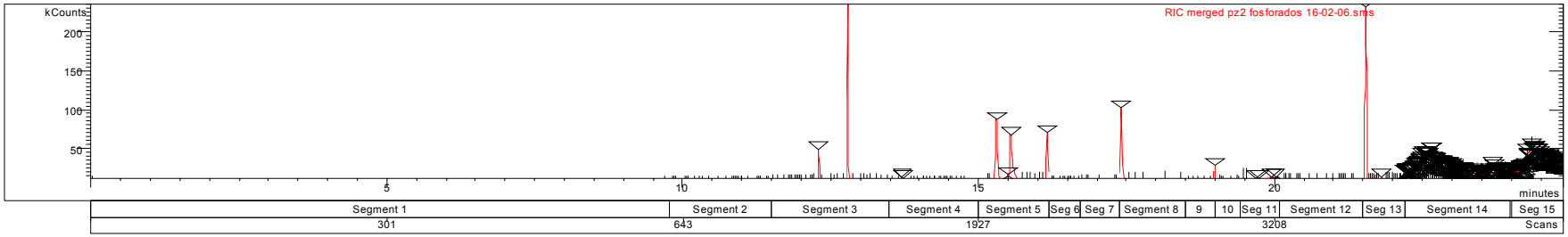
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,231	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,654	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,526	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,818	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	16,132	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	16,102	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,574	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	16,833	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,086	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,611	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,750	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,086	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,436	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,704	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,883	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,214	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,621	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,672	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,784	Tetraclorviinfos	Miss.	109		
20	21,240	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,693	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,801	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,109	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz2 fosforados 16-02-06.sms

Sample ID:	Pz2 Fosforados	Operator:	LC y JG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	16/02/06 19:36	Data File:	c:\... pz2 fosforados 16	Calculation Date:	16/02/06 20:01
Method:	C:\SaturnWS\Metodos\Organofosforados\MSMS Fosforados 13-02-06.mth				



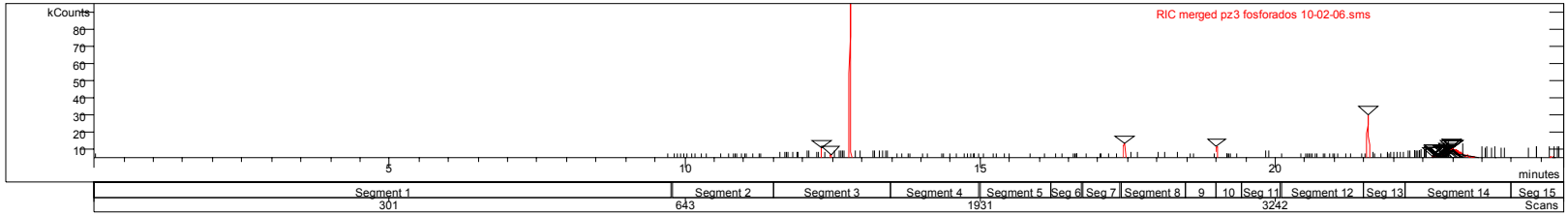
Target Compounds

Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Status	Quan Ions	Area	Amount	Fit
1	10,204	Diclorvos	M	93	0	0,000	1000
2	12,934	Metacrifos	M	180	0	0,000	729
3	14,339	Sulfotep	M	266+238+294	0	0,000	354
4	15,969	Propetamfos	M	110	0	0,000	946
5	15,972	Fonofos	M	137	0	0,000	580
6	16,022	Diazinon	M	179+162	0	0,000	435
7	16,344	Etrimfos	M	181+263+153	0	0,000	652
8	17,210	Diclofenotion	M	223	0	0,000	853
9	17,184	Clorpirifos metil	M	241+208+136	0	0,000	600
10	17,616	Fenclorvos	M	240	0	0,000	774
11	17,898	Pirimifos metil	M	151	0	0,000	510
12	18,281	Malation	M	99+145+117	0	0,000	645
13	18,113	Clorpirifos etil	M	258+286	0	0,000	538
14	18,814	Pirimifos etil	M	182+246	0	0,000	728
15	18,787	Bromofos Metil	M	331	0	0,000	984
16	19,239	Clorfenvinfos	M	159+203	0	0,000	421
17	19,494	Bromofos Etil	M	303+301	0	0,000	548
18	19,634	Metidation	M	85	0	0,000	844
19	19,829	Tetraclorviinfos	M	109	0	0,000	1000
20	21,207	Etion	M	175+203	0	0,000	997
21	21,796	Carbofenotion	M	199+296+171+157	0	0,000	512
22	23,641	Azinfos metil	M	104+77	0	0,000	960
23	24,109	Azinfos ethil	M	104+77	0	0,000	819

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz3 fosforados 10-02-06.sms

Sample ID:	Pz3 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	10/02/06 19:50	Data File:	c:\... pz3 fosforados
Calculation Date:	10/02/06 20:15	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

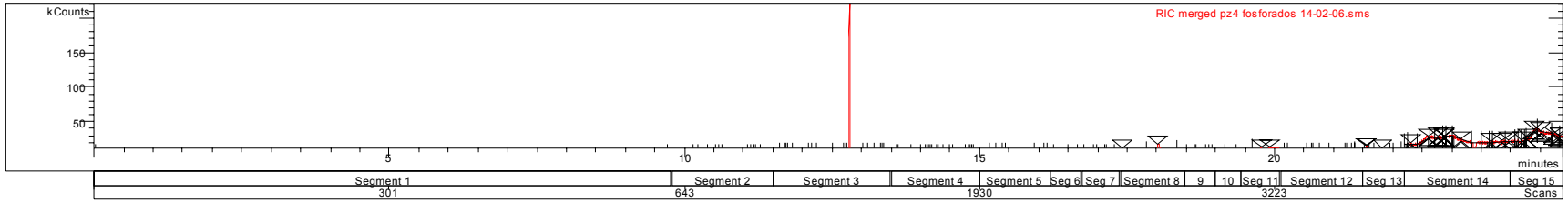
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,211	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,832	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,340	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,656	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	16,016	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	15,974	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,228	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	17,151	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,184	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,414	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,947	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,026	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,391	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,788	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,953	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,082	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,620	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,800	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,784	Tetraclorviinfos	Miss.	109		
20	21,369	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,839	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,758	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,309	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz4 fosforados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz4 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	14/02/06 17:40	Data File:	c:\... pz4 fosforados
Calculation Date:	14/02/06 18:05	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

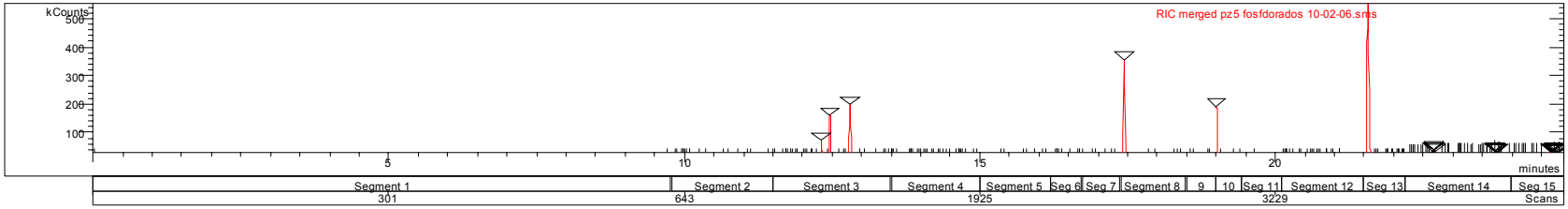
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,219	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,703	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,587	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,737	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	15,971	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	16,147	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,217	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	17,009	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,181	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,432	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,891	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	17,955	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,219	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,684	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,688	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,109	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,478	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,584	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,775	Tetraclorviinfos	Miss.	109	0	0,000 ppb
20	21,340	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,900	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,595	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,180	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz5 fosfdorados 10-02-06.sms

Sample ID:	Pz5 Fosfdorados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	10/02/06 20:27	Data File:	c:\... pz5 fosfdorados
Calculation Date:	10/02/06 20:52	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

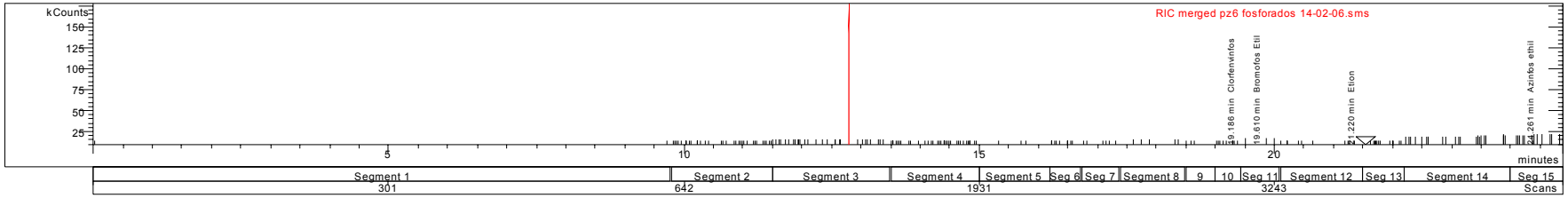
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,480	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,680	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,314	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,748	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	15,947	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	15,963	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,606	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	16,945	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,353	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,664	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	18,029	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,261	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,249	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,713	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,633	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,152	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,623	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,688	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,784	Tetraclorviinfos	Miss.	109		
20	21,064	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,768	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,829	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,349	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz6 fosforados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz6 Fosforados	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	14/02/06 1:04	Data File:	c:\... pz6 fosforados
Calculation Date:	14/02/06 12:49	Method:	c:\... pz6 fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

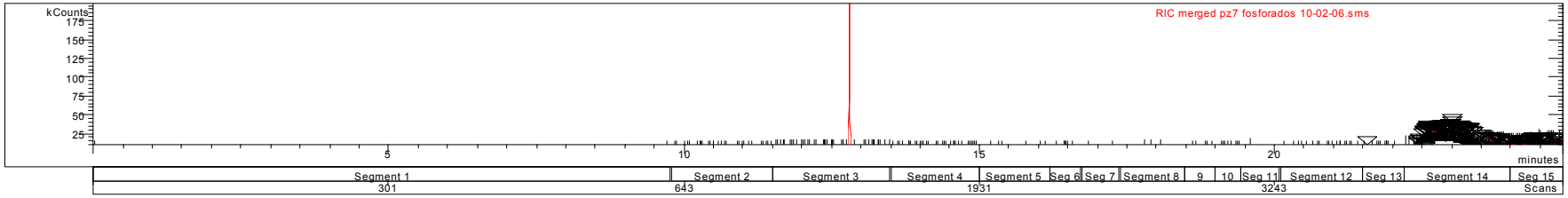
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,216	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,875	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,426	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,979	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	15,960	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	15,975	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,400	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	16,987	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,145	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,550	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,795	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,070	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,234	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	214	
14	18,694	Pirimifos etil	Miss.	182+246	160	
15	18,603	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,186	Clorfenvinfos	Id.	159+203	391	0,007 ppb
17	19,610	Bromofos Etil	Id.	303+301	307	0,003 ppb
18	19,625	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,770	Tetraclorviinfos	Miss.	109	0	0,000 ppb
20	21,220	Etion	Id.	175+203	998	0,008 ppb
21	21,785	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,697	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,261	Azinfos ethil	Id.	104+77	3230	0,070 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz7 fosforados 10-02-06.sms

Sample ID:	Pz7 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	10/02/06 21:04	Data File:	c:\... pz7 fosforados
Calculation Date:	10/02/06 21:29	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

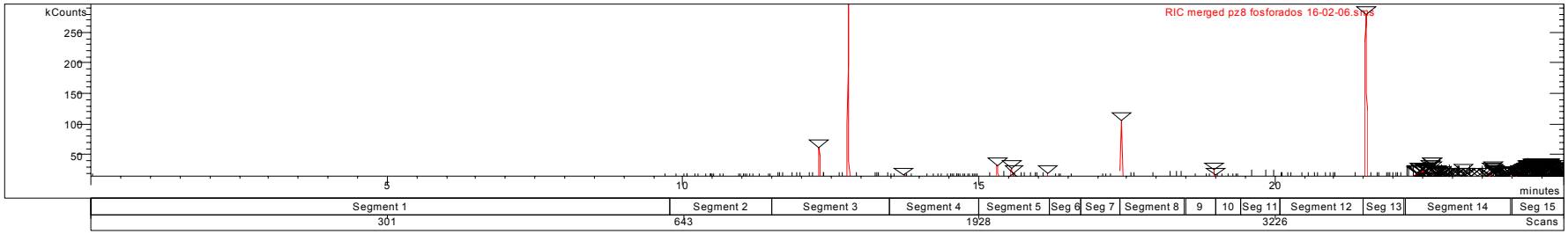
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,319	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,579	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,526	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	16,002	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	15,994	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	16,033	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,448	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	16,966	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,013	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,521	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,735	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,176	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,240	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,680	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,899	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,402	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,621	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,660	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,784	Tetraclorviinfos	Miss.	109		
20	21,211	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,961	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,825	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,391	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz8 fosforados 16-02-06.sms

Sample ID:	Pz8 Fosforados	Operator:	LC y JG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	16/02/06 20:13	Data File:	c:\... pz8 fosforados 16	Calculation Date:	16/02/06 20:38
Method:	C:\SaturnWS\Metodos\Organofosforados\MSMS Fosforados 13-02-06.mth				



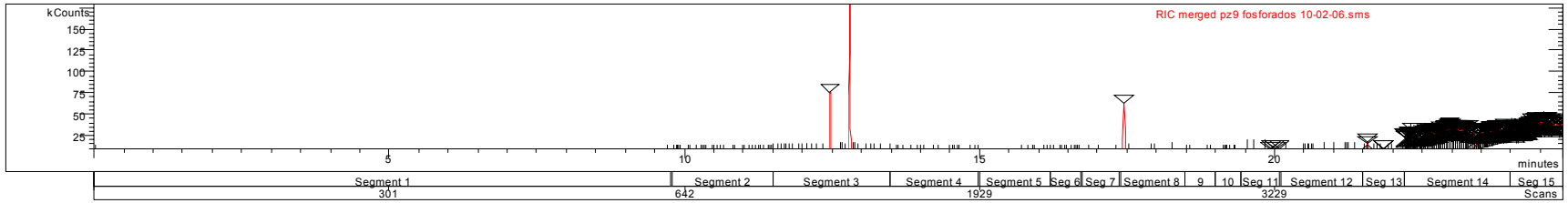
Target Compounds

Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Status	Quan Ions	Area	Amount	Fit
1	10,223	Diclorvos	M	93	0	0,000	1000
2	12,645	Metacrifos	M	180	0	0,000	858
3	14,534	Sulfotep	M	266+238+294	0	0,000	450
4	15,914	Propetamfos	M	110	0	0,000	984
5	16,010	Fonofos	M	137	0	0,000	573
6	15,830	Diazinon	M	179+162	0	0,000	579
7	16,576	Etrimfos	M	181+263+153	0	0,000	569
8	17,011	Diclofenotion	M	223	0	0,000	802
9	17,000	Clorpirifos metil	M	241+208+136	0	0,000	453
10	17,448	Fenclorvos	M	240	0	0,000	665
11	17,632	Pirimifos metil	M	151	0	0,000	457
12	18,170	Malation	M	99+145+117	0	0,000	582
13	18,219	Clorpirifos etil	M	258+286	0	0,000	834
14	18,552	Pirimifos etil	M	182+246	0	0,000	446
15	18,916	Bromofos Metil	M	331	0	0,000	999
16	19,043	Clorfenvinfos	M	159+203	0	0,000	439
17	19,624	Bromofos Etil	M	303+301	0	0,000	651
18	19,651	Metidation	M	85	0	0,000	708
19	19,793	Tetraclorviinfos	M	109	0	0,000	1000
20	21,140	Etion	M	175+203	0	0,000	908
21	21,683	Carbofenotion	M	199+296+171+157	0	0,000	656
22	23,533	Azinfos metil	M	104+77	0	0,000	825
23	24,227	Azinfos ethil	M	104+77	0	0,000	869

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz9 fosforados 10-02-06.sms

Sample ID:	Pz9 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	10/02/06 21:41	Data File:	c:\... pz9 fosforados
Calculation Date:	10/02/06 22:06	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

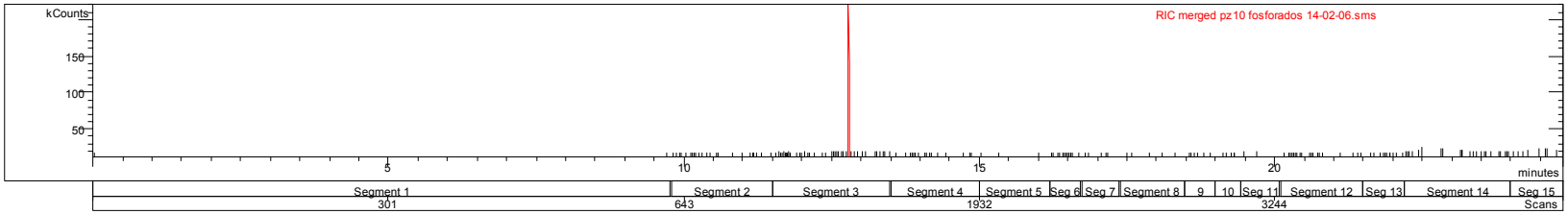
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,274	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,857	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,516	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,805	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	15,969	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	15,858	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,572	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	16,850	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,037	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,445	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,784	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	17,938	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,251	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,765	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,554	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,390	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,532	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,522	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,784	Tetraclorviinfos	Miss.	109		
20	21,136	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,792	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,681	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,129	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz10 fosforados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz10 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	14/02/06 1:41	Data File:	c:\... pz10 fosforados
Calculation Date:	14/02/06 2:05	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

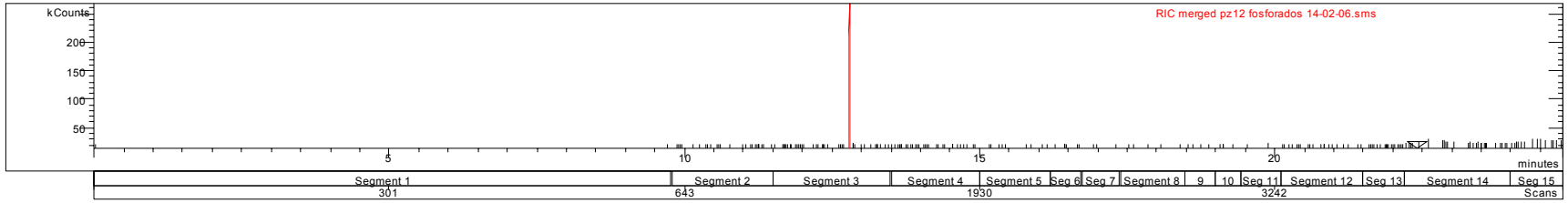
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,231	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,873	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,541	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,796	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	16,064	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	15,838	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,256	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	16,995	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,270	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,732	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,796	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,131	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,346	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,689	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,654	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,195	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,598	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,672	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,641	Tetraclorviinfos	Miss.	109	0	0,000 ppb
20	21,204	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,840	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,660	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,111	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz12 fosforados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz12 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	14/02/06 2:18	Data File:	c:\... pz12 fosforados
Calculation Date:	14/02/06 2:42	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

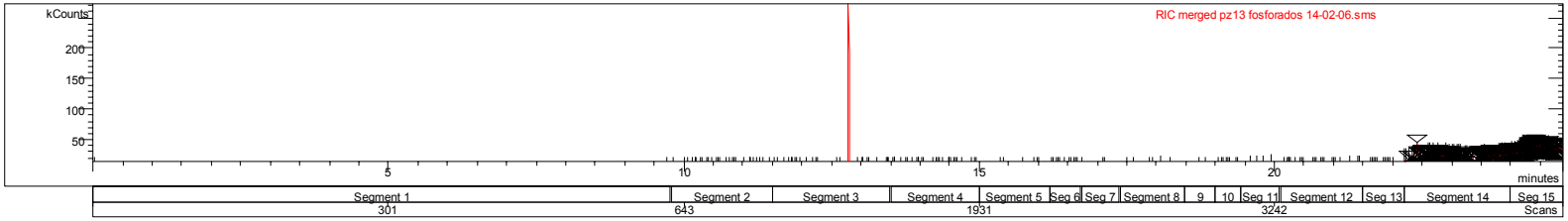
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,425	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,943	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,348	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,794	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	15,833	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	16,043	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,543	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	17,151	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,052	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,459	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,975	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,009	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,374	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,675	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,579	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,405	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,608	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,494	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,827	Tetraclorviinfos	Miss.	109	0	0,000 ppb
20	21,338	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,761	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,565	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,292	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz13 fosforados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz13 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	14/02/06 2:55	Data File:	c:\... pz13 fosforados
Calculation Date:	14/02/06 3:20	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

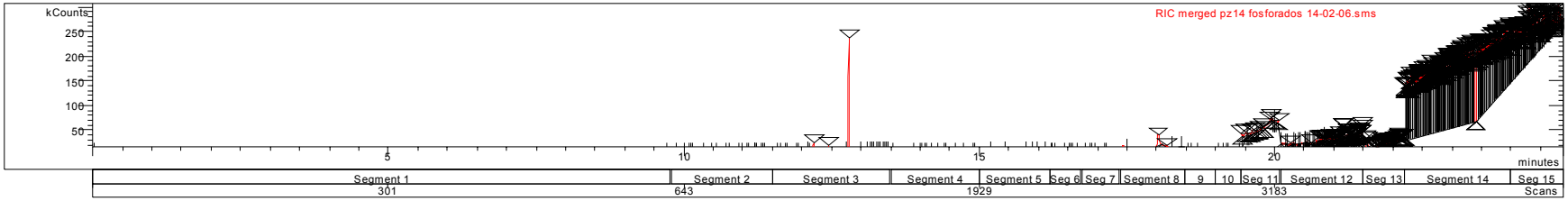
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,283	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,546	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,650	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	16,012	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	15,855	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	15,928	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,406	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	17,173	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,169	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,398	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,858	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,073	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,122	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,905	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,709	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,242	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,493	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,779	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,713	Tetraclorviinfos	Miss.	109	0	0,000 ppb
20	21,117	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,621	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,821	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,264	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz14 fosforados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz14 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	14/02/06 18:16	Data File:	c:\... pz14 fosforados
Calculation Date:	14/02/06 18:41	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

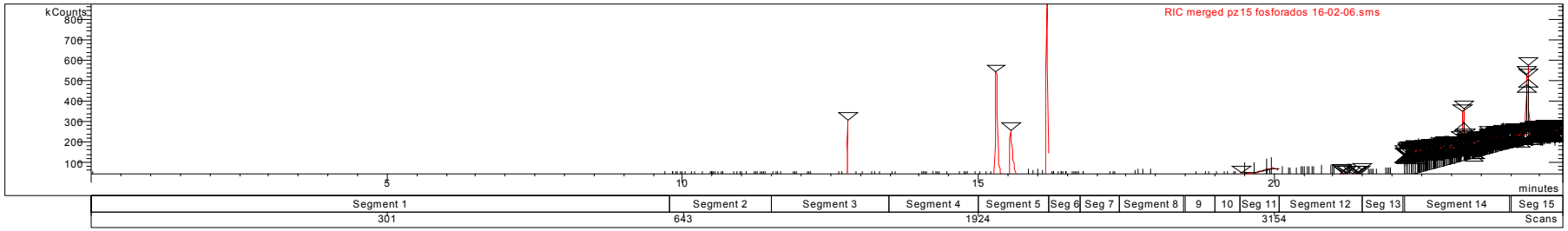
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,267	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,868	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,522	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,691	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	16,031	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	15,978	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,397	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	17,090	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	16,991	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,749	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	17,938	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,042	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,231	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,522	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,849	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,338	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,766	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,864	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,695	Tetraclorviinfos	Miss.	109	0	0,000 ppb
20	21,365	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,770	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,758	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,385	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz15 fosforados 16-02-06.sms

Sample ID:	Pz15 Fosforados	Operator:	LC y JG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	16/02/06 20:50	Data File:	c:\... pz15 fosforados 1	Calculation Date:	16/02/06 21:14
Method:	C:\SaturnWS\Metodos\Organofosforados\MSMS Fosforados 13-02-06.mth				



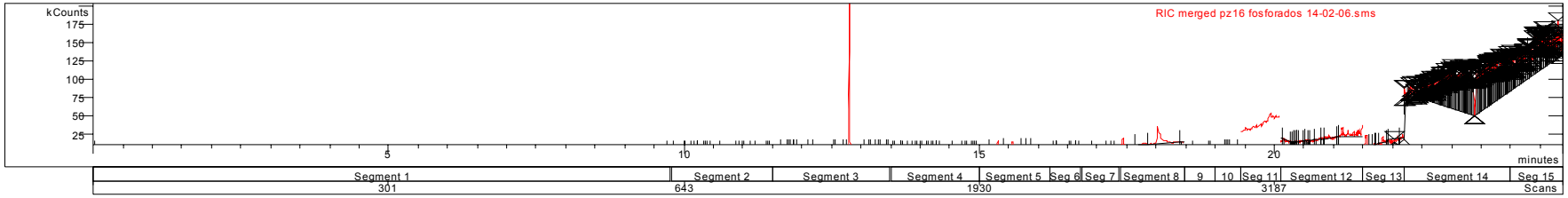
Target Compounds

Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Status	Quan Ions	Area	Amount	Fit
1	10,214	Diclorvos	M	93	0	0,000	1000
2	12,744	Metacrifos	M	180	0	0,000	551
3	14,509	Sulfotep	M	266+238+294	0	0,000	292
4	15,983	Propetamfos	M	110	0	0,000	870
5	15,804	Fonofos	M	137	0	0,000	598
6	15,820	Diazinon	M	179+162	0	0,000	517
7	16,413	Etrimfos	M	181+263+153	0	0,000	495
8	17,140	Diclofenotion	M	223	0	0,000	759
9	17,262	Clorpirifos metil	M	241+208+136	0	0,000	421
10	17,686	Fenclorvos	M	240	0	0,000	790
11	17,892	Pirimifos metil	M	151	0	0,000	217
12	18,013	Malation	M	99+145+117	0	0,000	768
13	18,353	Clorpirifos etil	M	258+286	0	0,000	482
14	18,538	Pirimifos etil	M	182+246	0	0,000	606
15	18,901	Bromofos Metil	M	331	0	0,000	955
16	19,179	Clorfenvinfos	M	159+203	0	0,000	904
17	19,675	Bromofos Etil	M	303+301	0	0,000	417
18	19,531	Metidation	M	85	0	0,000	708
19	19,685	Tetraclorviinfos	M	109	0	0,000	1000
20	21,284	Etion	M	175+203	0	0,000	886
21	21,785	Carbofenotion	M	199+296+171+157	0	0,000	868
22	23,696	Azinfos metil	M	104+77	0	0,000	919
23	24,493	Azinfos ethil	M	104+77	0	0,000	818

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz16 fosforados 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz16 Fosforados	Operator:	LC y JG
Instrument ID:	Saturn GC/MS #1	Last Calibration:	10/02/06 18:03
Acquisition Date:	14/02/06 18:53	Data File:	c:\... pz16 fosforados
Calculation Date:	14/02/06 19:18	Method:	c:\... msms fosforados
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	10,199	Diclorvos	Miss.	93	0	0,000 ppb
2	12,888	Metacrifos	Miss.	180	0	0,000 ppb
3	14,484	Sulfotep	Miss.	266+238+294	0	0,000 ppb
4	15,966	Propetamfos	Miss.	110	0	0,000 ppb
5	15,913	Fonofos	Miss.	137	0	0,000 ppb
6	15,987	Diazinon	Miss.	179+162	0	0,000 ppb
7	16,379	Etrimfos	Miss.	181+263+153	0	0,000 ppb
8	17,011	Diclofenotion	Miss.	223	0	0,000 ppb
9	17,015	Clorpirifos metil	Miss.	241+208+136	0	0,000 ppb
10	17,486	Fenclorvos	Miss.	240	0	0,000 ppb
11	18,024	Pirimifos metil	Miss.	151	0	0,000 ppb
12	18,044	Malation	Miss.	99+145+117	0	0,000 ppb
13	18,234	Clorpirifos etil	Miss.	258+286	0	0,000 ppb
14	18,721	Pirimifos etil	Miss.	182+246	0	0,000 ppb
15	18,694	Bromofos Metil	Miss.	331	0	0,000 ppb
16	19,114	Clorfenvinfos	Miss.	159+203	0	0,000 ppb
17	19,691	Bromofos Etil	Miss.	303+301	0	0,000 ppb
18	19,749	Metidation	Miss.	85	0	0,000 ppb
19	19,701	Tetraclorviinfos	Miss.	109	0	0,000 ppb
20	21,089	Etion	Miss.	175+203	0	0,000 ppb
21	21,633	Carbofenotion	Miss.	199+296+171+157	0	0,000 ppb
22	23,718	Azinfos metil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb
23	24,402	Azinfos ethil	Miss.	104+77	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

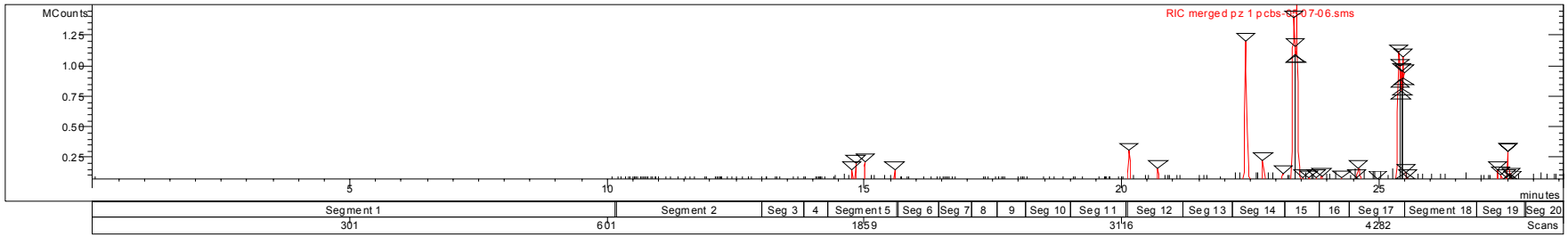
None

A5.4.3. POLICLORUROS BIFENILOS (PCBs)

Sample Report for pz 1 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 1 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 15:02	Data File:	c:\... pz 1 pcbs-05-07-0	Method:	c:\... methoxychlor-pcbs



Target Compounds

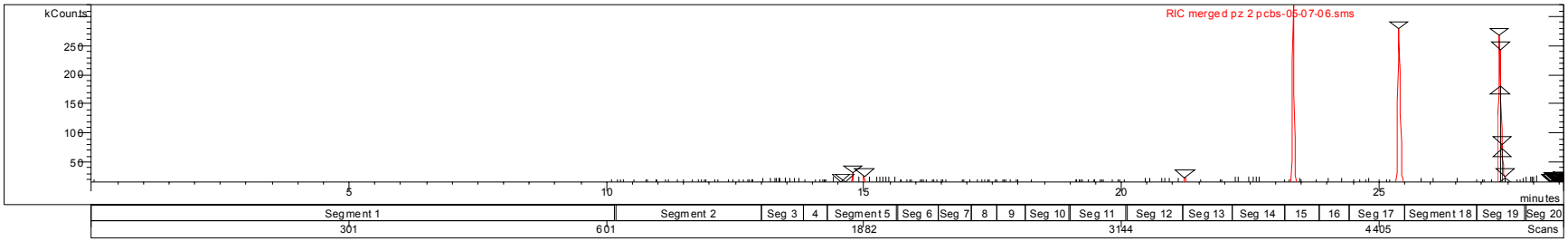
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,580	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	881	None
2	17,703	PCB 52	0,000	M	0	763	None
3	20,374	PCB 101	0,000	M	0	693	None
4	21,838	PCB 77	0,000	M	0	932	None
5	22,763	PCB 118	0,000	M	0	820	None
6	23,246	PCB 153	0,000	M	0	749	None
7	23,259	PCB 105	0,000	M	0	683	None
8	24,267	PCB 138	0,000	M	0	415	None
9	24,808	PCB 126	0,000	M	0	786	None
10	25,008	PCB 128	0,000	M	0	628	None
11	25,803	PCB 156	0,000	M	0	829	None
12	26,097	Methoxychlor	0,000	M	0	673	None
13	26,340	PCB 180	0,000	M	0	667	None
14	27,024	PCB 169	0,000	M	0	887	None
15	27,374	PCB 170	0,000	M	0	608	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 2 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 2 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 15:58	Data File:	c:\.. pz 2 pcbs-05-07-0	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

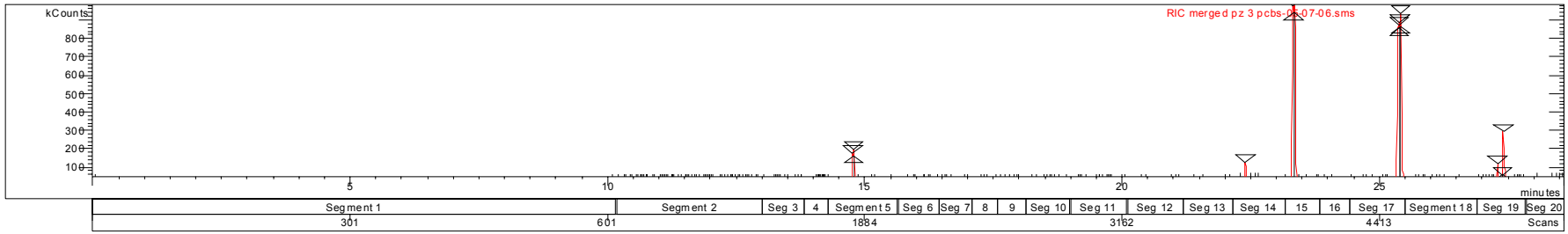
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,819	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	751	None
2	17,899	PCB 52	0,000	M	0	506	None
3	20,559	PCB 101	0,000	M	0	541	None
4	21,674	PCB 77	0,000	M	0	623	None
5	22,406	PCB 118	0,000	M	0	764	None
6	23,332	PCB 153	0,000	M	0	494	None
7	23,421	PCB 105	0,000	M	0	860	None
8	24,334	PCB 138	0,000	M	0	433	None
9	24,558	PCB 126	0,000	M	0	727	None
10	24,977	PCB 128	0,000	M	0	618	None
11	26,064	PCB 156	0,000	M	0	771	None
12	25,890	Methoxychlor	0,000	M	0	624	None
13	26,476	PCB 180	0,000	M	0	620	None
14	27,012	PCB 169	0,000	M	0	752	None
15	27,331	PCB 170	0,000	M	0	461	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 3 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 3 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 16:54	Data File:	c:\.. pz 3 pcbs-05-07-0	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

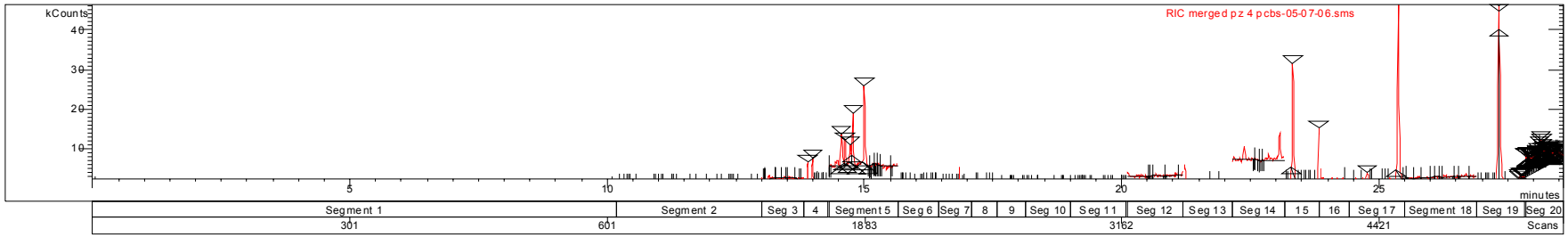
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,593	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	778	None
2	17,617	PCB 52	0,000	M	0	594	None
3	20,364	PCB 101	0,000	M	0	345	None
4	21,685	PCB 77	0,000	M	0	902	None
5	22,459	PCB 118	0,000	M	0	759	None
6	23,201	PCB 153	0,000	M	0	610	None
7	23,458	PCB 105	0,000	M	0	720	None
8	24,297	PCB 138	0,000	M	0	564	None
9	24,666	PCB 126	0,000	M	0	875	None
10	24,927	PCB 128	0,000	M	0	498	None
11	25,860	PCB 156	0,000	M	0	682	None
12	26,244	Methoxychlor	0,000	M	0	515	None
13	26,474	PCB 180	0,000	M	0	529	None
14	26,982	PCB 169	0,000	M	0	827	None
15	27,357	PCB 170	0,000	M	0	497	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 4 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 4 PCBs	Operator:	LC y JG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	05/07/06 17:51	Data File:	c:\... pz 4 pcbs-05-07-0	Method:	c:\... methoxychlor-pcbs



Target Compounds

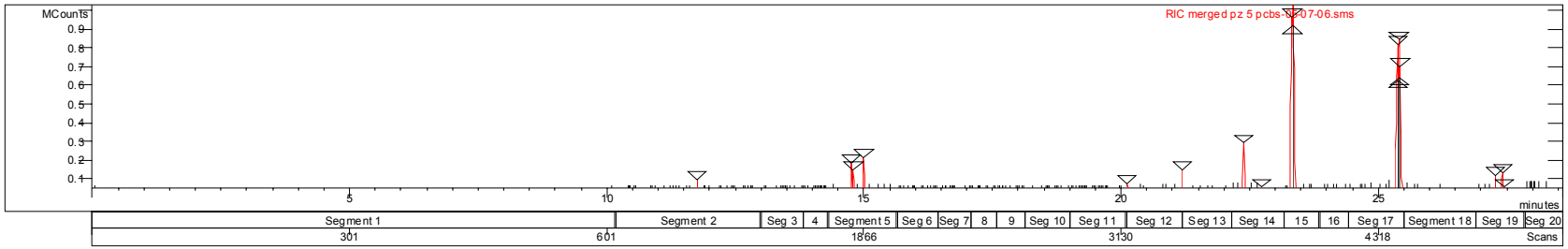
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,778	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	789	None
2	17,750	PCB 52	0,000	M	0	536	None
3	20,513	PCB 101	0,000	M	0	482	None
4	21,722	PCB 77	0,000	M	0	606	None
5	22,377	PCB 118	0,000	M	0	764	None
6	23,360	PCB 153	0,000	M	0	848	None
7	23,371	PCB 105	0,000	M	0	778	None
8	24,096	PCB 138	0,000	M	0	481	None
9	24,678	PCB 126	0,000	M	0	762	None
10	25,142	PCB 128	0,000	M	0	542	None
11	25,778	PCB 156	0,000	M	0	588	None
12	25,925	Methoxychlor	0,000	M	0	661	None
13	26,272	PCB 180	0,000	M	0	622	None
14	27,156	PCB 169	0,000	M	0	672	None
15	27,476	PCB 170	0,000	M	0	893	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 5 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 5 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 18:47	Data File:	c:\... pz 5 pcbs-05-07-0	Method:	c:\... methoxychlor-pcbs



Target Compounds

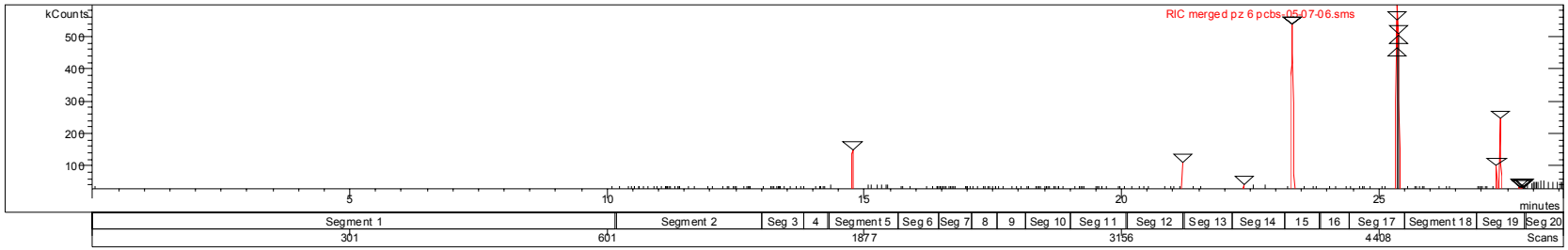
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,778	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	734	None
2	17,772	PCB 52	0,000	M	0	617	None
3	20,510	PCB 101	0,000	M	0	681	None
4	21,637	PCB 77	0,000	M	0	840	None
5	22,734	PCB 118	0,000	M	0	630	None
6	23,212	PCB 153	0,000	M	0	750	None
7	23,408	PCB 105	0,000	M	0	730	None
8	24,241	PCB 138	0,000	M	0	604	None
9	24,579	PCB 126	0,000	M	0	753	None
10	25,130	PCB 128	0,000	M	0	563	None
11	25,878	PCB 156	0,000	M	0	765	None
12	26,269	Methoxychlor	0,000	M	0	745	None
13	26,324	PCB 180	0,000	M	0	561	None
14	27,210	PCB 169	0,000	M	0	868	None
15	27,596	PCB 170	0,000	M	0	604	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 6 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 6 PCBs	Operator:	LC yJG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	05/07/06 19:43	Data File:	c:\.. pz 6 pcbs-05-07-0	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

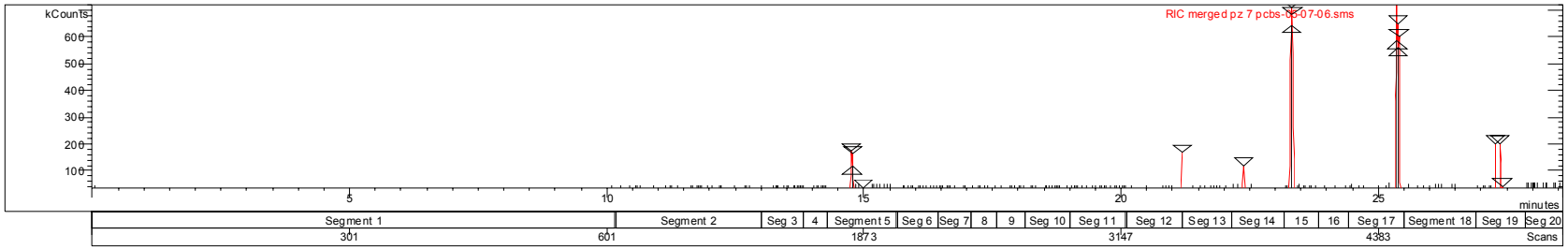
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,776	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	806	None
2	17,925	PCB 52	0,000	M	0	530	None
3	20,617	PCB 101	0,000	M	0	563	None
4	21,606	PCB 77	0,000	M	0	870	None
5	22,695	PCB 118	0,000	M	0	757	None
6	23,346	PCB 153	0,000	M	0	733	None
7	23,487	PCB 105	0,000	M	0	778	None
8	24,373	PCB 138	0,000	M	0	415	None
9	24,835	PCB 126	0,000	M	0	835	None
10	25,072	PCB 128	0,000	M	0	527	None
11	26,015	PCB 156	0,000	M	0	679	None
12	25,959	Methoxychlor	0,000	M	0	666	None
13	26,651	PCB 180	0,000	M	0	695	None
14	27,195	PCB 169	0,000	M	0	862	None
15	27,338	PCB 170	0,000	M	0	416	None

Status and Errors: M: Missing peak.

Sample Report for pz 7 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 7 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 20:40	Data File:	c:\... pz 7 pcbs-05-07-0	Method:	c:\... methoxychlor-pcbs



Target Compounds

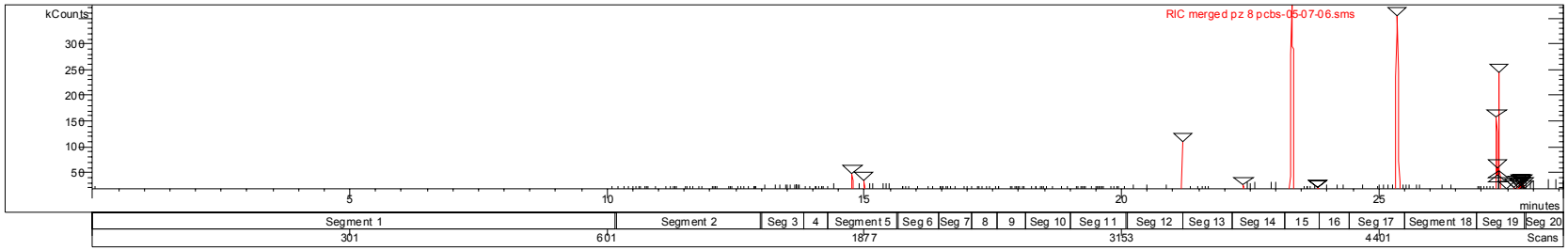
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,778	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	891	None
2	17,901	PCB 52	0,000	M	0	566	None
3	20,594	PCB 101	0,000	M	0	715	None
4	21,971	PCB 77	0,000	M	0	842	None
5	22,500	PCB 118	0,000	M	0	729	None
6	23,258	PCB 153	0,000	M	0	886	None
7	23,332	PCB 105	0,000	M	0	786	None
8	24,176	PCB 138	0,000	M	0	691	None
9	24,546	PCB 126	0,000	M	0	922	None
10	25,122	PCB 128	0,000	M	0	688	None
11	25,754	PCB 156	0,000	M	0	805	None
12	26,094	Methoxychlor	0,000	M	0	655	None
13	26,448	PCB 180	0,000	M	0	482	None
14	27,208	PCB 169	0,000	M	0	852	None
15	27,427	PCB 170	0,000	M	0	806	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 8 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 8 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 21:37	Data File:	c:\... pz 8 pcbs-05-07-0	Method:	c:\... methoxychlor-pcbs



Target Compounds

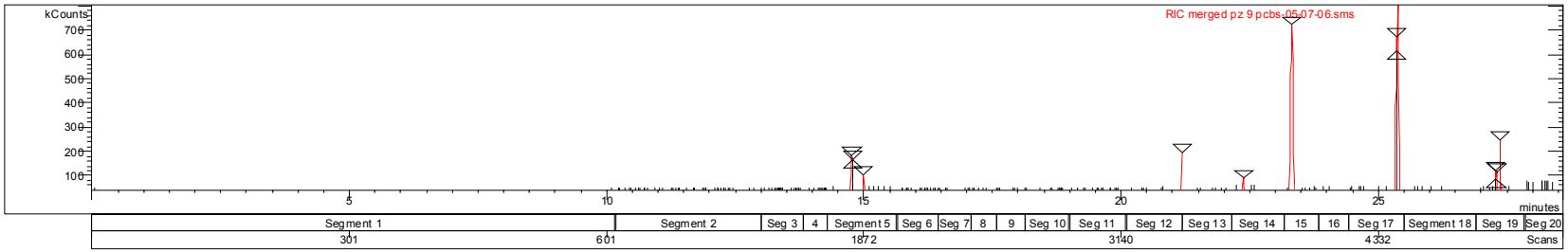
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,765	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	824	None
2	17,963	PCB 52	0,000	M	0	705	None
3	20,291	PCB 101	0,000	M	0	442	None
4	21,687	PCB 77	0,000	M	0	874	None
5	22,697	PCB 118	0,000	M	0	789	None
6	23,312	PCB 153	0,000	M	0	581	None
7	23,316	PCB 105	0,000	M	0	780	None
8	24,341	PCB 138	0,000	M	0	415	None
9	24,486	PCB 126	0,000	M	0	903	None
10	25,080	PCB 128	0,000	M	0	746	None
11	25,950	PCB 156	0,000	M	0	828	None
12	26,013	Methoxychlor	0,000	M	0	728	None
13	26,330	PCB 180	0,000	M	0	538	None
14	27,047	PCB 169	0,000	M	0	484	None
15	27,222	PCB 170	0,000	M	0	466	None

Status and Errors: M: Missing peak.

Sample Report for pz 9 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 9 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 22:33	Data File:	c:\.. pz 9 pcbs-05-07-0	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

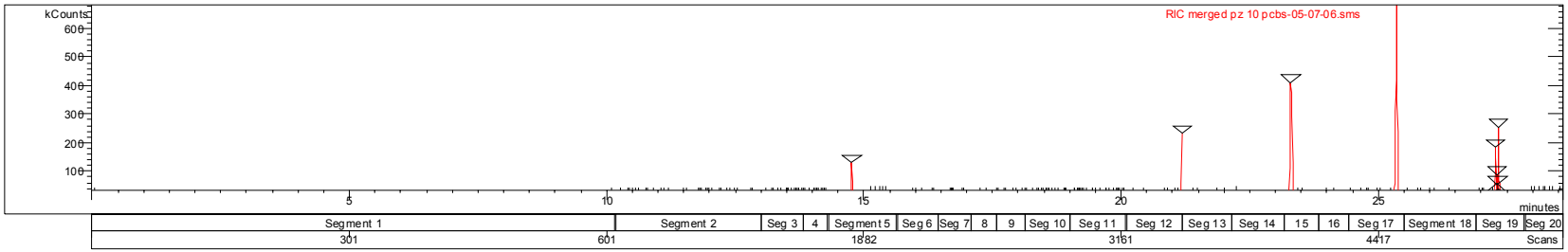
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,769	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	895	None
2	17,771	PCB 52	0,000	M	0	713	None
3	20,435	PCB 101	0,000	M	0	421	None
4	21,662	PCB 77	0,000	M	0	787	None
5	22,713	PCB 118	0,000	M	0	749	None
6	23,296	PCB 153	0,000	M	0	578	None
7	23,465	PCB 105	0,000	M	0	801	None
8	24,124	PCB 138	0,000	M	0	625	None
9	24,548	PCB 126	0,000	M	0	791	None
10	24,896	PCB 128	0,000	M	0	572	None
11	25,953	PCB 156	0,000	M	0	722	None
12	26,061	Methoxychlor	0,000	M	0	691	None
13	26,627	PCB 180	0,000	M	0	639	None
14	26,992	PCB 169	0,000	M	0	823	None
15	27,569	PCB 170	0,000	M	0	549	None

Status and Errors: M: Missing peak.

Sample Report for pz 10 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 10 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 23:30	Data File:	c:\.. pz 10 pcbs-05-07-	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

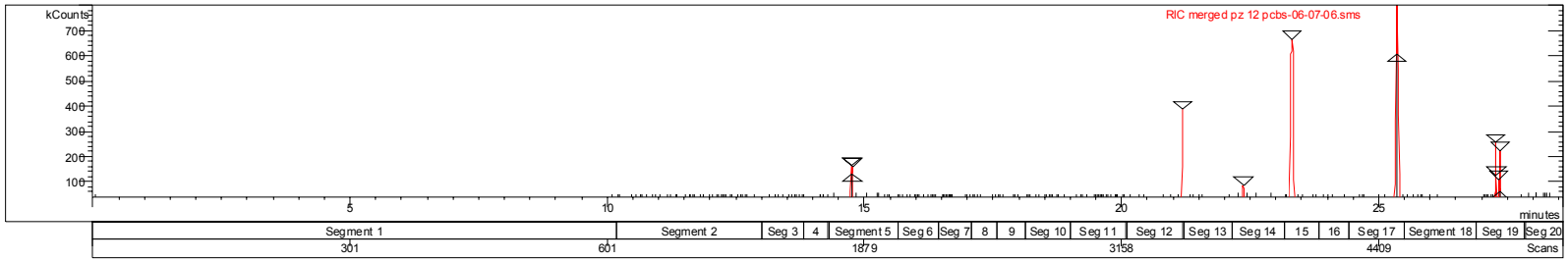
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,625	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	673	None
2	17,628	PCB 52	0,000	M	0	432	None
3	20,478	PCB 101	0,000	M	0	553	None
4	21,581	PCB 77	0,000	M	0	626	None
5	22,565	PCB 118	0,000	M	0	601	None
6	23,426	PCB 153	0,000	M	0	494	None
7	23,315	PCB 105	0,000	M	0	818	None
8	24,134	PCB 138	0,000	M	0	579	None
9	24,492	PCB 126	0,000	M	0	856	None
10	25,265	PCB 128	0,000	M	0	626	None
11	25,943	PCB 156	0,000	M	0	790	None
12	25,935	Methoxychlor	0,000	M	0	594	None
13	26,486	PCB 180	0,000	M	0	550	None
14	27,453	PCB 169	0,000	M	0	852	None
15	27,371	PCB 170	0,000	M	0	649	None

Status and Errors: M: Missing peak.

Sample Report for pz 12 pcbs-06-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 12 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	06/07/06 0:26	Data File:	c:\.. pz 12 pcbs-06-07-	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

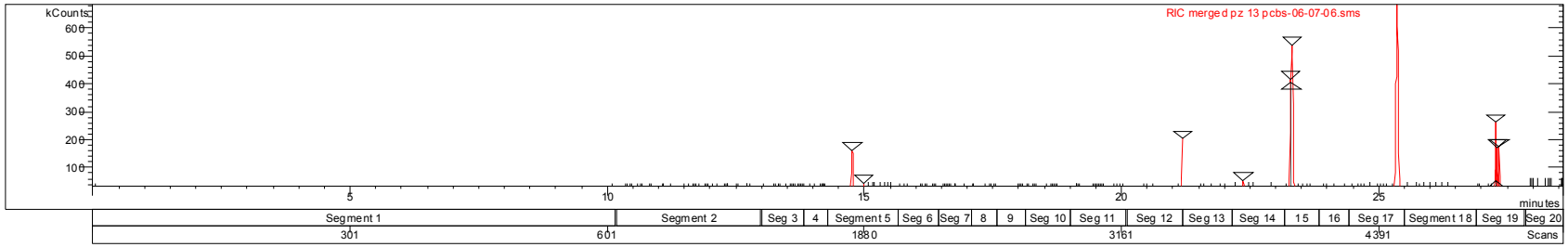
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,754	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	759	None
2	17,943	PCB 52	0,000	M	0	454	None
3	20,476	PCB 101	0,000	M	0	685	None
4	21,890	PCB 77	0,000	M	0	650	None
5	22,503	PCB 118	0,000	M	0	733	None
6	23,217	PCB 153	0,000	M	0	494	None
7	23,448	PCB 105	0,000	M	0	804	None
8	24,309	PCB 138	0,000	M	0	594	None
9	24,528	PCB 126	0,000	M	0	836	None
10	25,264	PCB 128	0,000	M	0	562	None
11	25,922	PCB 156	0,000	M	0	558	None
12	26,187	Methoxychlor	0,000	M	0	734	None
13	26,477	PCB 180	0,000	M	0	453	None
14	27,052	PCB 169	0,000	M	0	846	None
15	27,274	PCB 170	0,000	M	0	512	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 13 pcbs-06-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 13 PCBs	Operator:	LC y JG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	06/07/06 1:23	Data File:	c:\.. pz 13 pcbs-06-07-	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

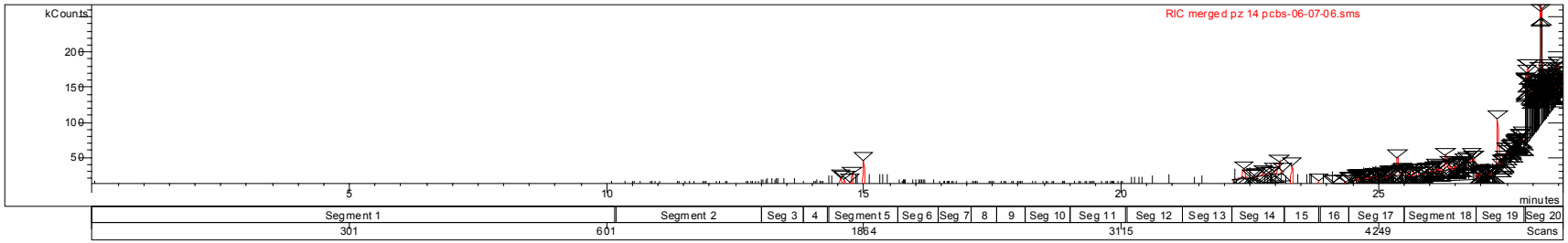
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,680	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	768	None
2	17,787	PCB 52	0,000	M	0	594	None
3	20,288	PCB 101	0,000	M	0	634	None
4	21,913	PCB 77	0,000	M	0	611	None
5	22,710	PCB 118	0,000	M	0	797	None
6	23,431	PCB 153	0,000	M	0	664	None
7	23,602	PCB 105	0,000	M	0	818	None
8	24,061	PCB 138	0,000	M	0	420	None
9	24,803	PCB 126	0,000	M	0	758	None
10	25,142	PCB 128	0,000	M	0	485	None
11	25,865	PCB 156	0,000	M	0	594	None
12	26,109	Methoxychlor	0,000	M	0	649	None
13	26,661	PCB 180	0,000	M	0	686	None
14	27,115	PCB 169	0,000	M	0	543	None
15	27,542	PCB 170	0,000	M	0	742	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 14 pcbs-06-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 14 PCBs	Operator:	LC y JG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	06/07/06 2:19	Data File:	c:\... pz 14 pcbs-06-07-	Method:	c:\... methoxychlor-pcbs



Target Compounds

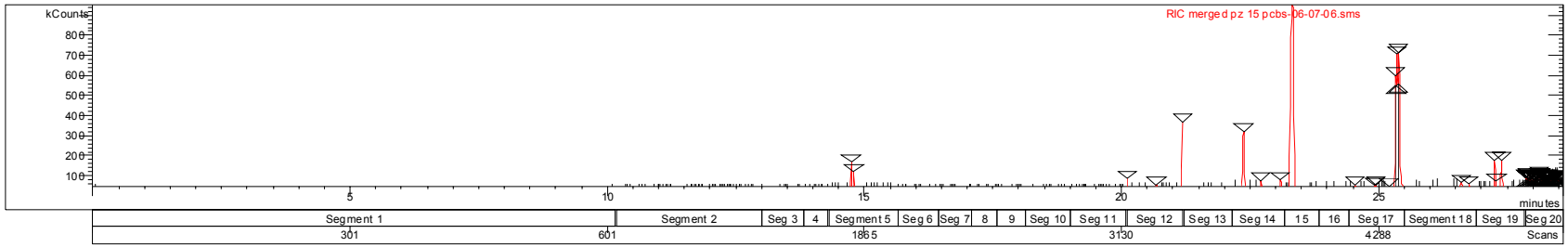
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,767	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	855	None
2	17,808	PCB 52	0,000	M	0	496	None
3	20,643	PCB 101	0,000	M	0	595	None
4	21,863	PCB 77	0,000	M	0	860	None
5	22,451	PCB 118	0,000	M	0	772	None
6	23,360	PCB 153	0,000	M	0	524	None
7	23,302	PCB 105	0,000	M	0	695	None
8	24,317	PCB 138	0,000	M	0	598	None
9	24,864	PCB 126	0,000	M	0	785	None
10	25,148	PCB 128	0,000	M	0	812	None
11	25,981	PCB 156	0,000	M	0	469	None
12	26,159	Methoxychlor	0,000	M	0	561	None
13	26,337	PCB 180	0,000	M	0	630	None
14	27,300	PCB 169	0,000	M	0	461	None
15	27,612	PCB 170	0,000	M	0	551	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 15 pcbs-06-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 15 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	06/07/06 3:16	Data File:	c:\.. pz 15 pcbs-06-07-	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

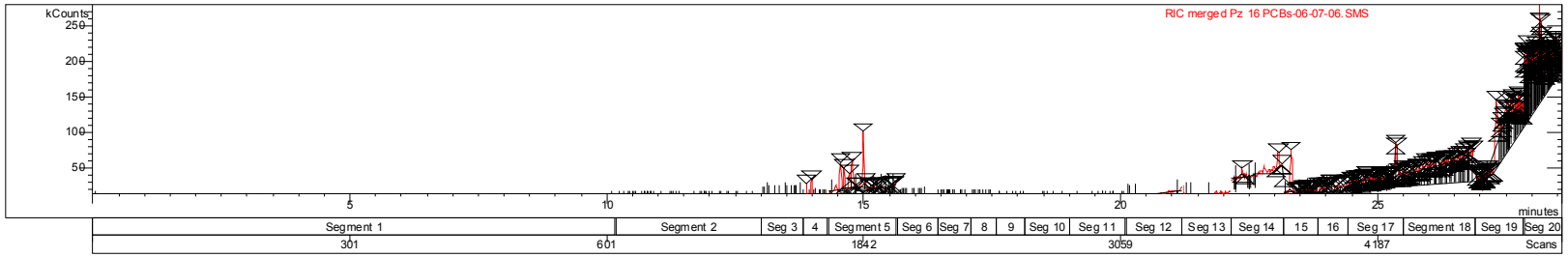
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,725	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	831	None
2	17,777	PCB 52	0,000	M	0	622	None
3	20,449	PCB 101	0,000	M	0	581	None
4	21,785	PCB 77	0,000	M	0	839	None
5	22,716	PCB 118	0,000	M	0	772	None
6	23,399	PCB 153	0,000	M	0	747	None
7	23,562	PCB 105	0,000	M	0	777	None
8	24,352	PCB 138	0,000	M	0	597	None
9	24,546	PCB 126	0,000	M	0	686	None
10	25,084	PCB 128	0,000	M	0	640	None
11	25,954	PCB 156	0,000	M	0	802	None
12	26,093	Methoxychlor	0,000	M	0	592	None
13	26,413	PCB 180	0,000	M	0	590	None
14	27,459	PCB 169	0,000	M	0	776	None
15	27,273	PCB 170	0,000	M	0	629	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for Pz 16 PCBs-06-07-06.SMS

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 16 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	06/07/06 4:13	Data File:	c:\.. pz 16 pcbs-06-07-	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

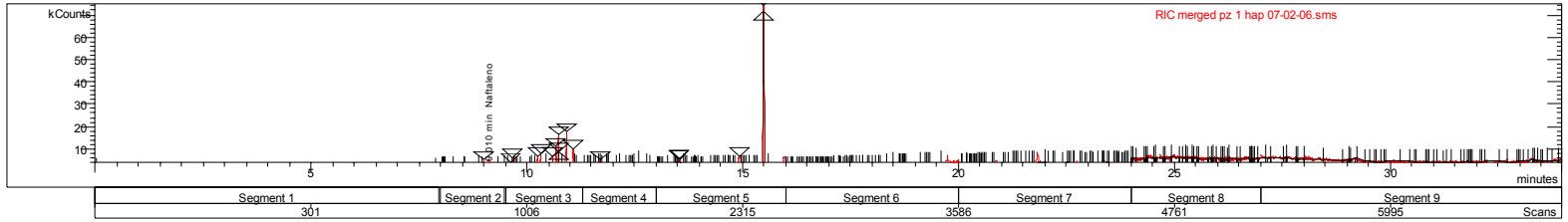
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,743	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	961	None
2	17,965	PCB 52	0,000	M	0	817	None
3	20,483	PCB 101	0,000	M	0	736	None
4	21,614	PCB 77	0,000	M	0	671	None
5	22,627	PCB 118	0,000	M	0	642	None
6	23,235	PCB 153	0,000	M	0	828	None
7	23,292	PCB 105	0,000	M	0	739	None
8	24,180	PCB 138	0,000	M	0	635	None
9	24,613	PCB 126	0,000	M	0	654	None
10	24,977	PCB 128	0,000	M	0	718	None
11	26,017	PCB 156	0,000	M	0	960	None
12	26,179	Methoxychlor	0,000	M	0	590	None
13	26,522	PCB 180	0,000	M	0	606	None
14	27,504	PCB 169	0,000	M	0	861	None
15	27,250	PCB 170	0,000	M	0	694	None

Status and Errors: M : Missing peak.

A5.4.4. HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAPs)

Sample Report for pz 1 hap 07-02-06.sms

Sample ID:	Pz 1 HAP	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	02/02/06 11:43
Acquisition Date:	07/02/06 16:51	Data File:	c:\... pz 1 hap 07-02-
Calculation Date:	08/02/06 10:03	Method:	c:\... pz 1 hap 07-02-
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	9,010	Naftaleno	Id.	126+102+77	3160	0,032 ppb
2	10,674	Acenaftileno	Miss.	150	1150	
3	10,968	Acenafteno	Miss.	152	865	
4	11,793	Fluoreno	Miss.	163	0	0,000 ppb
5	14,234	Fenantreno	Miss.	176+152	818	
6	14,235	Aantraceno	Miss.	176+152	396	
7	17,654	Fluoranteno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
8	18,024	Pireno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
9	21,198	Benzo(a)antraceno	Miss.	226	0	0,000 ppb
10	21,322	Criseno	Miss.	226	0	0,000 ppb
11	24,555	Benzo(b)Fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
12	24,519	Benzo(k)fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
13	26,243	benzo(a)pireno	Miss.	250	0	0,000 ppb
14	30,167	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb
15	29,503	Dibenzo(a,h)antraceno	Miss.	276	0	0,000 ppb
16	30,935	Benzo(g,h,i)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Run Documentation

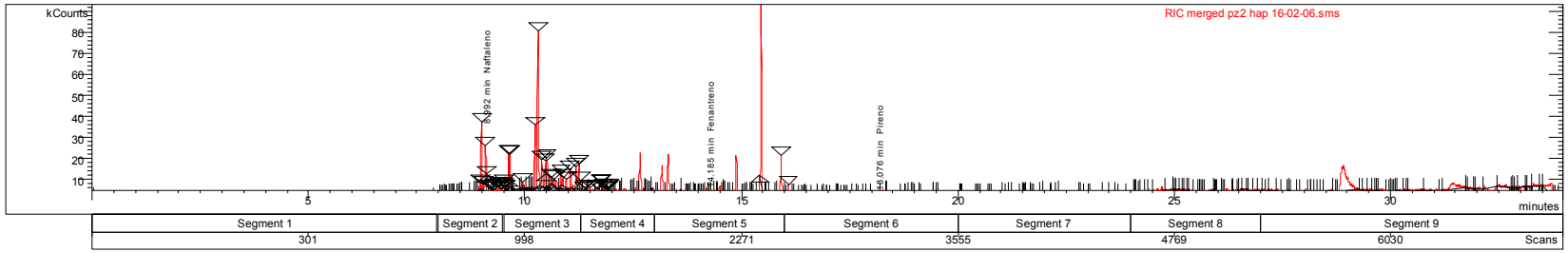
Run Logs

```
MODULE ATTRIBUTES        Printed: 20/02/06 13:00
Module: Saturn 2000.40

Saturn GC/MS Workstation Version 5.51
    Module Software Version:              FF0E
    Module Option Keys:                   EI CI SIS MS/MS
Setpoints
    Trap Temperature:                         180 degrees C
    Manifold Temperature:                      50 degrees C
    Transfer Line Temperature:                280 degrees C
    Filament Number:                            1
    Axial Modulation Voltage:                 4.0 volts
Air/Water Check
    Last Checked:                         07/02/06 9:37
    Air Level Test Result:                 OK
    Water Level Test Result:               OK
    Mass 28 Peak Width:                       0.6 m/z
    Mass 19 to Mass 18 Ratio:                 4.6%
    Total Ion Count:                         1430 counts
Integrator Zero Set
    Last Executed:                        20/01/06 9:07
    Integrator Zero Set Result:           OK
```

Sample Report for pz2 hap 16-02-06.sms

Sample ID:	Pz42 HAP	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	16/02/06 15:10	Data File:	c:\... pz2 hap 16-02-06.	Calculation Date:	17/02/06 9:07
Method:	c:\mis documentos\lola\pz42 hap 16-02-06.sms				



Target Compounds

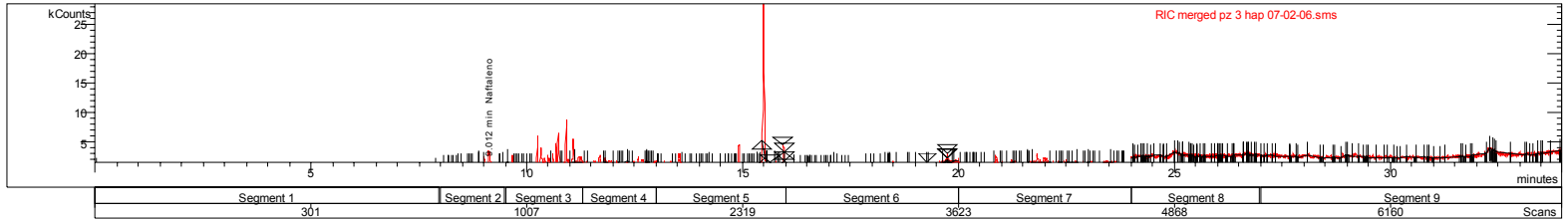
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Status	Quan Ions	Area	Amount	Fit
1	8,992	Naftaleno	U	126+102+77	20808	0,130	999
2	10,713	Acenaftileno	X *C	150	861	N/A	1000
3	10,949	Acenafteno	X *C	152	5226	N/A	999
4	11,754	Fluoreno	M	163	0	0,000	996
5	14,185	Fenantreno		176+152	6285	0,006	1000
6	14,511	Antraceno	M	176+152	0	0,000	998
7	17,712	Fluoranteno	M	200+201	0	0,000	1000
8	18,076	Pireno		200+201	3887	0,003	1000
9	21,302	Benzo(a)antraceno	M	226	0	0,000	997
10	21,302	Criseno	M	226	0	0,000	1000
11	25,225	Benzo(b)Fluoranteno	M	250	0	0,000	1000
12	24,777	Benzo(k)fluoranteno	M	250	0	0,000	1000
13	26,140	benzo(a)pireno	M	250	0	0,000	996
14	30,116	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	M	274	0	0,000	1000
15	29,497	Dibenzo(a,h)antraceno	M	276	0	0,000	1000
16	30,567	Benzo(g,h,i)perileno	M	274	0	0,000	1000

Status and Errors:

X : Error
* : No result can be calculated; check calibration curve.
M : Missing peak.
C : Result out of Tolerance or Calibration Range.
U : User defined end points.

Sample Report for pz 3 hap 07-02-06.sms

Sample ID:	Pz 3 HAP	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	02/02/06 11:43
Acquisition Date:	07/02/06 17:41	Data File:	c:\... pz 3 hap 07-02-
Calculation Date:	08/02/06 15:23	Method:	c:\... pz 3 hap 07-02-
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	9,012	Naftaleno	Id.	126+102+77	1229	0,021 ppb
2	10,634	Acenaftileno	Miss.	150	0	0,000 ppb
3	10,895	Acenafteno	Miss.	152	307	
4	11,860	Fluoreno	Miss.	163	0	0,000 ppb
5	14,170	Fenantreno	Miss.	176+152	0	0,000 ppb
6	14,456	Aantraceno	Miss.	176+152	0	0,000 ppb
7	17,624	Fluoranteno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
8	18,131	Pireno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
9	21,137	Benzo(a)antraceno	Miss.	226	0	0,000 ppb
10	21,364	Criseno	Miss.	226	0	0,000 ppb
11	24,730	Benzo(b)Fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
12	24,364	Benzo(k)fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
13	25,974	benzo(a)pireno	Miss.	250	0	0,000 ppb
14	29,662	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb
15	29,510	Dibenzo(a,h)antraceno	Miss.	276	0	0,000 ppb
16	31,148	Benzo(g,h,i)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Run Documentation

Run Logs

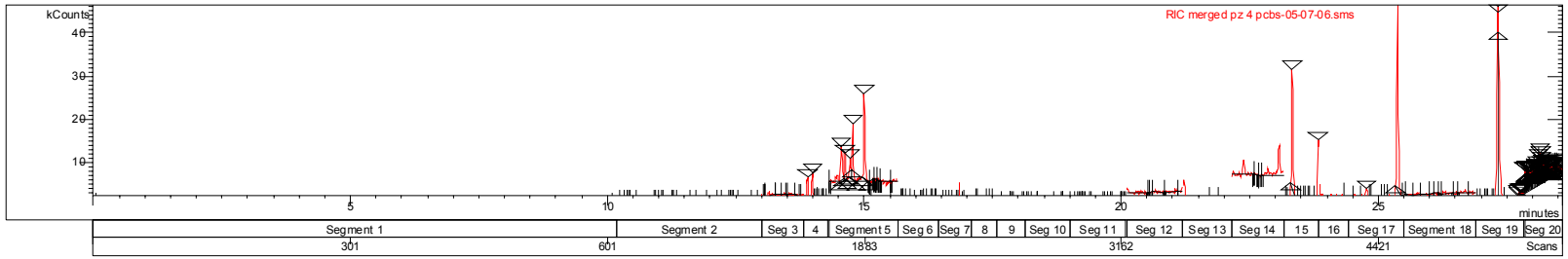
```
MODULE ATTRIBUTES        Printed: 20/02/06 13:02
Module: Saturn 2000.40

Saturn GC/MS Workstation Version 5.51
    Module Software Version:              FF0E
    Module Option Keys:                   EI CI SIS MS/MS
Setpoints
    Trap Temperature:                         180 degrees C
    Manifold Temperature:                      50 degrees C
    Transfer Line Temperature:                280 degrees C
    Filament Number:                            1
    Axial Modulation Voltage:                 4.0 volts
Air/Water Check
    Last Checked:                         07/02/06 9:37
    Air Level Test Result:                 OK
    Water Level Test Result:               OK
    Mass 28 Peak Width:                       0.6 m/z
    Mass 19 to Mass 18 Ratio:                 4.6%
    Total Ion Count:                         1430 counts
Integrator Zero Set
    Last Executed:                        20/01/06 9:07
    Integrator Zero Set Result:           OK
```

Sample Report for pz 4 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 4 PCBs	Operator:	LC yJG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	05/07/06 17:51	Data File:	c:\.. pz 4 pcbs-05-07-0	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

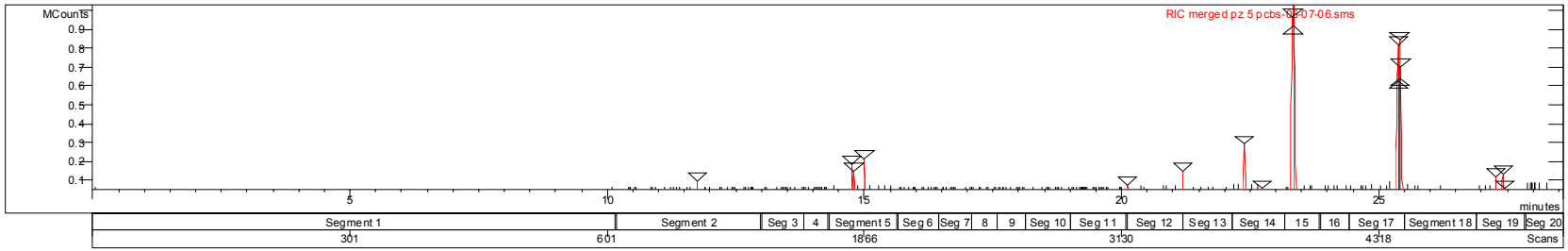
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,778	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	789	None
2	17,750	PCB 52	0,000	M	0	536	None
3	20,513	PCB 101	0,000	M	0	482	None
4	21,722	PCB 77	0,000	M	0	606	None
5	22,377	PCB 118	0,000	M	0	764	None
6	23,360	PCB 153	0,000	M	0	848	None
7	23,371	PCB 105	0,000	M	0	778	None
8	24,096	PCB 138	0,000	M	0	481	None
9	24,678	PCB 126	0,000	M	0	762	None
10	25,142	PCB 128	0,000	M	0	542	None
11	25,778	PCB 156	0,000	M	0	588	None
12	25,925	Methoxychlor	0,000	M	0	661	None
13	26,272	PCB 180	0,000	M	0	622	None
14	27,156	PCB 169	0,000	M	0	672	None
15	27,476	PCB 170	0,000	M	0	893	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 5 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 5 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 18:47	Data File:	c:\... pz 5 pcbs-05-07-0	Method:	c:\... methoxychlor-pcbs



Target Compounds

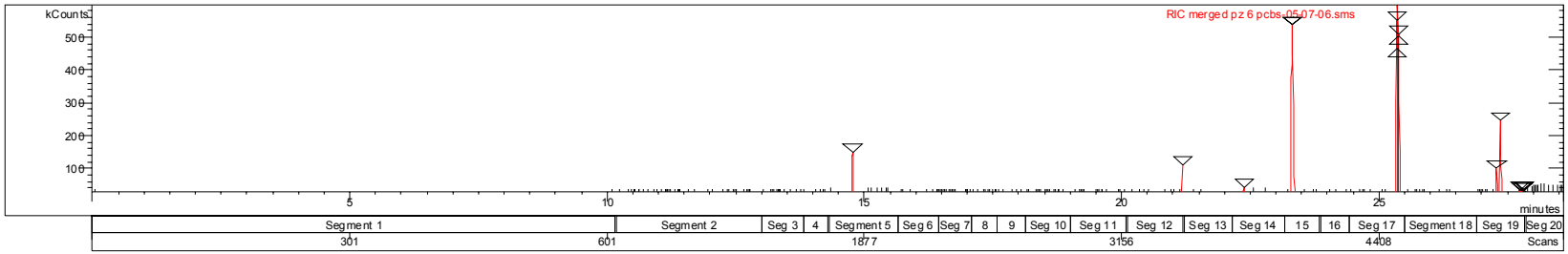
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,778	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	734	None
2	17,772	PCB 52	0,000	M	0	617	None
3	20,510	PCB 101	0,000	M	0	681	None
4	21,637	PCB 77	0,000	M	0	840	None
5	22,734	PCB 118	0,000	M	0	630	None
6	23,212	PCB 153	0,000	M	0	750	None
7	23,408	PCB 105	0,000	M	0	730	None
8	24,241	PCB 138	0,000	M	0	604	None
9	24,579	PCB 126	0,000	M	0	753	None
10	25,130	PCB 128	0,000	M	0	563	None
11	25,878	PCB 156	0,000	M	0	765	None
12	26,269	Methoxychlor	0,000	M	0	745	None
13	26,324	PCB 180	0,000	M	0	561	None
14	27,210	PCB 169	0,000	M	0	868	None
15	27,596	PCB 170	0,000	M	0	604	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 6 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 6 PCBs	Operator:	LC y JG	Instrument ID:	Saturn GC/MS #1
Acquisition Date:	05/07/06 19:43	Data File:	c:\.. pz 6 pcbs-05-07-0	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



Target Compounds

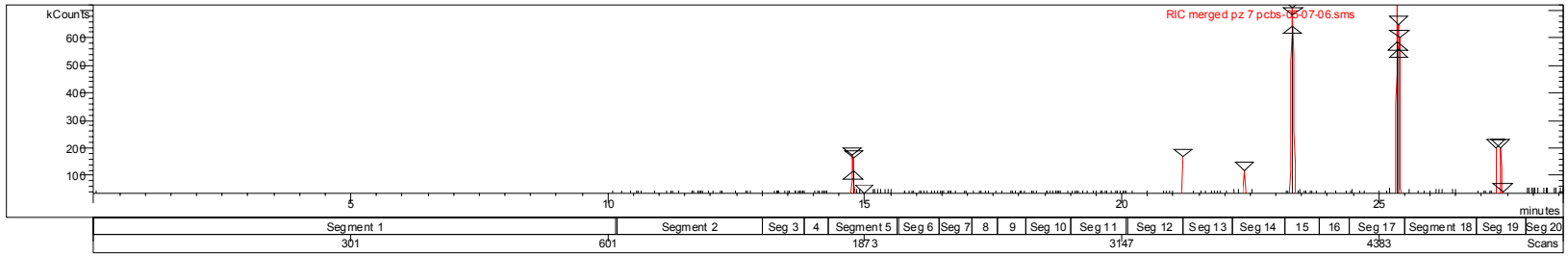
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,776	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	806	None
2	17,925	PCB 52	0,000	M	0	530	None
3	20,617	PCB 101	0,000	M	0	563	None
4	21,606	PCB 77	0,000	M	0	870	None
5	22,695	PCB 118	0,000	M	0	757	None
6	23,346	PCB 153	0,000	M	0	733	None
7	23,487	PCB 105	0,000	M	0	778	None
8	24,373	PCB 138	0,000	M	0	415	None
9	24,835	PCB 126	0,000	M	0	835	None
10	25,072	PCB 128	0,000	M	0	527	None
11	26,015	PCB 156	0,000	M	0	679	None
12	25,959	Methoxychlor	0,000	M	0	666	None
13	26,651	PCB 180	0,000	M	0	695	None
14	27,195	PCB 169	0,000	M	0	862	None
15	27,338	PCB 170	0,000	M	0	416	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 7 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 7 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 20:40	Data File:	c:\... pz 7 pcbs-05-07-0	Method:	c:\... methoxychlor-pcbs



Target Compounds

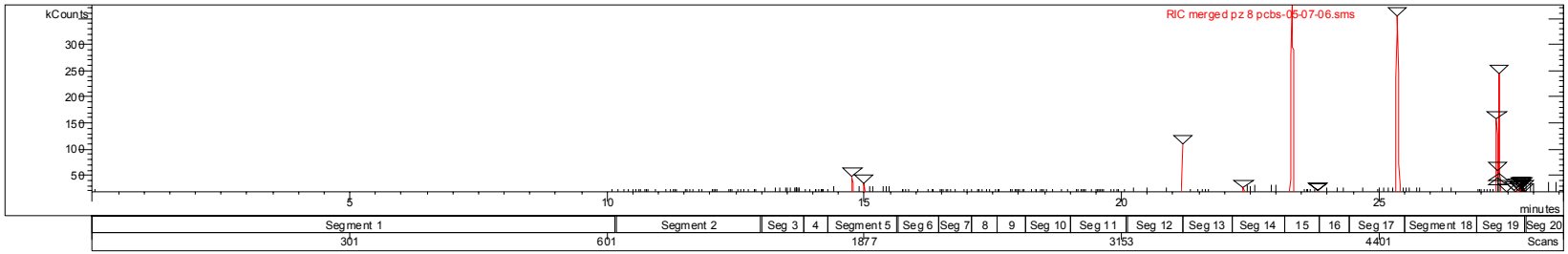
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,778	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	891	None
2	17,901	PCB 52	0,000	M	0	566	None
3	20,594	PCB 101	0,000	M	0	715	None
4	21,971	PCB 77	0,000	M	0	842	None
5	22,500	PCB 118	0,000	M	0	729	None
6	23,258	PCB 153	0,000	M	0	886	None
7	23,332	PCB 105	0,000	M	0	786	None
8	24,176	PCB 138	0,000	M	0	691	None
9	24,546	PCB 126	0,000	M	0	922	None
10	25,122	PCB 128	0,000	M	0	688	None
11	25,754	PCB 156	0,000	M	0	805	None
12	26,094	Methoxychlor	0,000	M	0	655	None
13	26,448	PCB 180	0,000	M	0	482	None
14	27,208	PCB 169	0,000	M	0	852	None
15	27,427	PCB 170	0,000	M	0	806	None

Status and Errors: M: Missing peak.

Sample Report for pz 8 pcbs-05-07-06.sms

Cromatograma Pesticidas Organoclorados y PCBs GRUPO CAFMA

Sample ID:	Pz 8 PCBs	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	05/07/06 21:37	Data File:	c:\.. pz 8 pcbs-05-07-0	Method:	c:\.. methoxychlor-pcbs



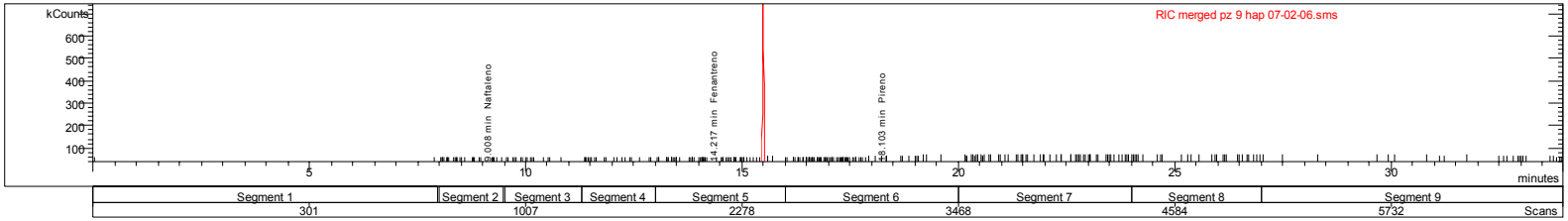
Target Compounds

Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Amount	Status	Area	Fit	S/N Ratio
1	16,765	PCB 28+PCB 31	0,000	M	0	824	None
2	17,963	PCB 52	0,000	M	0	705	None
3	20,291	PCB 101	0,000	M	0	442	None
4	21,687	PCB 77	0,000	M	0	874	None
5	22,697	PCB 118	0,000	M	0	789	None
6	23,312	PCB 153	0,000	M	0	581	None
7	23,316	PCB 105	0,000	M	0	780	None
8	24,341	PCB 138	0,000	M	0	415	None
9	24,486	PCB 126	0,000	M	0	903	None
10	25,080	PCB 128	0,000	M	0	746	None
11	25,950	PCB 156	0,000	M	0	828	None
12	26,013	Methoxychlor	0,000	M	0	728	None
13	26,330	PCB 180	0,000	M	0	538	None
14	27,047	PCB 169	0,000	M	0	484	None
15	27,222	PCB 170	0,000	M	0	466	None

Status and Errors: M : Missing peak.

Sample Report for pz 9 hap 07-02-06.sms

Sample ID:	Pz 9 HAP	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	02/02/06 11:43
Acquisition Date:	07/02/06 19:23	Data File:	c:\... pz 9 hap 07-02-
Calculation Date:	08/02/06 12:58	Method:	c:\... pz 9 hap 07-02-
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	9,008	Naftaleno	Id.	126+102+77	616	0,018 ppb
2	10,674	Acenaftileno	Miss.	150	2772	
3	10,967	Acenafteno	Miss.	152	1299	
4	11,792	Fluoreno	Miss.	163	0	0,000 ppb
5	14,217	Fenantreno	Id.	176+152	4095	0,003 ppb
6	14,227	Aantraceno	Miss.	176+152	0	0,000 ppb
7	17,364	Fluoranteno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
8	18,103	Pireno	Id.	200+201	5301	0,004 ppb
9	21,243	Benzo(a)antraceno	Miss.	226	0	0,000 ppb
10	21,295	Criseno	Miss.	226	0	0,000 ppb
11	24,974	Benzo(b)Fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
12	24,855	Benzo(k)fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
13	25,966	benzo(a)pireno	Miss.	250	0	0,000 ppb
14	30,074	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb
15	29,510	Dibenzo(a,h)antraceno	Miss.	276	0	0,000 ppb
16	30,813	Benzo(g,h,i)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Run Documentation

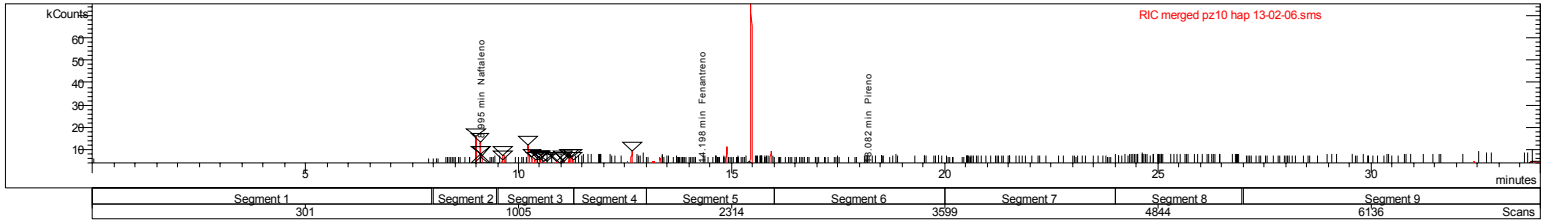
Run Logs

```
MODULE ATTRIBUTES        Printed: 20/02/06 13:06
Module: Saturn 2000.40

Saturn GC/MS Workstation Version 5.51
    Module Software Version:              FF0E
    Module Option Keys:                   EI CI SIS MS/MS
Setpoints
    Trap Temperature:                         180 degrees C
    Manifold Temperature:                      50 degrees C
    Transfer Line Temperature:                280 degrees C
    Filament Number:                            1
    Axial Modulation Voltage:                 4.0 volts
Air/Water Check
    Last Checked:                         07/02/06 9:37
    Air Level Test Result:                 OK
    Water Level Test Result:               OK
    Mass 28 Peak Width:                       0.6 m/z
    Mass 19 to Mass 18 Ratio:                 4.6%
    Total Ion Count:                         1430 counts
Integrator Zero Set
    Last Executed:                        20/01/06 9:07
    Integrator Zero Set Result:           OK
```

Sample Report for pz10 hap 13-02-06.sms

Sample ID:	Pz10 Hap	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	02/02/06 11:43
Acquisition Date:	13/02/06 16:57	Data File:	c:\... pz10 hap 13-02-
Calculation Date:	14/02/06 12:27	Method:	c:\... pz10 hap 13-02-
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

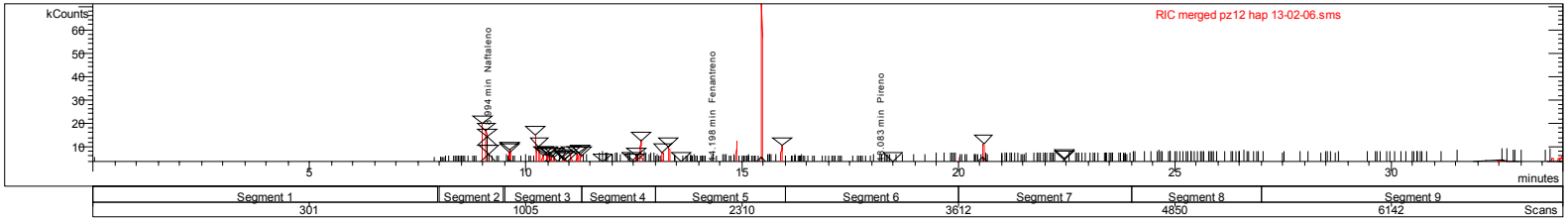
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	8,995	Naftaleno	Id.	126+102+77	10316	0,072 ppb
2	10,635	Acenaftileno	Miss.	150	0	0,000 ppb
3	10,947	Acenafteno	Miss.	152	1946	
4	11,767	Fluoreno	Miss.	163	0	0,000 ppb
5	14,198	Fenantreno	Id.	176+152	2590	0,001 ppb
6	14,200	Antraceno	Miss.	176+152	0	0,000 ppb
7	17,645	Fluoranteno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
8	18,082	Pireno	Id.	200+201	1544	0,002 ppb
9	21,240	Benzo(a)antraceno	Miss.	226	0	0,000 ppb
10	21,359	Criseno	Miss.	226	0	0,000 ppb
11	25,046	Benzo(b)Fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
12	24,131	Benzo(k)fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
13	25,639	benzo(a)pireno	Miss.	250	0	0,000 ppb
14	29,418	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb
15	29,503	Dibenzo(a,h)antraceno	Miss.	276	0	0,000 ppb
16	30,475	Benzo(g,h,i)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz12 hap 13-02-06.sms

Sample ID:	Pz12 Hap	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	02/02/06 11:43
Acquisition Date:	13/02/06 17:48	Data File:	c:\... pz12 hap 13-02-
Calculation Date:	14/02/06 12:28	Method:	c:\... pz12 hap 13-02-
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

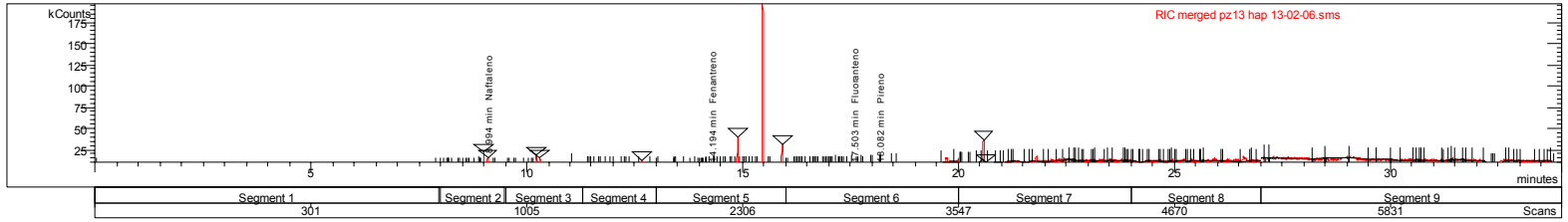
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	8,994	Naftaleno	Id.	126+102+77	12723	0,085 ppb
2	10,691	Acenaftileno	Miss.	150	271	
3	10,952	Acenafteno	Miss.	152	2178	
4	11,932	Fluoreno	Miss.	163	0	0,000 ppb
5	14,198	Fenantreno	Id.	176+152	2933	0,002 ppb
6	14,390	Antraceno	Miss.	176+152	0	0,000 ppb
7	17,580	Fluoranteno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
8	18,083	Pireno	Id.	200+201	2775	0,003 ppb
9	21,148	Benzo(a)antraceno	Miss.	226	0	0,000 ppb
10	21,245	Criseno	Miss.	226	0	0,000 ppb
11	24,634	Benzo(b)Fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
12	24,119	Benzo(k)fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
13	25,919	benzo(a)pireno	Miss.	250	0	0,000 ppb
14	30,430	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb
15	29,510	Dibenzo(a,h)antraceno	Miss.	276	0	0,000 ppb
16	30,947	Benzo(g,h,i)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz13 hap 13-02-06.sms

Sample ID:	Pz13 Hap	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	02/02/06 11:43
Acquisition Date:	13/02/06 18:38	Data File:	c:\... pz13 hap 13-02-
Calculation Date:	14/02/06 12:29	Method:	c:\... pz13 hap 13-02-
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

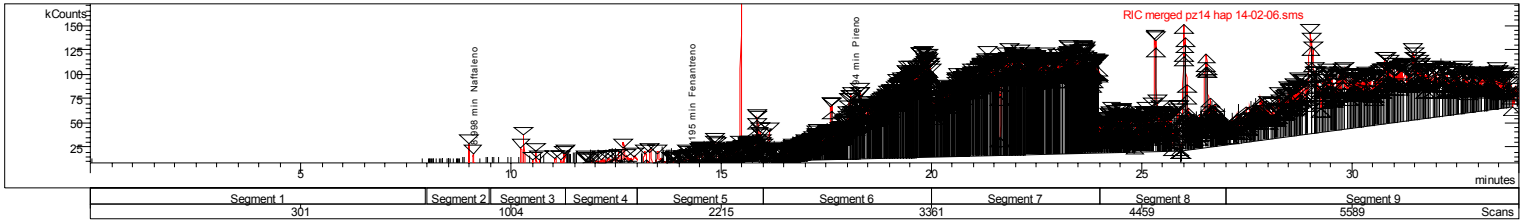
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	8,994	Naftaleno	Id.	126+102+77	12367	0,083 ppb
2	10,692	Acenaftileno	Miss.	150	341	
3	11,041	Acenafteno	Miss.	152	3278	
4	11,925	Fluoreno	Miss.	163	0	0,000 ppb
5	14,194	Fenantreno	Id.	176+152	6111	0,006 ppb
6	14,195	Antraceno	Miss.	176+152	0	0,000 ppb
7	17,503	Fluoranteno	Id.	200+201	4442	0,008 ppb
8	18,082	Pireno	Id.	200+201	8831	0,006 ppb
9	21,226	Benzo(a)antraceno	Miss.	226	0	0,000 ppb
10	21,380	Criseno	Miss.	226	0	0,000 ppb
11	24,344	Benzo(b)Fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
12	24,861	Benzo(k)fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
13	25,240	benzo(a)pireno	Miss.	250	0	0,000 ppb
14	29,843	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb
15	29,500	Dibenzo(a,h)antraceno	Miss.	276	0	0,000 ppb
16	30,656	Benzo(g,h,i)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz14 hap 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz14 HAP	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	02/02/06 11:43
Acquisition Date:	14/02/06 14:05	Data File:	c:\... pz14 hap 14-02-
Calculation Date:	15/02/06 12:53	Method:	c:\... pz14 hap 14-02-
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

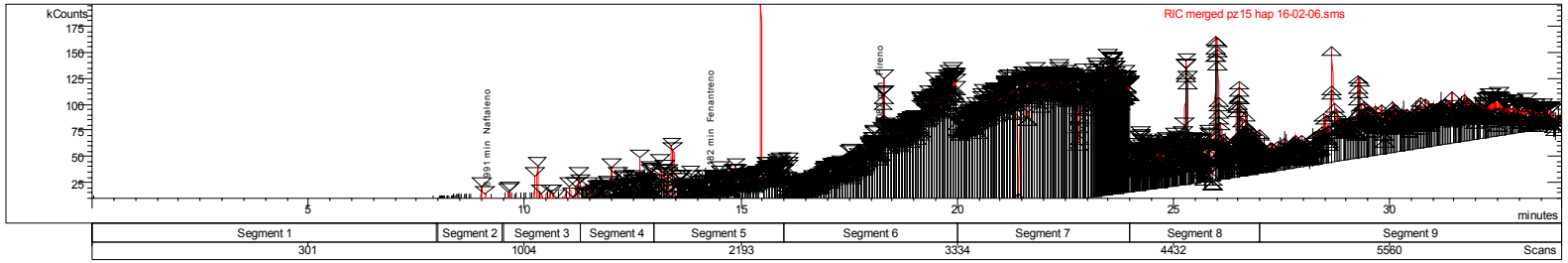
#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	8,998	Naftaleno	Id.	126+102+77	18550	0,117 ppb
2	10,628	Acenaftileno	Miss.	150	0	0,000 ppb
3	10,953	Acenafteno	Miss.	152	2635	
4	11,893	Fluoreno	Miss.	163	0	0,000 ppb
5	14,195	Fenantreno	Id.	176+152	12166	0,014 ppb
6	14,525	Antraceno	Miss.	176+152	0	0,000 ppb
7	17,629	Fluoranteno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
8	18,094	Pireno	Id.	200+201	32972	0,020 ppb
9	21,271	Benzo(a)antraceno	Miss.	226	0	0,000 ppb
10	21,271	Criseno	Miss.	226	0	0,000 ppb
11	25,189	Benzo(b)Fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
12	25,425	Benzo(k)fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
13	25,714	benzo(a)pireno	Miss.	250	0	0,000 ppb
14	30,409	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb
15	29,501	Dibenzo(a,h)antraceno	Miss.	276	0	0,000 ppb
16	30,571	Benzo(g,h,i)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

Sample Report for pz15 hap 16-02-06.sms

Sample ID:	Pz15 HAP	Operator:		Instrument ID:	
Acquisition Date:	16/02/06 16:51	Data File:	c:\... pz15 hap 16-02-06	Calculation Date:	17/02/06 9:11
Method:	c:\mis documentos\lola\pz15 hap 16-02-06.sms				



Target Compounds

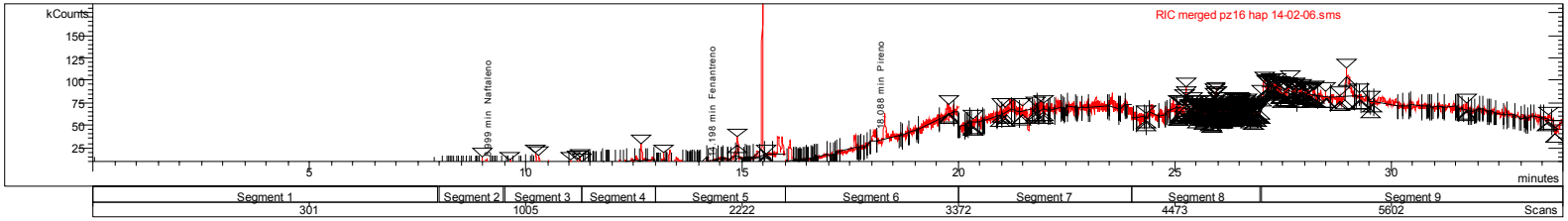
Cmpd. Number	RT (min)	Peak Name	Status	Quan Ions	Area	Amount	Fit
1	8,991	Naftaleno		126+102+77	11830	0,080	998
2	10,631	Acenaftileno	M	150	0	0,000	1000
3	11,039	Acenafteno	X *C	152	9906	N/A	990
4	11,687	Fluoreno	M	163	0	0,000	998
5	14,182	Fenantreno		176+152	13146	0,015	993
6	14,434	Antraceno	M	176+152	0	0,000	999
7	17,711	Fluoranteno	M	200+201	0	0,000	1000
8	18,087	Pireno		200+201	21274	0,013	999
9	21,172	Benzo(a)antraceno	M	226	0	0,000	1000
10	21,339	Criseno	M	226	0	0,000	1000
11	24,454	Benzo(b)Fluoranteno	M	250	0	0,000	995
12	24,454	Benzo(k)fluoranteno	M	250	0	0,000	990
13	25,899	benzo(a)pireno	M	250	0	0,000	989
14	30,156	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	M	274	0	0,000	988
15	29,494	Dibenzo(a,h)antraceno	M	276	0	0,000	1000
16	30,813	Benzo(g,h,i)perileno	M	274	0	0,000	985

Status and Errors:

X : Error
* : No result can be calculated; check calibration curve.
M : Missing peak.
C : Result out of Tolerance or Calibration Range.

Sample Report for pz16 hap 14-02-06.sms

Sample ID:	Pz16 HAP	Operator:	
Instrument ID:		Last Calibration:	02/02/06 11:43
Acquisition Date:	14/02/06 14:55	Data File:	c:\... pz16 hap 14-02-
Calculation Date:	15/02/06 12:55	Method:	c:\... pz16 hap 14-02-
Inj. Sample Notes:			



Target Compounds

#	RT	Compound Name	Res Type	Quan Ions	Area	Amount
1	8,999	Naftaleno	Id.	126+102+77	8602	0,062 ppb
2	10,632	Acenaftileno	Miss.	150	0	0,000 ppb
3	11,045	Acenafteno	Miss.	152	3392	
4	11,769	Fluoreno	Miss.	163	0	0,000 ppb
5	14,198	Fenantreno	Id.	176+152	6215	0,006 ppb
6	14,519	Antraceno	Miss.	176+152	0	0,000 ppb
7	17,552	Fluoranteno	Miss.	200+201	0	0,000 ppb
8	18,088	Pireno	Id.	200+201	7746	0,006 ppb
9	21,273	Benzo(a)antraceno	Miss.	226	0	0,000 ppb
10	21,273	Criseno	Miss.	226	0	0,000 ppb
11	24,848	Benzo(b)Fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
12	24,358	Benzo(k)fluoranteno	Miss.	250	0	0,000 ppb
13	25,652	benzo(a)pireno	Miss.	250	0	0,000 ppb
14	29,750	Indeno(1,2,3,c,d)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb
15	29,507	Dibenzo(a,h)antraceno	Miss.	276	0	0,000 ppb
16	30,974	Benzo(g,h,i)perileno	Miss.	274	0	0,000 ppb

Unidentified Peaks

None

ÍNDICE DE TABLAS

1. INTRODUCCIÓN

Tabla 1.1.- Evolución de la superficie cultivada de los principales cultivos en el municipio de San Bartolomé de Tirajana en los años 1998 al 2000 10

Tabla 1.2.- Recursos de agua en Gran Canaria. Hm^3 11

Tabla 1.3.- Consumos de agua en Gran Canaria. Hm^3 12

2. GEOLOGÍA

Tabla 2.1.- Correlaciones estratigráficas entre diferentes autores de la Isla de Gran Canaria 28

Tabla 2.2.- Esquema geológico de la zona de estudio 31

3. MARCO HIDROGEOLÓGICO

Tabla 3.1.- Cotas de niveles freáticos deducidos de los pozos y sondeos de estudio recopilados 51

Tabla 3.2.- Valores de parámetros hidráulicos establecidos por el SPA-15 [9] para diferentes materiales volcánicos 55

Tabla 3.3.- Resultados de las interpretaciones de los ensayos de bombeo realizados en el Macizo de Amurga **[13]**. Los pozos en negrita se estudian en la presente tesis doctoral 56

4. HIDROQUÍMICA

Tabla 4.1.- Resumen de requerimientos especiales para toma de muestras 61

Tabla 4.2.- Técnicas de laboratorio y norma empleada para cada análisis de muestras de agua 64

Tabla 4.3.- Composiciones porcentuales y relaciones iónicas características de las rocas volcánicas de Gran Canaria 69

Tabla 4.4.- Valores representativos de la concentración de los iones mayoritarios (meq/L), SiO_2 (mg/L), conductividad eléctrica (µS/cm) y pH de los pozos y sondeos muestreados independiente del punto y fecha de muestreo 73

Tabla 4.5.- Situación geográfica de los sondeos a los que se les realizó los registros de conductividad y temperatura 77

Tabla 4.6.- Nombre y situación de los pozos y sondeos objeto de estudio 90

Tabla 4.7.- Valores representativos de pH, concentraciones de los iones mayoritarios (meq L^{-1}), SiO2 (mg L^{-1}) y relaciones iónicas de interés de las muestras de pozos del Barranco de Tirajana (r = meq L^{-1}; pH medido en laboratorio) 96

Tabla 4.8.- Valores representativos de pH, concentraciones de los iones mayoritarios (meq L^{-1}), SiO2 (mg L^{-1}) y relaciones iónicas de interés de las muestras de pozos del Macizo de Amurga (r = meq/L) 98

Tabla 4.9.- Valores representativos de pH, concentraciones de los iones mayoritarios (meq L^{-1}), SiO2 (mg L^{-1}) y relaciones iónicas de interés de las muestras de pozos del Barranco de Arguineguín (r = meq L^{-1}; pH medido en laboratorio) 101

Tabla 4.10.- Observaciones realizadas a partir de la evolución temporal de los Diagramas Schöeller de los pozos y sondeos 109

Tabla 4.11.- Análisis químicos de Cl y Br de sondeos del Macizo de Amurga ... 135

Tabla 4.12.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del barranco de Tirajana 150

Tabla 4.13.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Barranco de Tirajana (r = meq/L) 151

Tabla 4.14.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del Macizo de Amurga oriental 153

Tabla 4.15.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Macizo de Amurga oriental. (r = meq/L) 154

Tabla 4.16.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del Macizo de Amurga central 156

Tabla 4.17.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Macizo de Amurga central (r = meq/L) 157

Tabla 4.18.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del Barranco de Fataga 159

Tabla 4.19.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Barranco de Fataga (r = meq/L) 160

Tabla 4.20.- Matriz de correlaciones de entrada para el análisis cluster de variables de aguas de pozos del Barranco de Arguineguín 163

Tabla 4.21.- Coeficientes de estructura con el valor de correlación entre los componentes rotados y cada una de las variables, para las aguas del Barranco de Arguineguín. (r = meq/L) 163

5. COMPUESTOS ORGÁNICOS

Tabla 5.1- Plaguicidas listados en la Directiva 76/464/ECC de la Contaminación causada por ciertas sustancias peligrosas descargadas en el medio acuático de la

comunidad [78 y 79]. En negrita los plaguicidas estudiados en el presente trabajo.....170

Tabla 5.2- Producción y uso permitido para algunos plaguicidas OCs en proceso de eliminación según datos de la Conferencia del Convenio de Estocolmo (UNEP/POPS/CONF/4, 5 Junio 2001).....171

Tabla 5.3- Clasificación y valores de LD-50 (mg Kg-1) de los plaguicidas según grado de peligrosidad aguda.....176

Tabla 5.4- Límites establecidos por el RD-140/2003 para algunos de los compuestos orgánicos objeto de estudio.....178

Tabla 5.5- Resumen de requerimientos especiales para toma de muestras.....179

Tabla 5.6- Plaguicidas utilizados en Gran Canaria para combatir las plagas.....189

Tabla 5.7- Ejemplos de plaguicidas OCs detectados con mayor frecuencia en grupos poblacionales.....192

Tabla 5.8- Plaguicidas OCs seleccionados para el presente estudio.....198

Tabla 5.9- Plaguicidas OPs seleccionados para el presente estudio.....205

Tabla 5.10- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos seleccionados para el presente estudio.....212

Tabla 5.11-Condiciones de temperatura del horno para el análisis de los pesticidas organoclorados.....219

Tabla 5.12-Condiciones de temperatura del horno para el análisis de los pesticidas organofosforados.....220

Tabla 5.13-Condiciones de temperatura del horno para el análisis de los PCBs y Methoxichlor.....220

Tabla 5.14-Condiciones de temperatura del horno para el análisis de los HAPs.221

Tabla 5.15- Recuperaciones y coeficientes de variación (%) (n = 5) para HAPs después de la aplicación del procedimiento LLME a muestras de agua.....224

Tabla 5.16- Recuperaciones y coeficientes de variación (%) (n = 5) para los pesticidas organofosforados después de la aplicación del procedimiento LLME a muestras de agua.....225

Tabla 5.17- Resultados de Pesticidas Organoclorados en las aguas de los pozos del acuífero de Amurga. Resultados en ppb (µg/L). n.d.: no detectado.....226

Tabla 5.18- Resultados de Policloruros Bifenilos (PCBs) en las aguas de los pozos del acuífero de Amurga. Resultados en ppb (µg/L). n.d.: no detectado.....227

Tabla 5.19- Resultados de Pesticidas Organofosforados en las aguas de los pozos del acuífero de Amurga. Resultados en ppb (µg/L). n.d.: no detectado.....228

Tabla 5.20.- Resultados de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en las aguas de los pozos del acuífero de Amurga. Resultados en ppb (µg/L). n.d.: no detectado.....229

Tabla 5.21.- Relación del tiempo de semidesintegración (DT_{50}) de algunos de los compuestos orgánicos estudiados.....231

6. DISCUSIÓN GENERAL

Tabla 6.1.- Valores medios de las relaciones iónicas de interés de la precipitación y de las aguas del Barranco de Tirajana.....240

Tabla 6.2.- Valores medios de las relaciones iónicas de interés de la precipitación y de las aguas del Barranco de Arguineguín.....244

Tabla 6.3.- Valores medios de las relaciones iónicas de interés de la precipitación y de las aguas de Amurga y barranco de Fataga.....246

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.1.- Situación geográfica de la zona de estudio con reseña geológica general 4

Figura 1.2.- Corte transversal de la zona de estudio situado en el Barranco de Fataga (I-I') 6

Figura 1.3.- Situación geográfica de los pozos y sondeos objeto de estudio 7

Figura 1.4.- Corrientes marinas y vientos que afectan al archipiélago canario 8

2. GEOLOGÍA

Figura 2.1.- Situación de las Islas Canarias. Las líneas en negrita indican las anomalías magnéticas que encierran las islas (entre 175 Maños y 156 Maños). Las líneas más claras indican la batimetría a intervalos de 1000 m 24

Figura 2.2.- Síntesis de la cronoestatigrafía de la isla de Gran Canaria 29

Figura 2.3.- Mapa geológico de Gran Canaria y situación de la zona de estudio dividida en cuatro zonas: (a) Arguineguín; (b) Agüimes; (c) Castillo del Romeral y (d) Maspalomas 32

Figura 2.4.- Mapa geológico de la zona de estudio (Zona Arguineguín) y situación de los pozos de estudio de la zona (a) 33

Figura 2.5.- Mapa geológico de la zona de estudio (Zona Agüimes) y situación de los pozos de estudio de la zona (b) 34

Figura 2.6.- Mapa geológico de la zona de estudio (Zona Maspalomas) y situación de los pozos de estudio de la zona (d) 36

Figura 2.7.- Mapa geológico de la zona de estudio (Zona Castillo del Romeral) y situación de los pozos de estudio de la zona (c) 37

3. MARCO HIDROGEOLÓGICO

Figura 3.1.- Esquema de la reserva de agua insular en condiciones naturales (A) y después de haber sufrido un vaciado progresivo (B) 46

Figura 3.2.- Niveles piezométricos e isopiezas deducidas de los datos recopilados de la zona de estudio 53

4. HIDROQUÍMICA

Figura 4.1.- Situación geográfica de los pozos y sondeos objeto de estudio 62

Figura 4.2.- Representación gráfica de la conductividad eléctrica frente a la semisuma de los iones 66

Figura 4.3.- Histogramas de concentración de Cloruro de las muestras de las aguas subterráneas de la zona de estudio (en meq/L). N = número de datos 72

Figura 4.4.- Histogramas de concentración de Sodio de las muestras de las aguas subterráneas de la zona de estudio (en meq/L). N = número de datos 74

Figura 4.5.- Histograma de concentración de Sulfato de las muestras de las aguas subterráneas del área de estudio (r = meq/l). N = número de datos 75

Figura 4.6.- Relación rCa/rSO4 de las muestras de agua subterránea del área de estudio 76

Figura 4.7.- Situación de los sondeos estudiados. LB = Las Burras, C = Costero 79

Figura 4.8.- Representación de las temperaturas para todos los pozos registrados en función de la profundidad 80

Figura 4.9.- Registro de conductividad y temperatura del sondeo “Las Burras” ... 82

Figura 4.10.- Registro de conductividad y temperatura en el sondeo costero 82

Figura 4.11.- Registro de conductividad y temperatura en el sondeo S-10 83

Figura 4.12.- Columna litológica del Sondeo S-5 84

Figura 4.13.- Registro de conductividad y temperatura en el sondeo S-5 85

Figura 4.14.- Columna litológica del Sondeo S-8 86

Figura 4.15.- Registro de conductividad y temperatura en el sondeo S-8 87

Figura 4.16.- Registro de conductividad y temperatura en el sondeo S-26 88

Figura 4.17.- Representación de los diagramas de Stiff modificados de las muestras más representativas de la zona de estudio 91

Figura 4.18.- Diagrama de cajas de las muestras del Barranco de Tirajana (r = meq/l) 95

Figura 4.19.- Diagrama de cajas de las muestras del Macizo de Amurga 99

Figura 4.20.- Diagrama de cajas de las muestras del Barranco de Arguineguín (r = meq/l) 100

Figura 4.21.- Representación del Diagrama Piper de las muestras de agua subterránea de los pozos y sondeos de toda la zona de estudio (Macizo de Amurga, Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Barranco de Fataga) 103

Figura 4.22.- Diagrama Piper de las aguas subterráneas del barranco de Tirajana relacionadas con el agua de mar 104

Figura 4.23.- Diagrama Piper de las aguas subterráneas del barranco de Arguineguín relacionadas con el agua de mar 105

Figura 4.24.- Diagrama Piper de las aguas subterráneas del Macizo de Amurga relacionadas con el agua de mar, a) Pozos y b) Sondeos 106

Figura 4.25.- Histograma de los valores de pH de todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio 111

Figura 4.26.- Histograma de los valores de Conductividad eléctrica (µS/cm) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio 112

Figura 4.27.- Representación gráfica de los contenidos de NO_3^- vs. a) SO_4^{2-} y b) Cl^- (meq/L) de la zona de estudio. Datos referidos a todo el periodo de muestreo (1994-2004) 115

Figura 4.28.- Distribución geográfica del contenido en cloruros medio (mg/L) de la zona de estudio, durante todo el periodo de estudio (1994-2004) 116

Figura 4.29.- Histograma de los valores de Concentración de sulfatos (mg/L) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio 118

Figura 4.30.- Histograma de los valores de Concentración de bicarbonatos (mg/L) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio 118

Figura 4.31.- Histograma de los valores de Concentración de sílice (mg/L) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio 120

Figura 4.32.- Histograma de los valores de concentración de magnesio (mg/L) durante todo el periodo de muestreo (1994-2004) de las aguas subterráneas de la zona de estudio 121

Figura 4.33.- Representación de las relaciones rCl frente rNa y rNa/rCl frente rCl, para las muestras de pozos del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga. (r = meq/L) 123

Figura 4.34.- Representación de la relación rNa/rK frente a rCl de las aguas de los pozos del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga. (r = meq/L) 124

Figura 4.35.-Representación de la relación rSO_4 frente a rCl en las aguas de los pozos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L) 125

Figura 4.36.-Representación de la relación rSO_4/rCl frente a rCl en las aguas de los pozos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L) 126

Figura 4.37.- Distribución espacial de la relación rSO_4^{2-}/rCl^- en toda la zona de estudio. (r = meq/L) 127

Figura 4.38.-Representación de las relaciones rMg frente rCl y rMg/rCl frente rCl, para las muestras de pozos del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga. (r = meq/L) 128

Figura 4.39.- Representación de la relación rCa frente rSO_4 para las muestras de agua de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín 129

Figura 4.40.- Representación de la relación rCa/ rSO_4 frente rCl para las muestras de agua de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín 129

Figura 4.41.- Representación de la relación rMg/rCa frente rCl para las muestras de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L) 131

Figura 4.42.- Representación de la relación rMg frente al rCa para las muestras de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín. (r = meq/L) 131

Figura 4.43.- Representación de la relación rCl/r(HCO_3+CO_3) frente al rCl para las muestras de los pozos y sondeos de Tirajana, Amurga y Arguineguín 133

Figura 4.44.- Representación de la relación Cl/F (razón molar) frente a Cl (mg/L) para las muestras de pozos y sondeos de la zona de estudio para el año 2004 133

Figura 4.45.- Representación de la relación rCl/rBr frente a Cl (mg/L) de las aguas de sondeos del Macizo de Amurga 135

Figura 4.46.- Relación entre el índice de saturación de la calcita y la concentración de sulfato (mg/l) y la concentración de calcio (mg/L), para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 138

Figura 4.47.- Relación entre los índices de saturación de la dolomita y la concentración de sulfato y calcio (mg/L) y el yeso y la concentración de sulfato (mg/l) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 139

Figura 4.48.- Relación entre los índices de saturación del Aragonito y la concentración de calcio (mg/L) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 140

Figura 4.49.- Relación entre los índices de saturación de la Magnesita y la concentración de magnesio (mg/l) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 140

Figura 4.50.- Relación entre los índices de saturación del Cuarzo y la concentración de sílice (mg/L) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 141

Figura 4.51.- Relación entre los índices de saturación de la Sílice Amorfa y la concentración de sílice (mg/L) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 142

Figura 4.52.- Relación entre los índices de saturación de la Calcedonia y la concentración de sílice (mg/L) para los pozos y sondeos del Barranco de Tirajana, Barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 142

Figura 4.53.- Diagrama de estabilidad del feldespato sódico (a) y del feldespato potásico (b) para las muestras del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 146

Figura 4.54.- Diagrama de estabilidad del feldespato cálcico (a) y de la clorita (b) para las muestras del barranco de Tirajana, barranco de Arguineguín y Macizo de Amurga 147

Figura 4.55.- Dendograma de variables del Barranco de Tirajana (r =meq/L) (SiO_2 en mg/L) a partir de la matriz de distancia euclídea 150

Figura 4.56.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del barranco de Tirajana 151

Figura 4.57.- Dendograma de variables del Macizo de Amurga oriental (r = meq/L), (SiO_2 en mg/L) a partir de la matriz de distancia euclídea 153

Figura 4.58.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del Macizo de Amurga oriental 155

Figura 4.59.- Dendograma de variables del Macizo de Amurga central (r = meq/L), (SiO_2 en mg/L) a partir de la matriz de distancia euclídea 156

Figura 4.60.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del Macizo de Amurga Central 158

Figura 4.61.- Dendograma de variables del Barranco de Fataga a partir de la matriz de distancia euclídea (SiO_2 en mg/L; r = meq/L) 159

Figura 4.62.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del Barranco de Fataga 161

Figura 4.63.- Dendograma de variables del Barranco de Arguineguín a partir de la matriz de distancia euclídea (SiO_2 en mg/L; r = meq/L) 162

Figura 4.64.- Gráfico de las componentes principales en espacio factorial rotado de las variables del Barranco de Arguineguín 164

5. COMPUESTOS ORÁNICOS

Figura 5.1.- Detector de captura electrónica 182

Figura 5.2.-Detector de fósforo-nitrógeno (NPD)..... 183

Figura 5.3.- Estructura de un espectrómetro de masas 185

Figura 5.4.- Funcionamiento de un sistema de MS-MS 186

Figura 5.5.- Esquema de la Trampa de Iones 187

Figura 5.6.- Rutas metabólicas de endosulfan (αy β) 197

Figura 5.7.- Estructura de los PCBs 201

Figura 5.8.- Situación de los pozos a los que se ha estudiado la concentración de plaguicidas organoclorados, organofosforados e hidrocarburos aromáticos 216

Figura 5.9.- Curva de calibrado para el compuesto PCB-128 (a) y para el compuesto ß-endosulfan (b) 223

6. DISCUSIÓN GENERAL

Figura 6.1.- Columna estratigráfica del sondeo “Las Burras”..... 237

Figura 6.2.- Columna estratigráfica del sondeo S-8 239

Figura 6.3.- Diagrama Piper de los pozos situados en el Barranco de Tirajana, durante todo el periodo de estudio.....240

Figura 6.4.- Mapa de iso-contenido en SiO_2 (mg/L) (a) y de la relación rMg/rCa (b) en el año 2004 para la zona de estudio.....241

Figura 6.5.- Evolución de la salinidad de las aguas de pozos del Barranco de Tirajana.....242

Figura 6.6.- Evolución de la salinidad de las aguas de pozos del Barranco de Arguineguín.....245

Figura 6.7.- Diagrama Piper de los pozos situados en el Barranco de Fataga y Macizo de Amurga, durante todo el periodo de estudio.....247

Figura 6.8.- Evolución de la salinidad de las aguas de pozos situados en el Barranco de Fataga.....248

Figura 6.9.- Evolución de la salinidad de las aguas de pozos situados en el Macizo de Amurga.....249

Figura 6.10.- Evolución de la concentración de nitratos en las aguas de pozos del Barranco de Fataga y Macizo de Amurga.....250