

TRABAJO TUTELADO PARA LA OBTENCIÓN DE LA SUFICIENCIA INVESTIGADORA.

*“Estudio Hidrogeológico de los Barrancos de  
Guinguada y Tenoya (Gran Canaria)”*



**AUTORA:** Dña. Gema Naranjo Ayala

**DIRECTORA:** Dra. M<sup>a</sup> Carmen Cabrera Santana

**PROGRAMA DE DOCTORADO:** Física, Matemáticas, Geología y Clima.

**BIENIO:** 2006-2008

## RESUMEN

El sector Noreste de la Isla de Gran Canaria muestra un sistema de flujo del agua subterránea de cumbre a costa, con desviaciones hacia el fondo del profundo barranco Guinguada, donde posiblemente estaban los antiguos nacientes, hoy captados por pozos. Existen en la zona 234 captaciones, fundamentalmente pozos de gran diámetro, de los que 140 están en uso, explotándose la Fm. Sállica a cotas bajas y los materiales del Grupo Roque Nublo a cotas elevadas. La salinidad crece de cumbre a costa por mayor efecto del aerosol marino y menor recarga. La recarga media puede variar desde menos de 20 mm/a en zonas bajas hasta más de 500 mm/a en cumbres, lo que puede suponer de 30 a 50 hm<sup>3</sup>/año que fluyen por la base de las formaciones volcánicas recientes y el techo de las mas antiguas. Los elevados contenidos en nitrato son atribuibles a la gran superficie cultivada. Cabe que la contaminación continúe creciendo pues parte del NO<sub>3</sub> puede estar aún avanzado verticalmente por la gruesa zona no saturada.

Recogiendo información anterior y realizando nuevos muestreos se ha tratado de hacer un modelo conceptual del funcionamiento del sistema, se ha presentado una piezometría aproximada y una caracterización hidrogeoquímica de la zona. Finalmente, se hacen algunas recomendaciones para mejorar el conocimiento y poder evaluar el estado del acuífero.

**Palabras clave (5):** Guinguada, Tenoya, Acuífero volcánico, Piezometría, Hidrogeoquímica

## ABSTRACT

*North sector of Gran Canaria Island shows a groundwater flow system pattern from the upper part of the island to the coast, with some deviations toward the bottom of the deep Guinguada creek, where were possibly the old springs, currently drained by means of wells. There are 234 groundwater works in the area, mostly shaft wells, 140 of which are in use actually, exploiting the Salic Fm. at low heights and Roque Nublo Group materials at high heights. Water salinity increases from the highlands towards the sea due to the increasing effect of atmospheric marine aerosol and lower recharge. Average recharge may vary from less than 20 mm/y near the coast up to more than 500 mm/year in the highlands, which means up to 30 to 50 millions m<sup>3</sup>/year. They flow through the bottom of recent volcanics and the upper part of the old ones. High nitrate contents are explained as the result of the large cultivated area. It is possible that the contamination process will continue since part of the NO<sub>3</sub> is probably still progressing vertically through the thick unsaturated zone.*

*Compiling previous researches and realizing new tests on the aquifer it has been possible to make a conceptual model, draw a rough piezometric level map and a hydrochemistry characterization of the sistem. Finally, there are some recommendations in order to improve the knowledge of the aquifer and provide a better evaluation.*

**Key words (5):** Guinguada, Tenoya, Volcanic Aquifer, Piezometric level, Hydrogeochemistry

**ÍNDICE**

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	6
1.1.- Entorno geográfico .....	6
1.2.- Objetivos .....	10
2.- ANTECEDENTES HIDROGEOLÓGICOS.....	10
3.- GEOLOGÍA .....	11
3.1.- Marco Geológico Regional .....	11
3.2.- Geología de la zona de estudio y caracterización hidrogeológica de las formaciones..	14
4.- HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO .....	18
4.1.- Inventario de puntos de agua .....	18
4.2.- Parámetros Hidráulicos .....	20
4.3.- Piezometría.....	28
5.- HIDROGEOQUÍMICA .....	30
5.1.- Introducción .....	30
5.2.- Distribución de familias hidrogeoquímicas en la zona de estudio.....	30
5.3.- Balance de masas con mezclas de aguas .....	35
5.4.- Evolución temporal .....	36
5.5.- Análisis isotópicos .....	42
5.6.- Síntesis Hidroquímica.....	45
6.- DISCUSIÓN .....	49
6.1.- Parámetros Hidráulicos y flujo.....	49
6.2.- Discusión química.....	49
6.3.- Balance Hídrico y Modelo Hidrogeológico conceptual .....	50
6.4.- Balance Hidroquímico.....	55
7.- CONCLUSIONES .....	58
7.1.- Aspectos a considerar en un estudio complementario.....	58
7.2.- Propuestas de mejora en la obtención de datos .....	59
8.- BIBLIOGRAFÍA .....	60
ANEJO A-1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	62
ANEJO A-2. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	70
ANEJO A-3. PIEZOMETRÍA.....	89
ANEJO A-4. HIDROQUÍMICA.....	94
ANEJO A-5. PARÁMETROS HIDRÁULICOS Y BALANCE HÍDRICO.....	118

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1.- Localización de la zona de estudio.....	6
Figura 1.2.- Municipios que abarca la zona de estudio.....	7
Figura 1.3.- Usos del suelo en la zona de estudio (GRAFCAN, 2005).....	9
Figura 3.1.- Mapa geológico de Gran Canaria (Carracedo et al, 2002).....	13
Figura 3.2.- Cortes hidrogeológicos en la zona de estudio (modificado de PHGC, 1991).....	16
Figura 3.3.- Columnas hidrogeológicas en la zona de estudio.....	17
Figura 4.1.- Puntos del inventario del Consejo Insular de Aguas de G.C. visitados en 1997. ...	18
Figura 4.2.- Bombeo en el sondeo 3 y observación en el sondeo 1.....	21
Figura 4.3.- Recuperación en el sondeo 3 y observación en el sondeo 1.....	22
Figura 4.4.- Bombeo en el sondeo 3 y observación en el sondeo 2.....	22
Figura 4.5.- Recuperación en el sondeo 3 y observación en el sondeo 2.....	23
Figura 4.6.- Bombeo y observación en el sondeo 3.....	23
Figura 4.6.- Bombeo en el sondeo 2 y observación en el sondeo 1.....	24
Figura 4.7.- Recuperación en el sondeo 2 y observación en el sondeo 1.....	25
Figura 4.8.- Bombeo y observación en el sondeo 2.....	25
Figura 4.9.- Recuperación y observación en el sondeo 2.....	26
Figura 4.10.- Ensayo de bombeo en la Formación Roque Nublo.....	26
Figura 4.11.- Ensayo de recuperación en la Formación Roque Nublo.....	27
Figura 4.12.- Piezometría de la zona de estudio a partir de los datos de 1997 .....	29
Figura 5.1.- Diagramas de Schöeller-Berkaloff representado valores medios por grupos de cotas. ....	31
Figura 5.2.- Mapa de Diagramas de Stiff en la zona de estudio (datos químicos de 1997).....	32

Figura 5.3.- Representación de $rSO_4/rCl$ vs Cl de las captaciones situadas bajo la cota 300 m (1997).....	33
Figura 5.4.- Representación de $rSO_4/rCl$ vs Cl de las captaciones situadas a cotas 300-600 m (1997).....	33
Figura 5.5.- Representación de $rSO_4/rCl$ vs Cl de las captaciones situadas sobre la cota 600 m (1997).....	34
Figura 5.6.- Representación de $rNa/rCl$ vs Cl de las captaciones situadas bajo la cota 300 m (1997).....	34
Figura 5.7.- Representación de $rNa/rCl$ vs Cl de las captaciones situadas a cotas 300-600 m (1997).....	34
Figura 5.8.- Representación de $rNa/rCl$ vs Cl de las captaciones situadas sobre la cota 600 m (1997).....	35
Figura 5.9.- Representación de $rSO_4/rCl$ vs $NO_3$ de las captaciones de la zona de estudio (1997).....	35
Figura 5.10.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el nacimiento 0007NA. ....	37
Figura 5.11.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el sondeo 0438CP. ....	37
Figura 5.12.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 0439TP. ....	38
Figura 5.13.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 0488TP. ....	38
Figura 5.14.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 0696TP. ....	39
Figura 5.15.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 0849TP. ....	39
Figura 5.16.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 1263BTP. ....	40
Figura 5.17.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 1425TP. ....	40
Figura 5.18.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 2182TP. ....	41
Figura 5.19.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 2339TP. ....	41
Figura 5.20.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 5749TP. ....	42
Figura 5.21.- Contenidos en $\delta^{18}O$ y $\delta D$ ‰ SMOW. ....	43
Figura 5.22.- Fraccionamiento isotópico de las muestras analizadas. ....	44
Figura 5.23.- Aumento en el contenido de nitratos y de $\delta^{18}O$ . ....	44
Figura 5.24.- Aumento en la conductividad eléctrica y de $\delta^{18}O$ . ....	45
Figura 5.25.- Contenidos de $\delta^{18}O$ y $Cl^-$ en las aguas subterráneas. ....	45
Figura 5.26.- Mapa de isolíneas de conductividad eléctrica en la zona de estudio. ....	46
Figura 5.27.- Mapa de isolíneas de cloruros en la zona de estudio. ....	47
Figura 5.28.- Mapa de contenidos en $NO_3^-$ en la zona de estudio. ....	48
Figura 5.29.- Mapa de contenidos en $SO_4^{2-}$ en la zona de estudio. ....	48
Figura 6.1.- Evolución de la altitud, precipitación media, $Cl^-$ en la lluvia y $Cl^-$ en la recarga local (agua subterránea) a lo largo de un perfil longitudinal del área de estudio. ....	49
Figura A.1.- Cartografía suelos de la zona de estudio y localización de los perfiles. (Modificado de CABILDO INSULAR DE G.C., 1995).....	63
Figura A.4.2.1.- Diagrama Schöeller-Berkaloff . Captaciones a cotas 12-110m (1997).....	11108
Figura A.4.2.2.- Diagrama Schöeller-Berkaloff . Captaciones a cotas 125-297m (1997).....	11108
Figura A.4.2.3.- Diagrama Schöeller-Berkaloff . Captaciones a cotas 300-495m (1997).....	11109
Figura A.4.2.4.- Diagrama Schöeller-Berkaloff . Captaciones a cotas 500-630m (1997).....	11109
Figura A.4.2.5.- Diagrama Schöeller-Berkaloff . Captaciones a cotas 660-820m (1997).....	11110
Figura A.4.2.6.- Diagrama Schöeller-Berkaloff . Captaciones a cotas 823-1598m (1997)...	11110
Figura A.4.2.7.- Diagrama Schöeller-Berkaloff donde se representa la media por grupos de cotas en la cuenca del barranco Guinguada. ....	111
Figura A.4.2.8.- Diagrama Schöeller-Berkaloff donde se representa la media por grupos de cotas en la cuenca del barranco Tenoya.....	112
Figura A.4.2.9.- Diagrama Schöeller-Berkaloff donde se representa la media por grupos de cotas en el interfluvio de las cuencas de los barrancos Guinguada y Tenoya.....	113
Figura A.4.2.10.- Diagrama Schöeller-Berkaloff donde se representa la variación temporal de los puntos muestreados en 2006. ....	114
Figura A.5.2.1.- Estaciones de datos pluviométricos y meteorológicos utilizados para el cálculo de la recarga en la zona de estudio. ....	126
Figura A.5.2.2.1.- Zonificación hidrológica establecida en el Proyecto SPA-15 (1975). ....	130
Figura A.5.2.2.2.- Zonificación Hidrológica del Consejo Insular de Aguas de G.C. ....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.- Información de la cuenca de estudio (Datos de SPA-15, 1975).....	6
Tabla 1.2.- Cifras de población referidas al 01/01/2005 (INE, 2005).....	8
Tabla 1.3.- Parámetros característicos del tipo de suelo en la zona de estudio. ....	9
Tabla 4.1.- Estado físico de las captaciones de agua subterránea en la zona de estudio.....	18
Tabla 4.2.- Número de captaciones y estado de actividad por zonas. ....	19
Tabla 4.3.- Relación de puntos de agua visitados en la campaña de campo realizada en abril de 2006. ....	19
Tabla 4.4.- Parámetros hidrogeológicos según el medio geológico (SPA-15, 1975) .....	20
Tabla 4.5.- Parámetros hidráulicos obtenidos en los ensayos de bombeo. ....	27
Tabla 5.1. Análisis isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW y $\delta\text{D}$ ‰ SMOW.....	43
Tabla 6.1.- Valores característicos del suelo .....	51
Tabla 6.2.- Valores obtenidos de la recarga por infiltración de la lluvia a partir del balance diario de agua en el suelo (Rp), para el año 2006. ....	51
Tabla 6.3.- Valores obtenidos de la recarga por infiltración de la lluvia a partir del balance diario de agua en el suelo (Rp) y de la infiltración en los cauces (Rq), para el año 2006. ....	52
Tabla 6.4.- Pérdidas en la red de abastecimiento en la zona de estudio .....	53
Tabla 6.5.- Variación de las cotas de los niveles piezométricos para el periodo 1997-2006. ....	55
Tabla 6.6.- Balance de cloruros en el agua de recarga de la zona N3B. ....	56
Tabla 6.7.- Balance de cloruros en el agua de recarga de la zona N3M.....	56
Tabla 6.8.- Balance de cloruros en el agua de recarga de la zona N3A. ....	57
Tabla A.1.1.1.- Definición de horizontes y análisis mecánico del perfil P-IV. ....	64
Tabla A.1.1.2.- Complejo de cambio expresado en meq/100g en el perfil P-IV. ....	64
Tabla A.1.1.3.- Definición de horizontes y análisis mecánico del perfil P-VI. ....	65
Tabla A.1.1.4.- Complejo de cambio expresado en meq/100g en el perfil P-VI. ....	65
Tabla A.1.1.5.- Definición de horizontes y análisis mecánico del perfil P-XIV.....	66
Tabla A.1.1.6.- Complejo de cambio expresado en meq/100g en el perfil P-XIV.....	66
Tabla A.1.2.1.- Datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para el perfil P-IV.....	67
Tabla A.1.2.2.- Datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para el perfil P-VI.....	67
Tabla A.1.2.3.- Datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para el perfil P-XIV.....	68
Tabla A.1.2.4.- Características físicas de las cuencas de las estaciones de aforo o números de curva aplicables (SPA 15) .....	68
Tabla A.2.1.- Inventario de puntos de aguas (Consejo Insular de Aguas de G.C., 1997).....	71
Tabla A.2.1.- (Continuación 1) Inventario de puntos de agua (Consejo Insular de Aguas de G.C., 1997) .....	72
Tabla A.2.1.- (Continuación 2) Inventario de puntos de agua (Consejo Insular de Aguas de G.C., 1997) .....	73
Tabla A.2.1.- (Continuación 3) Inventario de puntos de agua (Consejo Insular de Aguas de G.C., 1997) .....	74
Tabla A.3.1.- Cálculo de niveles piezométricos (Inventario de puntos de agua de 1997).....	90
Tabla A.4.1.1.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 12-110m.....	95
Tabla A.4.1.1.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 12-110m.....	96
Tabla A.4.1.2.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 125-297m.....	97
Tabla A.4.1.2.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 125-297m.....	98
Tabla A.4.1.3.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 300-495m.....	99
Tabla A.4.1.3.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 300-495m.....	100
Tabla A.4.1.4.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 500-630m.....	101
Tabla A.4.1.4.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 500-630m.....	102
Tabla A.4.1.5.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 660-820m.....	103
Tabla A.4.1.5.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 660-820m.....	104
Tabla A.4.1.5.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 823-1598m....	105
Tabla A.4.1.5.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 823-1598m....	106
Tabla A.4.1.6.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos visitados en 2006.....	107
Tablas A.4.3.1.- Balance de masas con mezclas de aguas marina y dulce (cotas bajas) .....	115
Tablas A.4.3.2.- Balance de masas con mezclas de aguas marina y dulce (cotas medias) ....	116
Tablas A.4.3.3.- Balance de masas con mezclas de aguas marina y dulce (cotas altas) .....	117

Tabla A.5.1.1.- Ensayo de bombeo en el sondeo 3 expediente 6084 TP .....	119
Tabla A.5.1.2.- Ensayo de bombeo en el sondeo 2 expediente 6084 TP .....	122
Tabla A.5.1.3.- Ensayo de bombeo y recuperación expediente 0756 TP .....	125
Tabla A.5.2.1.- Cálculo de la recarga por infiltración directa de agua de lluvia en la zona de estudio .....	126
Tabla A.5.2.2.- Cálculo de la infiltración por pérdida de escorrentía en los barrancos. ....	130
Tabla A.5.2.2.1.- Porcentaje de infiltración por pérdida de escorrentía en los cauces de los barrancos en la zona hidrológica II (SPA-15).....	130
Tabla A.5.2.2.2.- Adaptación de los coeficientes de infiltración en barrancos a las cuencas de los barrancos principales de la zona de estudio (datos de superficie del SPA-15). ....	131
Tabla A.5.2.2.3.- Coeficientes de infiltración en barrancos aplicables a la superficie de las subdivisiones de la zona de estudio N3. ....	132
Tabla A.5.2.2.4.- Recarga por pérdida de escorrentía en los barrancos (Rq) en función de la pluviometría (P) de la zona de estudio (1996-2003). ....	132
Tabla A.5.2.3.- Cálculo de las extracciones por bombeo en los pozos de la zona de estudio. ....	133
Tabla A.5.2.3.- (Continuación 1) Cálculo de las extracciones por bombeo en los pozos de la zona de estudio. ....	134
Tabla A.5.2.3.- (Continuación 2) Cálculo de las extracciones por bombeo en los pozos de la zona de estudio. ....	135
Tabla A.5.2.4.- Cálculo de los retornos de riego según cultivos en la zona de estudio (datos web Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias) .....	136
Tabla A.5.2.4.- (Continuación) Cálculo de los retornos de riego según cultivos en la zona de estudio (datos web Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias) .....	137

## 1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

### 1.1.- Entorno geográfico

Las Islas Canarias conforman un archipiélago formado por la alineación de siete islas de origen volcánico. Se encuentran situadas en el Océano Atlántico próximas al borde noroeste del continente Africano, a unos 100 km de distancia del mismo, entre 27º y 30º de latitud Norte. Dentro del archipiélago, la isla de Gran Canaria es la tercera de las siete en superficie, con unos 1500 km<sup>2</sup> de extensión y 45 km de diámetro.

Morfológicamente, la isla de Gran Canaria se presenta como un edificio cupuliforme con un perfil transversal cónico coronado por una altitud máxima de 1950 m (Pico de Las Nieves). Se encuentra excavada por una red de barrancos que partiendo desde sus zonas de cumbre se dirigen radialmente hacia sus sectores costeros, favoreciendo la existencia de un relieve muy compartimentado (alternancias entre macizos, barrancos e interfluvios) y accidentado ya que, en cortos intervalos espaciales, se salvan grandes desniveles.

La zona de trabajo comprende las cuencas del barranco de Guiniguada y del barranco de Tenoya, así como el Interfluvio situado entre ambas, localizadas en el sector Norte de la isla de Gran Canaria (Zona N3 de la planificación hidrológica de la isla), (Figura 1.1, Tabla 1.1). Alberga los municipios de Las Palmas de Gran Canaria, Santa Brígida, San Mateo y parte de los municipios de Arucas y Teror.

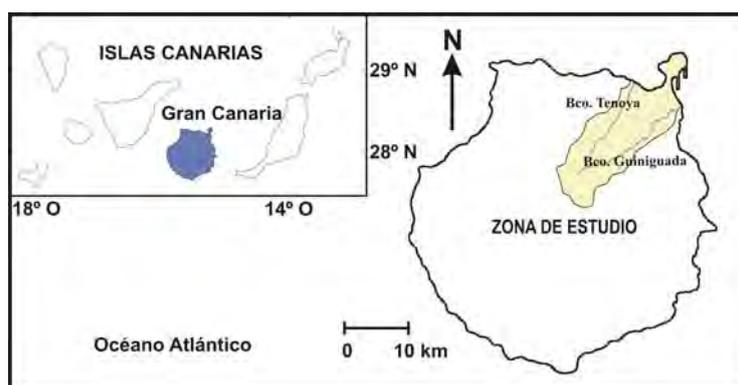


Figura 1.1.- Localización de la zona de estudio.

Tabla 1.1.- Información de la cuenca de estudio (Datos de SPA-15, 1975)

CUENCA	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	PRECIPITACIÓN (mm)	COEF. ESCORRENTIA
Barranco de Tenoya	39,3	649	0,16
Interfluvio Tenoya-Guiniguada	59,2	366	0,11
Barranco Guiniguada	66,8	702	0,08

#### 1.1.1.- Climatología de Gran Canaria

La orografía de la Isla, combinada con la altitud, favorece el choque de las masas de aire húmedo transportadas por los alisios, produciéndose el ascenso de estas masas de aire y su condensación en la fachada norte de la isla. Ello da lugar a la frecuente formación de una capa de estrato-cúmulos en esta zona, conocida localmente como “mar de nubes”, que proporciona gran parte del año una humedad suplementaria a la generada por las precipitaciones.

Por su parte, las lluvias tienen un carácter muy irregular, pues se concentran en los meses de otoño e invierno, donde se alcanzan altas intensidades horarias, mientras que en verano se produce una acusada sequía estival. En su distribución espacial se constatan también marcados contrastes como consecuencia de la altitud y la exposición: mientras que en las costas apenas se registran 200 mm anuales de precipitación, en las medianías altas y en la cumbre pueden superarse los 900 mm.

La zona de estudio se sitúa en el norte de Gran Canaria y por tanto, su clima responde a los condicionantes de la parte húmeda de la misma.

### 1.1.2.- Población

Actualmente Gran Canaria es la isla más poblada del Archipiélago Canario, con 666.150 habitantes y una densidad de 427 habitantes por km<sup>2</sup>. La zona de estudio abarca el municipio completo de Teror, gran parte de los municipios de Las Palmas de G.C., Santa Brígida y la Vega de San Mateo, así como, una pequeña parte de los municipios de Valleseco y Arucas (figura 1.2).

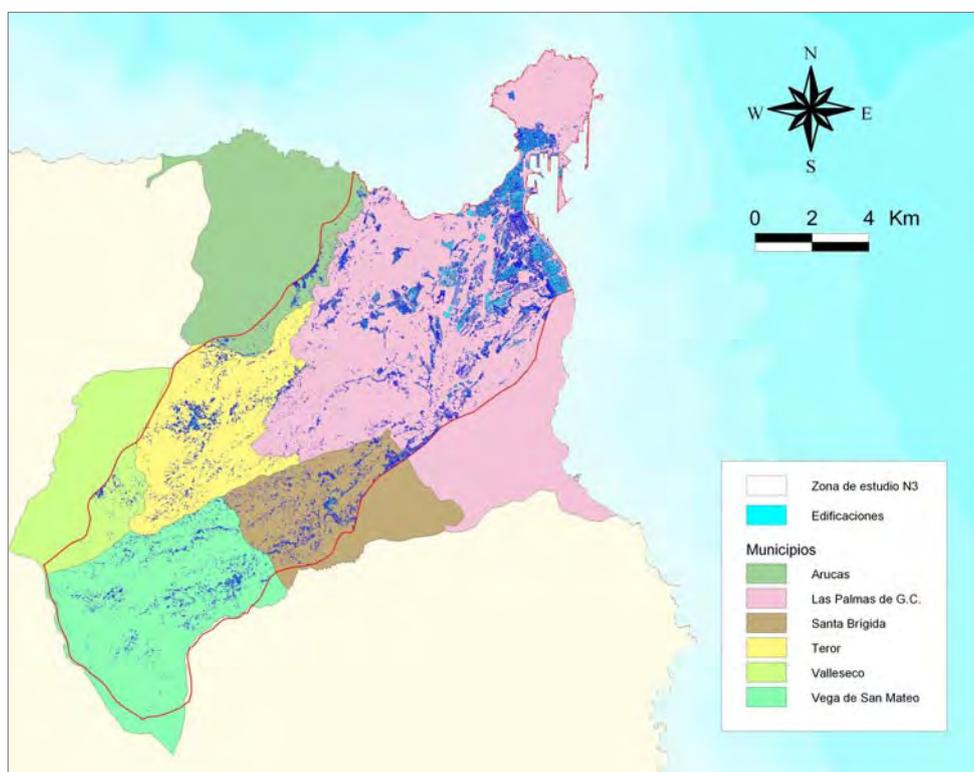


Figura 1.2.- Municipios que abarca la zona de estudio.

Los datos correspondientes a la extensión y población totales de los municipios anteriores se recogen en la tabla 1.2 (INE, 2005).

Existen dos zonas diferenciadas en la isla, la zona Norte, húmeda y (tradicionalmente) densamente poblada, con numerosas poblaciones dispersas por todo el terreno, y el resto, habitado, aunque con una menor densidad debido a la falta de agua. Sin embargo, dos de los fenómenos que han hecho que se haya modificado la población tradicional ha sido el turismo y el regadío, causando un incremento de la población del Sur respecto a la del Norte, y un abandono de las zonas rurales a favor de las zonas turísticas costeras.

Tabla 1.2.- Cifras de población referidas al 01/01/2005 (INE, 2005)

MUNICIPIO	POBLACIÓN (hab)	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )
Arucas	34.245	33,01
Las Palmas de Gran Canaria	378.628	100,55
Santa Brígida	18.806	23,81
Teror	12.189	25,70
Valleseco	4.055	22,11
Vega de San Mateo	7.721	37,89

La zona de estudio, concretamente, posee una superficie de 165 km<sup>2</sup> y cuenta con un total de 420.000 habitantes, de los que 370.300 se concentran en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, situada en la costa (datos internos del Consejo Insular de Aguas de G.C., 2005).

### 1.1.3.- Características y usos del suelo

Taxonómicamente la zona de estudio se puede clasificar en dos tipos de ambientes: el Húmedo de medianías a cotas altas, y el de Transición, menos húmedo, a cotas medias-bajas (Cabildo Insular de G.C., 2002), lo cual le confiere unas características al suelo diferentes. Estos tipos de suelos, más o menos húmedos y de diferentes profundidades, inciden en el balance hídrico, favoreciendo o disminuyendo la recarga en la zona.

En el *Ambiente de Transición*, los suelos son indicativos de condiciones xéricas (áridas), típicos de clima mediterráneo pero con inclusiones de algunos tipos correspondientes a los ambientes a los que sirven de tránsito. Los Andosoles (resultantes de la meteorización moderada de depósitos principalmente piroclásticos, o asociados con materiales volcánicos) son los suelos más representativos. En relación con la cobertura vegetal dominan los cultivos y los matorrales abiertos con escasas formaciones arboladas abiertas, siendo muy raras las formaciones arboladas cerradas. En estos ambientes de la zona de estudio, los usos agrícolas han sufrido un fuerte retroceso, incrementándose las edificaciones, lo que ha supuesto la consolidación de este sector como zona residencial de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria.

Por el contrario, en el *Ambiente Húmedo de Medianía* (característico en la zona de estudio a cotas altas) la combinación entre una humedad ambiental elevada y el predominio de un sustrato piroclástico fácilmente alterable explica el dominio de suelos como los Alfisolos e Inceptisolos. Los primeros, del gran grupo Hapludalf, son suelos profundos, de color rojo fuerte, textura arcillosa, con moderado contenido en materia orgánica, alta capacidad de retención de agua y nutrientes y, por tanto, con fertilidad natural alta. Los segundos corresponden a suelos pardoáncicos, desaturados en bases, pedregosos, de espesor variable y con alto contenido en materia orgánica. Hay que destacar también la presencia de Ultisolos, más evolucionados, muy desaturados, altamente arcillosos y con alteración profunda.

Desde el punto de vista de las coberturas vegetales, son los cultivos los que ocupan una mayor extensión, seguidos de los matorrales abiertos, con pocas formaciones arbóreas. Se trata de un área intensamente explotada, que presenta un poblamiento disperso pero muy abundante, y una mayor concentración del hábitat en torno a los núcleos que constituyen cabeza de municipio.

En la actualidad, y tras el abandono a partir de los años 60 de la actividad agrícola, se trata de un espacio en proceso de transformación, donde se entremezclan, por una parte, cultivos abandonados, repoblaciones, ecosistemas protegidos, y por otra, áreas en las que se combinan crecimientos incontrolados de las edificaciones (principalmente segundas residencias), cultivos a tiempo parcial e iniciativas relacionadas con el turismo rural.

En la figura 1.3 se observa la distribución de los cultivos y edificaciones en la zona de estudio. Cabe destacar que la mayoría de los cultivos se concentran en la zona alta y las edificaciones a cotas bajas. También se observa una mayor explotación del suelo en la cuenca del barranco Guinguada.



Figura 1.3.- Usos del suelo en la zona de estudio (GRAFCAN, 2005).

Los estudios realizados para determinar los parámetros del suelo necesarios para calcular los datos de partida del balance hídrico (tabla 1.3), tienen como punto de partida los perfiles de suelo en la zona de estudio (Sánchez, 1975) y los tipos de suelo. El cálculo detallado de dichos parámetros se encuentra en el Anejo A-1.

Tabla 1.3.- Parámetros característicos del tipo de suelo en la zona de estudio.

CARACTERISTICAS DEL SUELO	N3A	N3M	N3B
Capacidad de Campo (%)	24,8	23,2	42,8
Humedad Inicial (%)	24,8	23,2	42,8
Espesor suelo aproximado (m)	1,5	1	1
Punto de Marchitez Permanente (%)	13,3	12,3	24,8
Laminación (mm)	50	28,58	26,17

## 1.2.- Objetivos

El objetivo del presente trabajo es la caracterización hidrogeológica de la zona GC Norte-3, para lo que se han desarrollado los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación de datos hidrogeológicos previos de la zona
- Caracterización de la geología subterránea y de las formaciones explotadas en la zona
- Caracterización hidrogeológica de las formaciones explotadas (recopilación e interpretación de ensayos de bombeo)
- Caracterización del flujo subterráneo
- Estudio hidrogeoquímico e isotópico de las aguas subterráneas
- Elaboración de un balance hídrico del acuífero.

El trabajo ha sido elaborado como trabajo tutelado de investigación dentro del Programa de doctorado de “Física, Matemáticas, Geología y Clima” de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria en el bienio 2006-08.

## 2.- ANTECEDENTES HIDROGEOLÓGICOS

De la información hidrogeológica disponible sobre la zona de estudio, se destacan los siguientes estudios:

- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo de la UNESCO (1975). *“Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias. Proyecto SPA/69/515”*. MOP (DGOH). Las Palmas de Gran Canaria - Madrid. 4 vols.

Es el primer estudio de carácter general donde se hicieron estudios de hidrología de superficie y subterránea a nivel regional en todas las islas del archipiélago, determinando los flujos y gradientes hidráulicos, así como las transmisividades y coeficientes de almacenamiento de las diferentes unidades hidrogeológicas que se explotan. Aporta, asimismo, valores sobre la capacidad de retención del suelo en función de las pendientes del terreno, y los usos del suelo.

- Comisión interministerial coordinadora de las actuaciones del Estado en materia de aguas en las Islas Canarias (1980). *“Proyecto de Planificación y Explotación de agua en el Archipiélago Canario”* MAC-21.

Este estudio complementó en 1980 los datos del SPA-15, dedicando un importante esfuerzo a la determinación y proyección de las demandas de agua en todo el archipiélago. Fue realizado por la empresa INTECSA y registró un inventario de numerosos pozos en la zona. Aporta un interesante conjunto de datos tanto de explotación como constructivos, con un gran número de columnas litológicas, así como datos químicos de campo y de laboratorio. No existe una publicación concreta de estos datos, que se encuentran recogidos en las bases de datos del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria.

- Cabildo Insular de Gran Canaria (1991). Plan Hidrológico. *“Actualización del Conocimiento Hidrogeológico de la Isla de Gran Canaria”*. Informe interno, sin publicar.

Actualiza y completa la información que se tenía del SPA-15 y MAC-21. Cuenta con un inventario específico de 136 pozos en toda la isla, aportando una información muy detallada en cuanto a las columnas litológicas de los mismos. Como actividad preferente en la ejecución del proyecto se realizaron una serie de cortes hidrogeológicos en la isla (9 radiales desde el centro hacia el mar y 3 perimetrales), con el objetivo de dar una visión espacial de la disposición de las formaciones y su comportamiento hidrogeológico.

- Inventario de Captaciones del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria (1997). Sin publicar.

Este inventario exhaustivo de los puntos de agua de la zona permite conocer la evolución y estado de un gran número de captaciones situadas en la misma. No obstante, se han identificado ciertas contradicciones, y omisiones en la misma, lo que no la hace absolutamente fiable.

- *Plan Hidrológico de Gran Canaria (1999).*

El Plan hidrológico de Gran Canaria es el documento que recoge todos los datos previos referentes a los recursos hídricos en la isla. Ofrece una visión de la realidad tanto de los recursos, su origen, disponibilidad, etc., como de los consumos, concluyendo el análisis de cada apartado con las consideraciones que sustentan las medidas de ordenanzas y de inversión que constituyen el Plan Hidrológico.

Sobre la base de dichos trabajos, se establece que la isla de Gran Canaria está caracterizada por la existencia de un acuífero general, con flujo radial desde el centro a la costa, en el que se pueden diferenciar unas zonas de preferente almacenamiento y circulación (litologías favorables, diques fracturados o niveles escoriáceos) y otras que dificultan el flujo natural (diques mineralizados y pitones, almagres, niveles de coladas masivas, aglomerados volcánicos) (Custodio y Cabrera, 2008). Hay que tener en cuenta que la antigüedad incide negativamente en las características hidrodinámicas, los productos efusivos son mejores que los intrusivos y los de carácter básico mejores que los ácidos (son más fluidos). Los productos escoriáceos (aunque más fáciles de alterar), presentan mayor porosidad que los lávicos, que sin embargo mejoran sensiblemente por fracturación o simplemente por disyunción columnar.

Los parámetros hidráulicos de las diferentes formaciones tienen un grado de indefinición, pues, aunque las litologías son las determinantes del comportamiento, los procesos evolutivos que sufren a lo largo del tiempo y la propia génesis del material, modifican en gran medida dicho comportamiento.

En lo que se refiere a la zona de estudio el sistema de flujo se esquematiza como un cuerpo único de agua en el que la recarga tiene lugar a cotas altas y la descarga se produce hacia el mar, de manera que en el núcleo la circulación es muy lenta y el agua de recarga se canaliza preferentemente por los materiales más permeables de superficie.

### **3.- GEOLOGÍA**

#### **3.1.- Marco Geológico Regional**

##### 3.1.1.- Geología de Gran Canaria

Geológicamente, la evolución de Gran Canaria sigue las pautas generales de una isla volcánica de punto caliente, donde se distinguen dos etapas: *Juvenil* (incluyendo escudo, caldera y post-caldera) y *de Rejuvenecimiento o post-erosiva*, separadas entre sí por un amplio periodo de escasa a nula actividad volcánica (Carracedo et al., 2002).

A estas dos etapas hay que añadir una previa de crecimiento submarino, aunque en Gran Canaria no existen afloramientos de estos materiales. La situación superficial de los materiales presentes en la isla se muestran en la figura 3.1 y sus características son las siguientes:

### - *Etapas de crecimiento submarino*

Los materiales de esta etapa de crecimiento submarino están compuestos por sedimentos (capa superior de la corteza oceánica), lavas almohadilladas, una densa red de diques y rocas plutónicas, en lo que ha venido denominándose como "Complejos Basales". Estos complejos basales constituyen el basamento de todas las islas. En Gran Canaria, la transición submarina-subaérea de la isla solo debe estar marcada por un cambio en el estilo eruptivo y ambas etapas forman parte de un mismo proceso magmático. Aunque no se tienen datos geocronológicos precisos para la etapa submarina, Schmincke y Sumita (1998) estiman que no se extendió más allá de los 16 m.a.

### - *Etapas juvenil*

Es el estadio de mayor duración en el crecimiento de la isla, prolongándose desde los 14.5 hasta los 8.5 m.a. Comprende tres etapas que se corresponden con el crecimiento de un volcán(es) en escudo (*shield stage* en la terminología anglosajona), el desarrollo de una caldera de colapso y la posterior reactivación volcánica post-caldera.

1. *Edificio en escudo*. Se corresponde con la emisión de más de 1000 km<sup>3</sup> de lavas que conformaron un complejo edificio volcánico en escudo, con alturas máximas de 2000 m y diámetro semejante al de la isla actual. El mecanismo de emisión fue tipo hawaiano, con emisión continua de lavas y escasas intercalaciones piroclásticas, alimentado a través de una red de diques (Carracedo et al, 2002).

2. *Caldera de colapso*. En los momentos finales de la formación del complejo volcán en escudo de la etapa anterior, parece generarse una cámara magmática riolítica emplazada a escasa profundidad ( $\approx$  4-5 km) y alimentada periódicamente por un reservorio basáltico más profundo, sublitosférico ( $\approx$  14 km) (Freundt y Schmincke, 1992). Ese magma riolítico provoca las primeras erupciones altamente explosivas en la isla y subsiguiente formación de ignimbritas tipo HARI (high aspect ratio ignimbrite).

Posiblemente, la rapidez en la emisión de las lavas del volcanismo en escudo, unido al brusco vaciado de la cámara magmática riolítica en estas erupciones ignimbríticas, fueron la causa del colapso de la zona sumital del edificio insular y formación de la denominada Caldera de Tejeda (Schmincke, 1967; Hernán, 1976). Esta caldera, constituye el rasgo tectovolcánico más importante de Gran Canaria.

3. *Post-caldera*. Este estadio se caracteriza por la emisión de unos grandes volúmenes de materiales sálicos ( $\approx$  1000 km<sup>3</sup>) desde los bordes de la caldera (*ring fractures*). Pueden distinguirse dos fases en este estadio, la primera dominada por materiales de composición riolítica peralcalina-traquítica y la segunda por traquitas fonolíticas.

En ambas fases, los magmas son evacuados a partir de cámaras magmáticas someras que periódicamente son rellenadas por material basáltico más profundo, que sufre entonces mecanismos de diferenciación, fundamentalmente cristalización fraccionada (Schmincke, 1976, 1993).

### - *Etapas erosiva – inactividad volcánica*

Al final de la etapa juvenil, la isla entra en un largo periodo de inactividad volcánica que se prolonga durante unos 3 Ma. No obstante, en sus sectores N pudieron existir eventos eruptivos residuales de naturaleza fonolítica durante el mismo (Pérez Torrado et al., 2000).

El rasgo más característico de este periodo es el desarrollo en la isla de un relieve erosivo asociado a una red radial de paleobarrancos, que excavaron los materiales sálicos hasta alcanzar el sustrato basáltico del edificio en escudo. Esta red de barrancos va a condicionar en gran medida la distribución de los depósitos volcánicos posteriores y, a grandes rasgos, va a mantener sus pautas de distribución hasta la actualidad.

- Etapa de rejuvenecimiento

Se prolonga desde los 5,5 Ma hasta la actualidad y comprende varias fases de actividad volcánica que pueden agruparse en: Roque Nublo y post-Roque Nublo. Luego se trata de un estadio post-erosivo bastante más complejo que los existentes en otras islas de punto caliente, con formación incluso de un gran edificio central y sólo manifestando la típica dispersión espacio-temporal característica de este estadio al final de su evolución. Por otro lado, es coincidente con este estadio evolutivo el hecho de una drástica disminución en el volumen de material emitido y el progresivo aumento en la alcalinidad de los magmas, que siguen siendo basaníticos en los primeros estadios de cada ciclo.

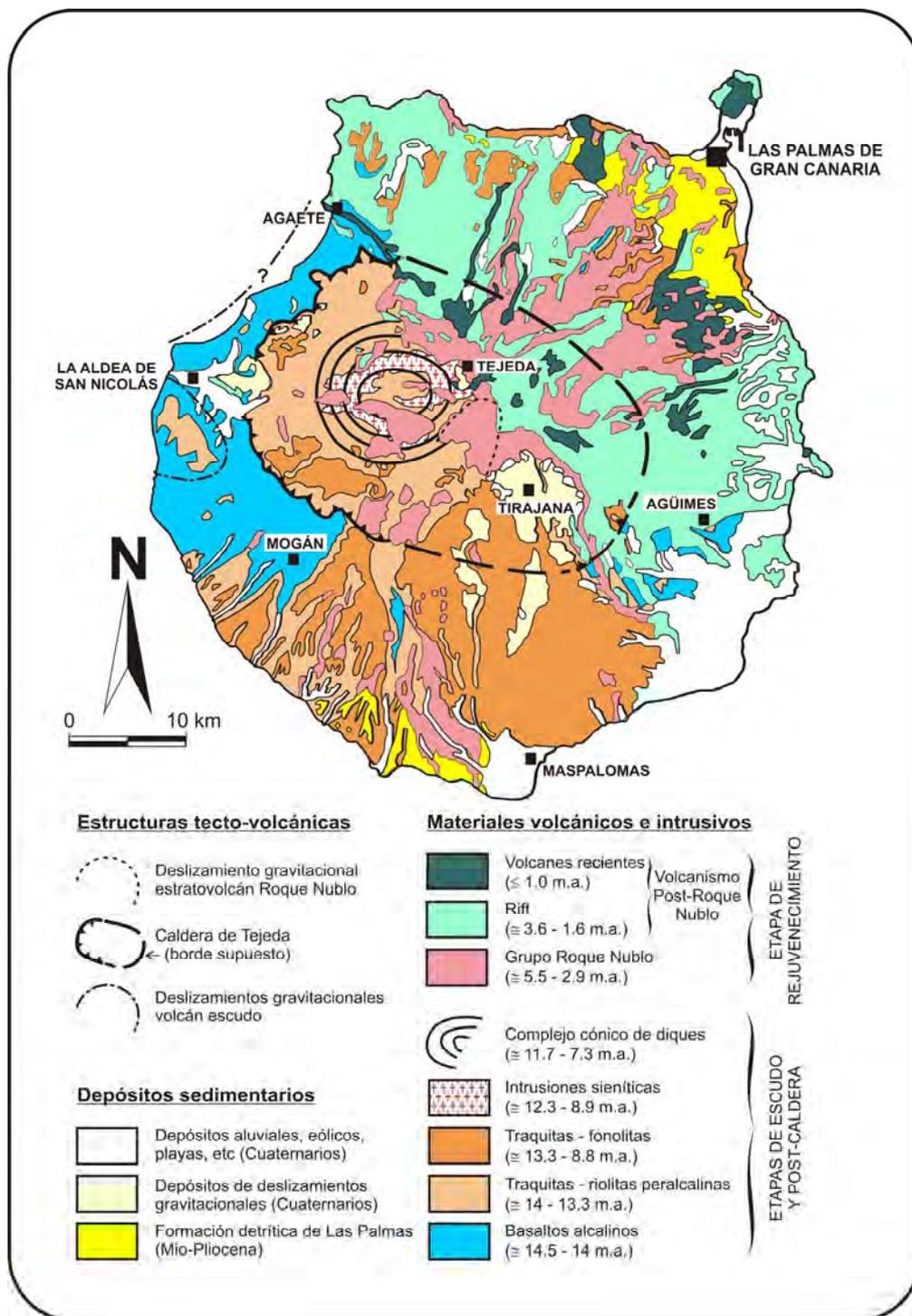


Figura 3.1.- Mapa geológico de Gran Canaria (Carracedo et al, 2002).

### 3.2.- Geología de la zona de estudio y caracterización hidrogeológica de las formaciones

Las formaciones presentes en el área de estudio se han agrupado en dos conjuntos: Unidades magmáticas y unidades sedimentarias, según los datos de los mapas geológicos de la isla (MAGNA, 1990).

#### 3.2.1.- Descripción de las unidades y caracterización hidrogeológica

Las unidades magmáticas independizadas y su equivalencia con las unidades definidas en el mapa geológico (figura 3) son:

- Formación Basaltos Antiguos: equivalente a la formación basáltica del Ciclo I, está constituida por lavas basálticas alcalinas, olivino-piroxénicas y plagioclásicas.

Constituido fundamentalmente por coladas basálticas, representa una importante acumulación de materiales en la que alternan coladas y escorias. Aunque aparentemente (por ser productos efusivos, básicos y con desarrollo de escorias) deberían constituir un interesante acuífero, su valor como tal queda devaluado al añadirle los procesos evolutivos a que han sido sometidos. Los principales son: compactación, alteración, litificación y fracturaciones selladas. Estos procesos inciden negativamente en el conjunto considerado, dando lugar a un potente acuífero muy homogéneo que presenta características hidráulicas malas aunque, en determinadas zonas, sea la única formación explotable (PHGC, 1999).

Los diques (conductos de emisiones fisurales) que son abundantes y alcanzan diferentes alturas en la serie suelen ser barreras a la circulación pero ocasionalmente pueden constituir planos de preferente circulación vertical.

- Formación Sálica: se incluyen en ellas las formaciones traquíutico-riolítica y fonolítica del Ciclo I, tanto en los términos intracaldera como extracaldera.

Se incluyen en esta formación las coladas traquiriolíticas, coladas fonolíticas y coladas piroclásticas. Estas últimas, por su propia naturaleza y su grado de cementación inicial, no constituirán acuíferos salvo por posterior fracturación. Las coladas traquiriolíticas o fonolíticas, aunque con recorridos cortos, en función de su temperatura y espesor pueden desarrollar niveles escoriáceos importantes y diaclasado vertical que favorecen la circulación del agua.

- Formación Roque-Nublo: Incluye las lavas tefríticas, basaníticas y basálticas, los aglomerados volcánicos de la brecha Roque-Nublo y las fonolitas con que finaliza el ciclo. En general las coladas, que tienen poca potencia, desarrollan buenos niveles escoriáceos a techo y muro, por lo que la superposición de coladas aumenta el espesor de dichos niveles facilitando una buena zona de circulación. Estas coladas, que representan desde el punto de vista hidrogeológico el mejor conjunto de la formación, tienen su limitación como acuíferos en su forma de emplazamiento. Al tratarse de coladas intracañón, que se apilan en la vertical más de un centenar de metros, su encajamiento, que condiciona la extensión lateral de las mismas, está igualmente condicionando su comportamiento hidrogeológico, existiendo un cambio brusco entre las permeabilidades de las zonas escoriáceas y las de las paredes (generalmente Formación Sálica) en las que se encajan las coladas. Por otro lado, suelen ser coladas imbricadas que ponen en contacto zonas escoriáceas con tramos masivos de la zona central de la colada. Los pitones fonolíticos y los diques actúan como barreras al flujo horizontal mientras que los almargres, cuando se desarrollan, suponen una barrera al flujo vertical.

Los aglomerados volcánicos, que presentan una gran cementación por su propia naturaleza brechoide, actúan como impermeables ya que, además, han sufrido procesos diagenéticos posteriores con formación de zeolitas.

- Formación Post Roque-Nublo y Reciente: Su carácter básico, su juventud y su situación sobre las demás unidades han permitido, que el conjunto de las emisiones de esta formación presente excelentes condiciones de porosidad. Las coladas de tipo "aa" que caracterizan esta

formación, desarrollan potentes bases y techos escoriáceos y además presentan una acusada disyunción columnar y esferoidal, circunstancias favorables para un buen comportamiento hidrogeológico. Los almágres, algunos niveles piroclásticos oxidados y compactados y los diques radiales, que surgen de los edificios volcánicos, son los elementos que dificultan la circulación vertical y horizontal compartimentando las coladas.

Las coladas Recientes y los piroclastos asociados, al haber sufrido un menor proceso de alteración y erosión, conservan intactas sus cualidades como acuífero. Los lapillis y escorias asociadas, aflorantes o cubiertas por otras coladas, presentan un elevado número de huecos. Las unidades sedimentarias, presentan una menor extensión y potencia de afloramiento, pero su comportamiento hidrogeológico es significativamente diferente del de las unidades magmáticas. Su génesis está relacionada con la destrucción de los materiales emitidos en los distintos ciclos y tiene lugar en los periodos de inactividad magmática.

### 3.2.2.- Conjuntos sedimentarios diferenciados

- *Conglomerados originados a partir de las Formaciones de Basaltos Antiguos y Sálica.* Corresponden al período de inactividad magmática y por tanto de actividad erosiva comprendido entre el final del Ciclo I (Formación Basáltica y Formación Sálica) y el inicio del Ciclo Roque-Nublo.

- *Conglomerados originados a partir de la Formación Roque-Nublo.* Correspondientes al período comprendido entre la emisión de ésta y el ciclo siguiente.

- *Conglomerados formados a partir de las formaciones Post Roque-Nublo y Basaltos Recientes.*

- *Depósitos sedimentarios actuales.* Las formaciones sedimentarias presentan una heterometría alta que favorecen su comportamiento hidrogeológico. Esta circunstancia, sólo se ve alterada en el miembro medio de la Formación Detrítica de Las Palmas de origen marino.

Los sedimentos actuales (aluviales, playas, dunas), presentan los mejores parámetros hidrogeológicos, pero el valor hidrogeológico queda habitualmente disminuido.

### 3.2.3.- Geología Subterránea

En trabajos previos (MAC-21, 1989; PHGC, 1991), se recogieron datos de las columnas litológicas de numerosos pozos. Ello ha permitido la realización de dos cortes hidrogeológicos, (figura 3.2). El corte A-B ha sido modificado de un corte previo elaborado en PHGC, 1991 y el corte A'-B' se ha realizado a partir de la cartografía geológica y los datos litológicos de pozos:

- *Corte Geológico A-B* (figura 3.2). Tiene dirección SO-NE y recorre radialmente la isla, desde la zona centro a más de 1600 m.s.n.m. hasta la costa, siguiendo el barranco de Guinguada.

En la cumbre, el perfil se inicia en el domo intracaldera, donde los pozos inventariados cortan unos 60-70 m de la formación Post Roque Nublo, constituida por lavas y aglomerados volcánicos, presentando en la base un nivel bastante constante de piroclastos. Debajo se encuentra la formación Roque Nublo observándose que la potencia puede variar de más de 100 m a solo 50. Su litología fundamental, es la alternancia de lavas y escorias con algún nivel de aglomerados volcánicos.

Hacia el NE, se puede observar cómo los espesores de las formaciones de la etapa de rejuvenecimiento disminuyen gradualmente. Debajo de la Fm. Roque Nublo se sitúa la Formación Sálica constituida por lavas masivas, escorias y abundantes niveles de ignimbritas fonolíticas con potencias en torno a 150m y continuas en todo el perfil.

En el último tramo del perfil se encuentra la Formación detrítica de Las Palmas que se apoya sobre lavas fonolíticas y tobas de la formación Sálica. Se trata de una secuencia sedimentaria desarrollada hacia el NE, con espesores de 10 a 70 metros en el trazado del corte.

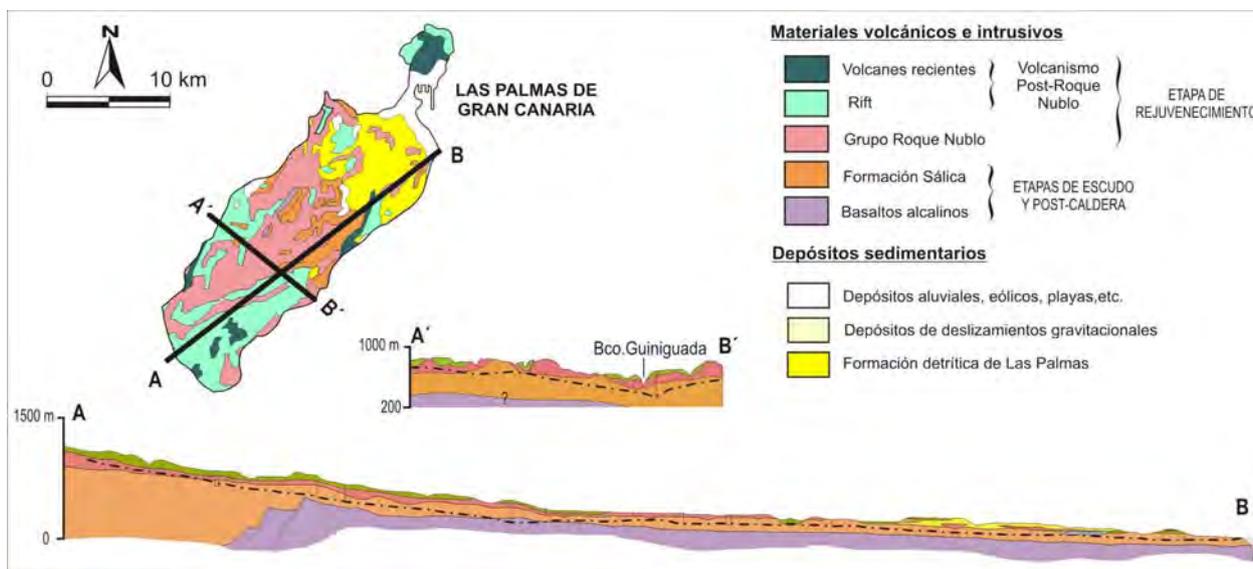


Figura 3.2.- Cortes hidrogeológicos en la zona de estudio (modificado de PHGC, 1991).

Hidrogeológicamente, el comportamiento de las formaciones está condicionado por los cambios litológicos dentro de la misma. En este sentido, la Formación Post Roque Nublo presenta acuíferos en el contacto entre las lavas masivas y los aglomerados volcánicos o en el contacto con la Formación Roque Nublo. En el trazado del corte, esta formación no tiene un papel hidrogeológico significativo a pesar de presentar litologías favorables, como piroclastos o alternancias porque dichos niveles han quedado por encima del nivel regional.

La Formación Sálica es la más intensamente explotada y los acuíferos se sitúan en los cambios litológicos y en los niveles detríticos intercalados.

Si se comparan los gradientes obtenidos con las cotas de aparición de los niveles acuíferos, se puede observar que en la zona intracaldera y su entorno presenta un valor de 14,3% mientras en la zona central del corte, donde se explota fundamentalmente la Formación Sálica, el gradiente es de 1,33% y baja aún más para el conjunto de pozos situados al final del corte que explotan formaciones detríticas (1,16%).

- Corte Geológico A'-B' (figura 3.2). Corta transversalmente la zona de estudio con dirección NO-SE, desde el barranco de Tenoya, hasta el de Guiniguada.

Comienza hacia la margen occidental del barranco de Tenoya, donde los pozos inventariados cortan con unos 100m de la Formación Post Roque Nublo, adentrándose de 50-100m en la Fm. Roque Nublo, no quedando muy determinado la potencia de la misma, puesto que tan solo uno de los pozos alcanzó la Formación Sálica en dicha zona, a unos 60m de profundidad, con 50 m de potencia, y adentrándose 70m en los basaltos alcalinos.

Hacia la zona de interfluvio entre las cuencas de Tenoya y Guiniguada, aflora la Fm. Roque Nublo, observándose en algunos pozos, espesores de hasta 100m.

La Formación Sálica aparece en profundidades de 120-110m en las proximidades del barranco Guiniguada, alcanzando potencias de hasta 150m.

La figura 3.3 recoge todas las columnas litológicas de que se dispone en la zona de estudio, procedentes de los trabajos previos.



## 4.- HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

### 4.1.- Inventario de puntos de agua

Los datos de partida proceden del inventario de captaciones realizado por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria durante la campaña del año 1997, que se recogen en el Anejo A-2. De las 234 captaciones de agua subterráneas (3 nacientes, 12 galerías, 203 pozos y 16 sondeos) que se encuentran en la zona de estudio, 140 están en activo y 94 abandonadas, tal y como se muestra en la tabla 4.1, y más específicamente en la tabla 4.2. Su distribución sobre la zona de estudio se muestra en la figura 4.1, donde se resaltan los puntos visitados durante la campaña de campo realizada para el presente trabajo.

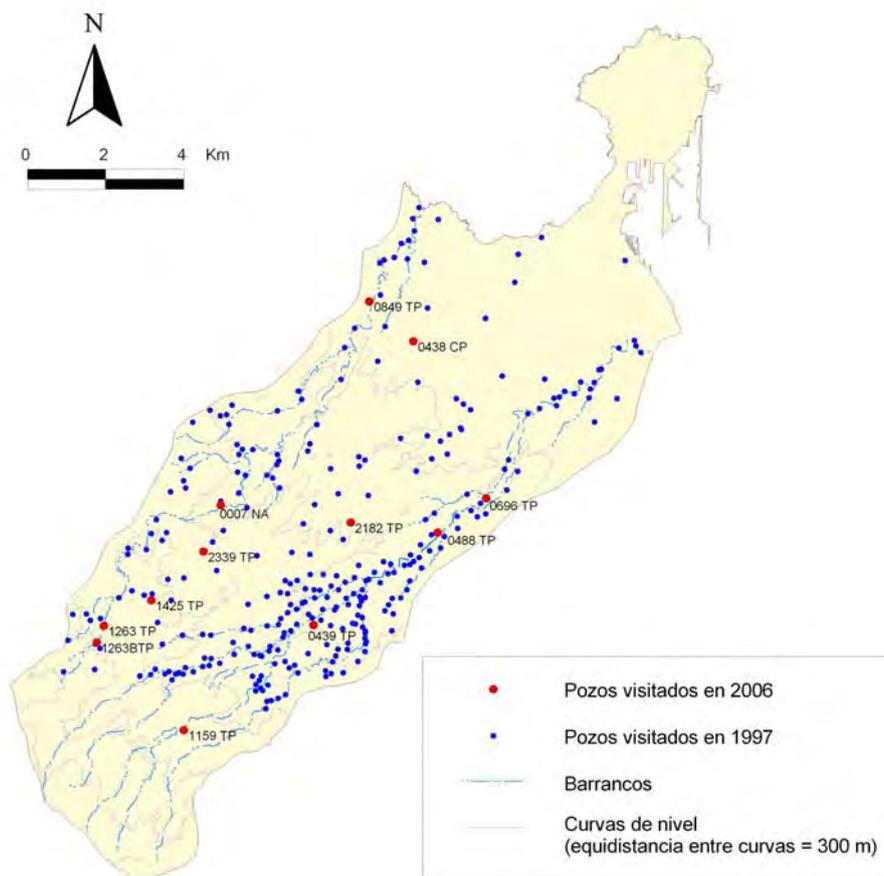


Figura 4.1.- Puntos del inventario del Consejo Insular de Aguas de G.C. visitados en 1997.

Tabla 4.1.- Estado físico de las captaciones de agua subterránea en la zona de estudio.

OBRA	Activos	Abandonados	TOTAL
Nacientes	2	1	3
Galerías	5	7	12
Pozos	120	83	203
Sondeos	13	3	16
<b>TOTAL</b>	<b>140</b>	<b>94</b>	<b>234</b>

Cabe destacar que la mayoría de las captaciones, tanto en estado de abandono como de actividad, se corresponden a pozos situados en la zona media (N3M), a cotas entre 300 y 800 m. Asimismo, se observa que los nacientes inventariados se encuentran en dicha zona también.

Tabla 4.2.- Número de captaciones y estado de actividad por zonas.

ZONA	OBRA										TOTAL
	Abandonada					Activa					
	G	N	P	S	Total	G	N	P	S	Total	
N3A	-	-	7	-	7	3	-	19	-	22	29
N3B	6	1	22	2	31	2	2	33	10	47	78
N3M	1	-	54	1	56	-	-	68	3	71	127
Total	7	1	83	3	94	5	2	120	13	140	234

Para la realización de la campaña de campo, se seleccionaron los puntos a visitar en función de los siguientes criterios:

- Obras (pozos y sondeos principalmente) inscritos en el Registro Insular del C.I.A.G.C.
- Tener caudales y profundidades significativas.
- Distribución espacial por toda la zona de estudio

Tabla 4.3.- Relación de puntos de agua visitados en la campaña de campo realizada en abril de 2006.

EXPEDIENTE	Obra*	X	Y	Z	Profundidad (m)	NP** (msnm)	Q (l/s)
0007NA	N	446792	3103850	512	-	-	-
0438 CP	S	452105	3108537	199	240	139	15
0439 TP	P	449341	3100620	525	238	312,4	7
0488 TP	P	452780	3103200	290	135	183,4	2,43
0696 TP	P	454120	3104160	285	82,9	228,1	7,5
0849 TP	P	450888	3109650	134	137	6,73	9-9,5
1159 TP	P	445760	3097691	1.016	210,4	835,6	8,4
1263BTP	P	443352	3100135	1.119	167,7	1.008,2	2
1263 TP	G	443548	3100600	1.054	400 <sup>(1)</sup>	-	-
1425 TP	P	444858	3101310	928	290	648	3,47
2182 TP	P	450370	3103482	515	207,5	318,9	8
2339 TP	P	446302	3102670	682	104	580	5
5749 TP	P	442800	3102680	1.080	296,8	786	-

\*(G: Galería, N: Naciente, P: Pozo, S: Sondeo); (1) Longitud de la galería

\*\*NP: Cota del nivel piezométrico

En la campaña de campo se visitaron 13 captaciones (tabla 4.3), se midieron niveles piezométricos y se tomaron muestras para análisis. En ella, se realizaron un total de 13 medidas de niveles así como medidas in-situ de conductividad, temperaturas, alcalinidad y pH. Así mismo se tomaron muestras para análisis tanto químicos como isotópicos.

## 4.2.- Parámetros Hidráulicos

### 4.2.1.- Determinación de parámetros zonales

Dentro de las formaciones geológicas existentes en la zona los basaltos y las fonolitas son las más interesantes desde el punto de vista hidrogeológico, aunque también es preciso considerar la formación correspondiente al ciclo Roque Nublo, dado que se encuentra presente de manera significativa.

#### FORMACIÓN SÁLICA (FONOLITAS):

Según el SPA-15, la transmisividad es de 5-10 m<sup>2</sup>/d, llegando a alcanzar excepcionalmente los 25 m<sup>2</sup>/d, con un coeficiente de almacenamiento de 0,01 a 0,1% llegando ocasionalmente a 0,5%. Los caudales de explotación son igualmente variables de 2 a 10 l/s.

Ensayos de bombeo realizados por el IGME en 1980 llegaron a alcanzar en las fonolitas transmisividades de 60-100 m<sup>2</sup>/d y de 30 m<sup>2</sup>/d, los más frecuentes, demostrándose que transmisividades de 25-30 m<sup>2</sup>/d no son tan excepcionales en las fonolitas.

#### CICLO ROQUE NUBLO:

Según el SPA-15, su transmisividad varía entre 25 y 200 m<sup>2</sup>/d, con un coeficiente de almacenamiento de 1,5-3,5%. Los aglomerados tienen un carácter más impermeable.

#### FORMACIONES DE DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS RECIENTES:

Según el SPA-15, alcanzan valores de transmisividad de 200-800 m<sup>2</sup>/d y del 5-10% el coeficiente de almacenamiento. Es una formación que sólo contiene agua en los periodos de alta pluviometría.

Como resumen, y partiendo de los datos obtenidos por el estudio SPA-15, podemos resumir los parámetros hidrogeológicos más representativos en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4.- Parámetros hidrogeológicos según el medio geológico (SPA-15, 1975)

MATERIAL	T (m <sup>2</sup> /d)	K (m/d)	Coefficiente de almacenamiento (%)
Basaltos Antiguos	5 - 20	0,05 - 0,5	0,5 - 1
Fonolitas, Traquisienitas e Ignimbritas	5 - 10	0,1 - 0,5	0,01 - 0,1
Fonolitas (zonas excepcionales)	10 - 25	-	0,1 - 0,5
Roque Nublo (Aglomerados)	25 - 50	0,3 - 0,75	1,5 - 3,5
Roque Nublo (Sedimentos y niveles basálticos)	50 - 200	-	-
Basaltos Modernos (condiciones variables)	40 - 200	0,2 - 1	1 - 2
Depósitos Aluviales	200 - 800	5 - 25	5 - 10

Ante la imposibilidad de realizar un ensayo de bombeo, se analizaron 2 ensayos de bombeo-recuperación en dos formaciones geológicas distintas, las Fonolitas (pozo 6084TP) y la Formación Roque Nublo (0756 TP) cuyos datos de descenso-tiempo se pueden ver en el Anejo A-5).

#### 4.2.2.- Ensayo de bombeo en Fonolitas

Ensayos de bombeo y recuperación del expediente 6084TP que contiene 3 sondeos, llamados sondeo 1, 2 y 3 respectivamente. Los tres tienen diámetros de 0,3 m y distan de la línea de costa 125 m el sondeo 1, y 220 m los sondeos 2 y 3. Entre ellos las distancias son: del sondeo 3 al 1, 96,5 m, del sondeo 3 al 2, 12 m y del sondeo 2 al 1, 101,5 m. Su ubicación es en el municipio de Las Palmas de Gran Canaria, muy cercana a la costa (ver mapa en el Anejo A-5). Geológicamente se encuentran en las fonolitas.

#### Bombeo en el sondeo 3

Los resultados del ensayo de bombeo en el sondeo 3 son, para las observaciones en los sondeos 1, 2 y 3, las que se muestran en las figuras siguientes:

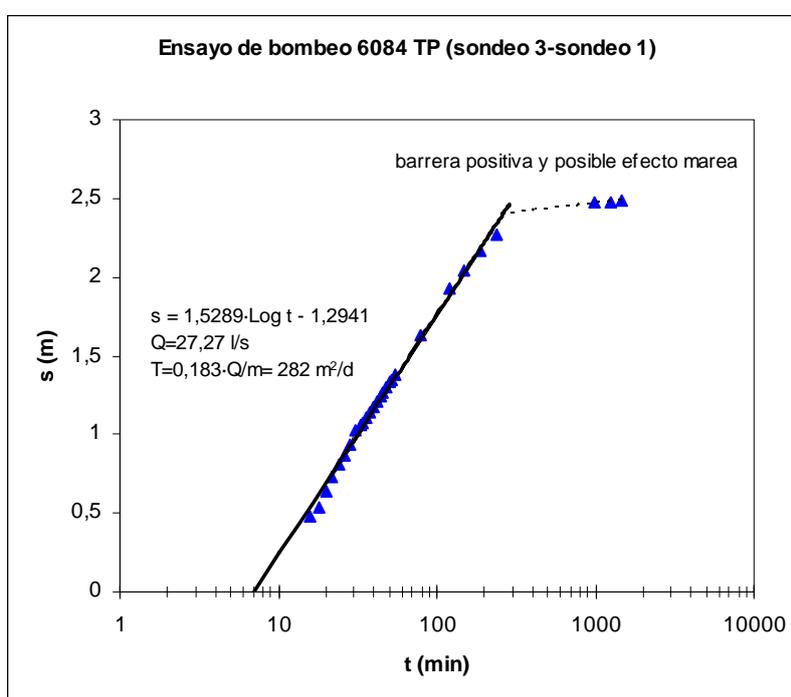


Figura 4.2.- Bombeo en el sondeo 3 y observación en el sondeo 1

Se observan en el sondeo 1 valores de transmisividad más altos ( $280 \text{ m}^2/\text{d}$ ) a los esperados según estudios anteriores para las fonolitas tanto para el bombeo como para la recuperación, esto puede deberse a que en esta zona las fonolitas estén menos compactas, más destrozadas. En el ensayo de bombeo se observan dos tramos el primero de ellos permanece casi con la misma pendiente durante casi todo el ensayo dando el valor de transmisividad antes indicado. Pero el segundo tramo presenta una transmisividad mucho mayor (del orden de 12 veces mayor), lo que debido a su cercanía a la costa puede ser indicativo de una entrada de agua de mar que produce un efecto de barrera positiva, pudiendo influenciar el efecto de la marea.

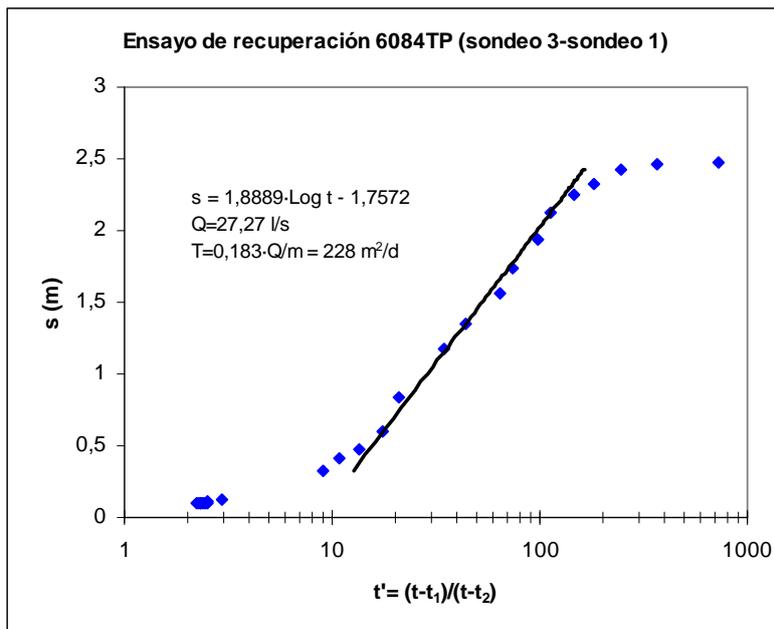


Figura 4.3.- Recuperación en el sondeo 3 y observación en el sondeo 1

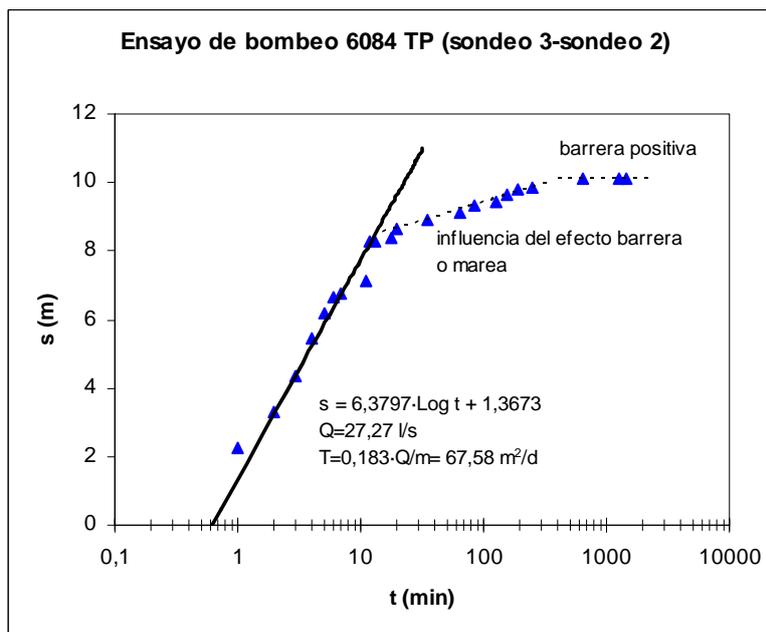


Figura 4.4.- Bombeo en el sondeo 3 y observación en el sondeo 2

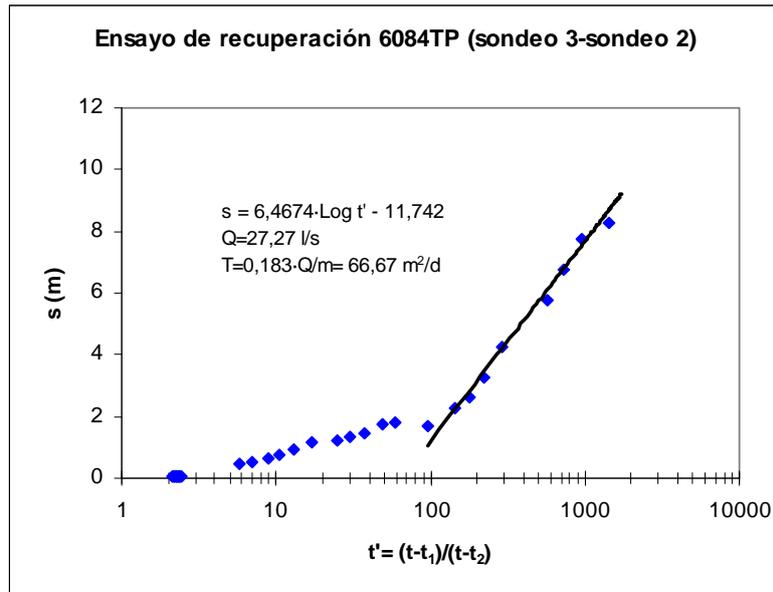


Figura 4.5.- Recuperación en el sondeo 3 y observación en el sondeo 2

Para el sondeo 2 se observa un rango variado de transmisividades, distinguiéndose tres tramos en la interpretación del ensayo de bombeo, un primer tramo de transmisividad más bajo ( $68 \text{ m}^2/\text{d}$ ), un segundo tramo de transmisividad un poco más alto al valor observado en el sondeo 1, y que puede deberse a la influencia del efecto de barrera positiva, y un tercer tramo de transmisividad muy elevada que se sigue considerando como efecto de barrera positiva, al igual que en el observado en el sondeo 1. En ambos casos aparece al cabo de aproximadamente 10 horas de bombeo.

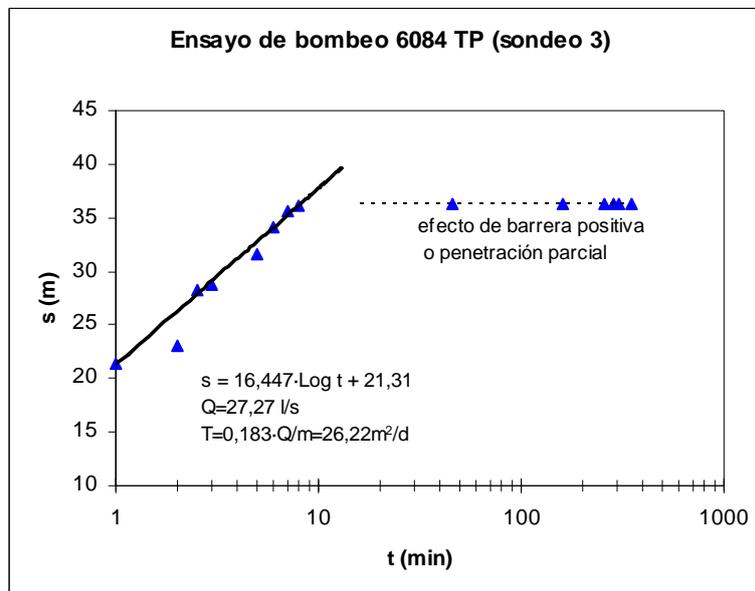


Figura 4.6.- Bombeo y observación en el sondeo 3

Observando los descensos en el mismo sondeo 3 donde se bombea, aparecen valores completamente distintos, más bajo que los observados en los sondeos 1 y 2 ( $26 \text{ m}^2/\text{d}$ ), pero más en concordancia a lo esperable en las fonolitas según el estudio SPA-15, si bien puede no ser muy fiable ya que se toma de los primeros 10 minutos de bombeo. Y en segundo lugar aparece un efecto de barrera positiva visiblemente mayor a los anteriores, y que comienza mucho antes. Este efecto también puede ser debido a una especie de semiconfinamiento donde lo que está ocurriendo es un drenaje de materiales del cuaternario, y si el ensayo hubiese durado más se podría notar un vaciado del mismo.

Si se observa el dato anotado de recuperación (ver tablas de datos en el Anejo A-4) recupera casi totalmente, a diferencia de 1 metro.

## Bombeo en el sondeo 2

Los resultados del ensayo de bombeo en el sondeo 2 son, para las observaciones en los sondeos 1 y 2, las que se muestran en las figuras siguientes:

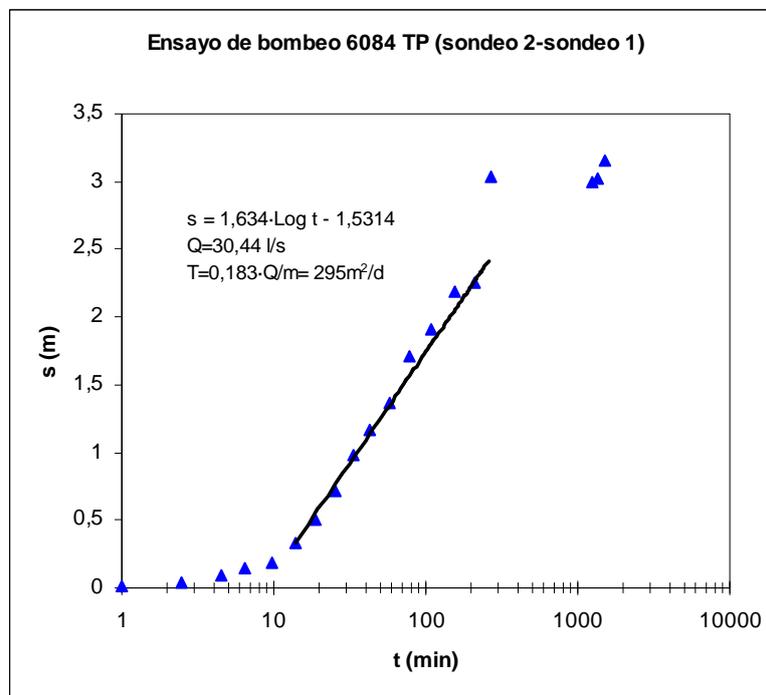


Figura 4.6.- Bombeo en el sondeo 2 y observación en el sondeo 1

En este caso, tanto en el bombeo como en la recuperación se observa en el sondeo 1 un valor de transmisividad elevado, si bien mayor en el bombeo ( $295 \text{ m}^2/\text{d}$ ) que en la recuperación ( $118 \text{ m}^2/\text{d}$ ).

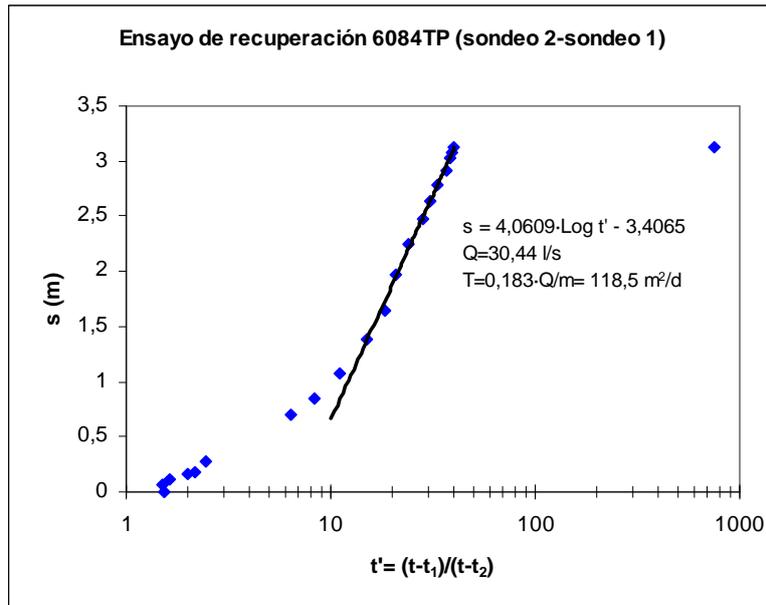


Figura 4.7.- Recuperación en el sondeo 2 y observación en el sondeo 1

Sin embargo, si se observa en el mismo sondeo de bombeo (sondeo 2), los datos de transmisividad son muy diferentes para el bombeo y la recuperación. Durante el bombeo se obtiene una transmisividad del orden que se viene observando anteriormente ( $380 \text{ m}^2/\text{d}$ ), pero en la recuperación es mayor.

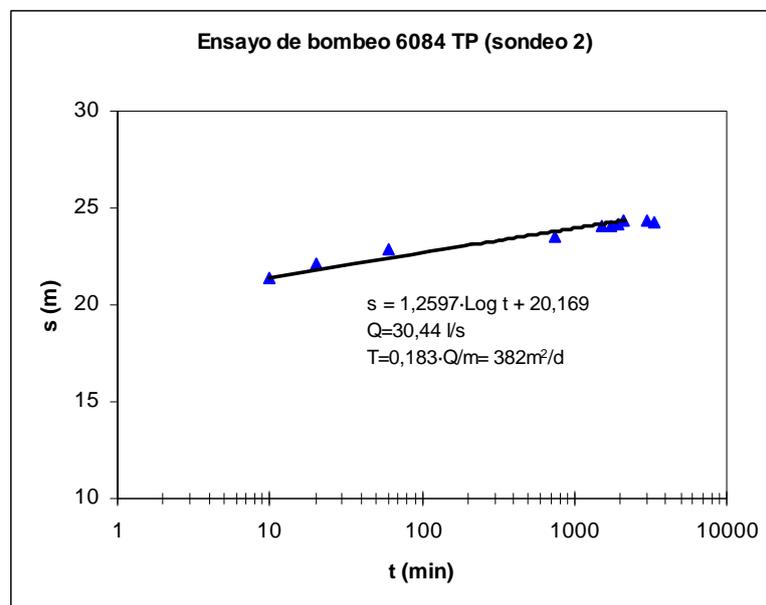


Figura 4.8.- Bombeo y observación en el sondeo 2

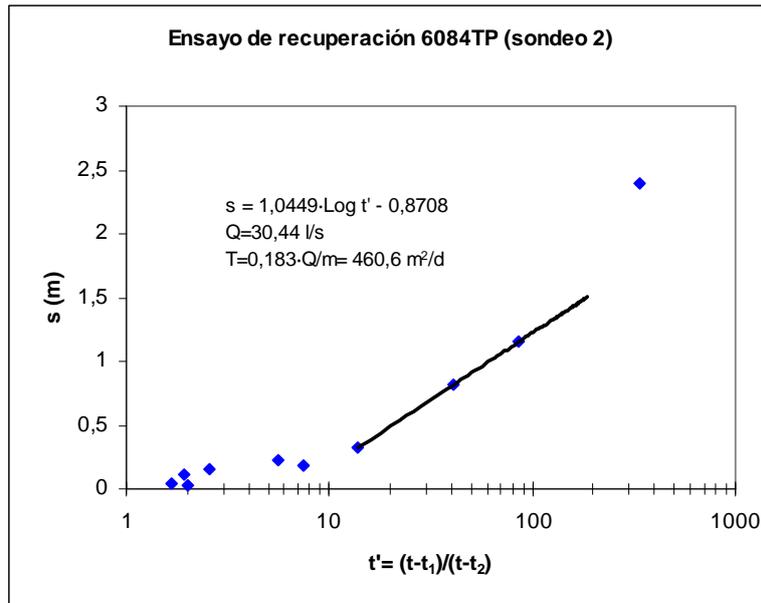


Figura 4.9.- Recuperación y observación en el sondeo 2

4.3.3.- Ensayo de bombeo en Roque Nublo

Se ha observado el ensayo de bombeo-recuperación en el pozo 0756 TP localizado en la Formación Roque Nublo, en el municipio de la Vega de San Mateo. Se trata de un pozo de gran diámetro (3m). El pozo tiene una profundidad de 117,20m, y el nivel del agua se encuentra inicialmente a 114,67m, por lo que tenemos un volumen muy pequeño acumulado en el pozo de 17,88m<sup>3</sup>, por lo que tardaría en vaciar con un caudal de extracción de 10 l/s, unos 30 minutos aproximadamente, y es cuando se empezaría a notar la transmisividad del acuífero.

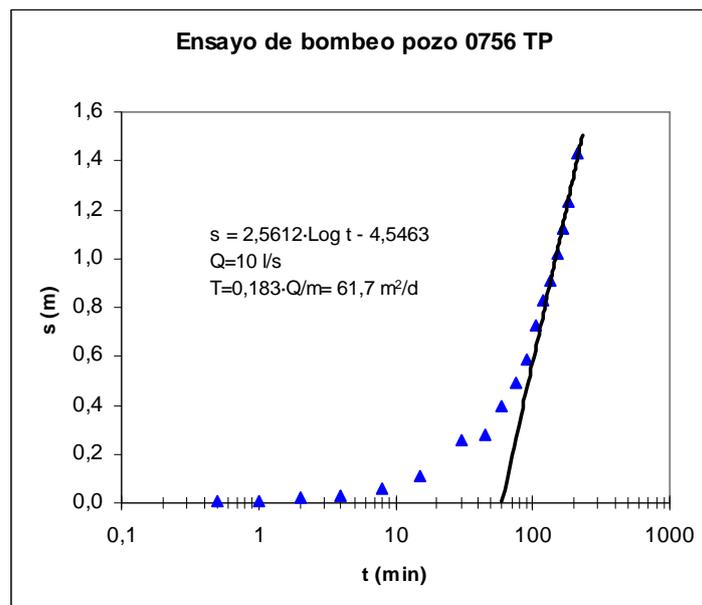


Figura 4.10.- Ensayo de bombeo en la Formación Roque Nublo

Los valores observados de transmisividad varían de 17 a 60 m<sup>2</sup>/d para la recuperación y el bombeo respectivamente, si bien no se alejan mucho de los esperados a partir del SPA-15 (25-50 m<sup>2</sup>/d). De su interpretación gráfica (Figuras 4.10 y 4.11) se puede observar el efecto de capacidad de pozo. Debido a esto se debería hacer un ensayo de bombeo y recuperación más largo para poder determinar bien el efecto de la transmisividad del acuífero.

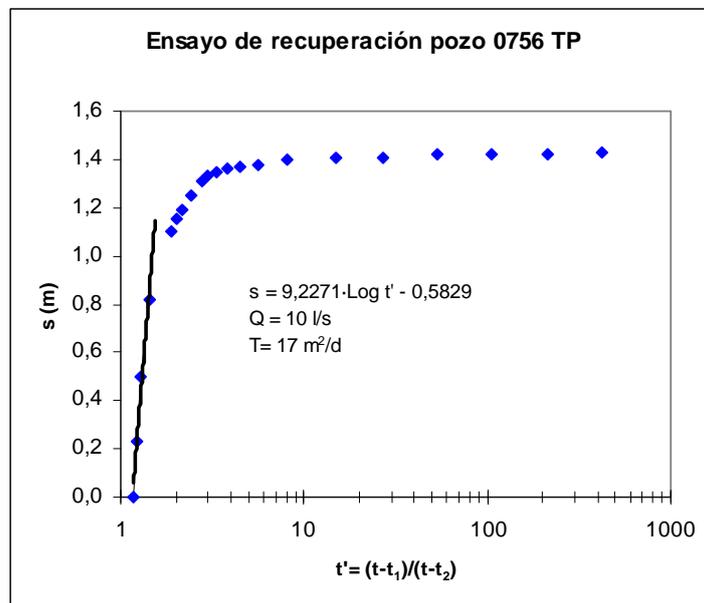


Figura 4.11.- Ensayo de recuperación en la Formación Roque Nublo

Resumiendo los datos obtenidos en la Tabla 4.5 se observa, que los valores de transmisividad en la Fm. Sállica son muy superiores a los establecidos en el SPA-15, esto puede ser debido en gran parte a la localización del pozo en el que se realizó el bombeo (sondeos del expediente 6084 TP), ya que se encuentra a escasos 100-200 m de la costa (Figura A.5.1, Anejo A-5 ) donde las fonolitas están muy deterioradas, lo que produce mayor transmisividad. Si bien no se considera representativo para la Fm. Sállica, tomando en consideración para los cálculos futuros el valor establecido en el SPA-15.

Tabla 4.5.- Parámetros hidráulicos obtenidos en los ensayos de bombeo.

Formación	Pozo	Ensayo	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)	Transmisividad SPA-15 (m <sup>2</sup> /día)	Coefficiente Almacenamiento (%)	Permeabilidad (m/día)
Fm. Sállica	6084TP (s3-s1)	Bombeo	282	5 - 10	0,01 - 0,5	0,10 - 0,50
		Recuperación	228			
	6084TP (s3-s2)	Bombeo	67,6			
		Recuperación	66,7			
6084TP (s3-s3)	Bombeo	26,2				
Fm. Roque Nublo	0756TP	Bombeo	61,7	25 - 200	1,5 - 3,5	0,30 - 0,75
		Recuperación	17			

En cuanto a la Fm. Roque Nublo, los datos obtenidos están dentro del rango esperable.

Por otro lado, cabe destacar que los ensayos de bombeo interpretados, no han sido realizados con el fin de obtener los parámetros hidráulicos, sino como condición para la inscripción del

caudal a explotar en el Registro Insular de Aguas del CIAGC. Por lo que su fiabilidad es dudosa.

Es de desear, para futuros trabajos, la realización de ensayos de bombeo y recuperación con fin científico, pudiendo además, comparar en varios pozos de las diferentes formaciones.

#### 4.3.- Piezometría

Es preciso comentar previamente que ni en la actualidad, ni por supuesto en el pasado, se lleva a cabo una medición sistemática de niveles en las captaciones existentes. Por ello, la obtención de datos tanto de niveles como de extracciones y calidades es compleja, la disponibilidad de datos es escasa, sin correlación en tiempos y además difusa.

Debido al escaso número de captaciones inventariadas durante la campaña de campo realizada para el presente trabajo, se desestimó su uso para la realización de la piezometría. Por tanto para la realización de la piezometría se ha recurrido a los datos obtenidos del Inventario de Puntos de Agua de 1997. Se han utilizado un total de 167 puntos de agua.

Se clasificaron cada uno de los pozos en función del estado de los niveles en el momento de realizar la medida, y para facilitar su interpretación en la figura 4.12, se han diferenciado con diferentes símbolos. De esta manera se han considerado:

Niveles estáticos = 70  
 Niveles en recuperación = 55  
 Pozos automatizados = 19  
 Pozos bombeando = 17  
 Nacientes = 3  
 Niveles estáticos anómalos = 3

Una vez obtenida la piezometría (figura 4.12), se obtienen las siguientes conclusiones:

Existe una dirección de flujo preferencial desde las zonas de cumbre hacia la costa, según dirección SO-NE y en el sector SE, que se corresponde al barranco Guinguada y es donde se concentran la mayor parte de las captaciones, se puede observar que las isopiezas adquieren morfologías lobuladas fruto de la influencia de los bombeos.

Se observa claramente que existe un cambio brusco en el gradiente hidráulico ( $i$ ) desde la zona alta hasta la isopieza 300 aproximadamente (figura 4.12).

El cambio de pendiente de la superficie piezométrica indicado, produce un cambio en el gradiente hidráulico como establece la operación siguiente:

$$i = \frac{\Delta h}{L}; \quad \begin{array}{l} \Delta h = \text{Diferencia de carga hidráulica} \\ L = \text{distancia entre las isopiezas} \end{array}$$

Por lo tanto:

$$i_1 = \frac{600}{7000} = 0.085 \rightarrow 8.5\% \quad (\text{en la zona alta})$$

$$i_2 = \frac{300}{10000} = 0.03 \rightarrow 3\% \quad (\text{en la zona baja})$$

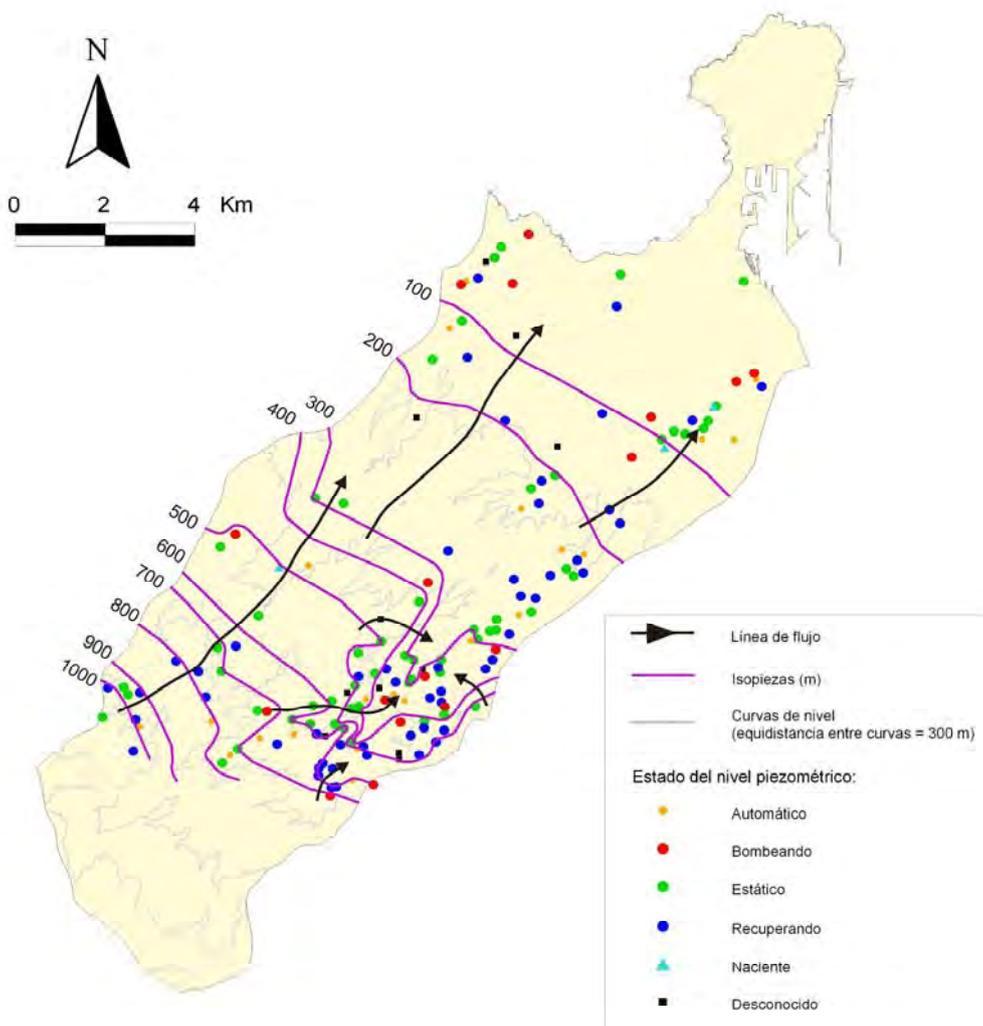


Figura 4.12.- Piezometría de la zona de estudio a partir de los datos de 1997

Los datos disponibles permiten corroborar la idea de acuífero insular, discutido en un tiempo y hoy en día aceptada como idea conceptual (SPA-15, 1974; Custodio 1978; Custodio y Cabrera, 2008). Se trata de un sistema único donde el flujo se esquematiza como un cuerpo único de agua en el que la recarga tiene lugar preferentemente por infiltración de agua de lluvia sobre toda la zona de estudio (principalmente a cotas altas, donde la precipitación es mayor) y la descarga se produce hacia el mar.

## 5.- HIDROGEOQUÍMICA

### 5.1.- Introducción

#### 5.1.1.- Metodología

Se tomaron muestras de los puntos inventariados en la campaña realizada por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria en 1997. Así pues, se dispone de 138 análisis de laboratorio de esta fecha. Ante la dificultad de obtención de datos históricos se ha trabajado únicamente con el inventario antes mencionado.

Los datos químicos tomados abarcan parámetros analizados en el campo: pH, CE, temperatura del agua y alcalinidad. Los datos químicos de laboratorio de dicha campaña analizaron iones mayoritarios, así como pH y CE. Estos datos se muestran en las tablas A.4.1 del Anejo A-4.

Además de los análisis del inventario de 1997, se tomaron 13 muestras en 2006, analizadas en el Centro de Análisis de Aguas, S.A. en Murcia (iones mayoritarios, pH, y CE), y se realizaron análisis isotópicos de las mismas en el Laboratorio de isótopos estables de la Universidad de Salamanca.

#### 5.1.2.- Objetivos

En este estudio hidroquímico se pretende comprender las diferencias o similitudes entre las aguas de diferentes unidades hidrogeológicas, así como averiguar la evolución temporal de algunos iones en el periodo 1997-2006, como los sulfatos y nitratos. La marca hidroquímica de la formación explotada tiene especial interés, dado que según el SPA 15 el acuífero se encontraba en la Fm. Roque Nublo, y actualmente, debido a la sobreexplotación del acuífero insular, se encuentra en la Fm. Sállica o Fonolitas, aunque existen algunos pozos que siguen captando en la Fm. Roque Nublo.

La composición isotópica de las aguas subterráneas puede dar información de los fenómenos que tienen lugar en el proceso de la infiltración hasta la zona saturada. Mientras que la composición del agua de recarga permite caracterizar las aguas de recarga y compararlas con el agua subterránea.

#### 5.1.3.- Análisis de los datos de laboratorio

Se ha observado el error analítico de los datos del laboratorio y si bien se tienen algunos un poco mayores a lo esperable dada su conductividad, no se han desechado puesto que no presentan un error excesivo.

### 5.2.- Distribución de familias hidrogeoquímicas en la zona de estudio

Al representar en un diagrama de Schöeller-Berkaloff los puntos de aguas inventariados en la zona de estudio, y agruparlos por cotas (representando la media por cada grupo de cotas) junto con la muestra de mar (figura 5.1), se observan varias tendencias conforme se desciende de la zona de cumbre hasta la costa, como son el aumento en cloruros, reducción de la relación  $rNa^+/rCl^-$  y del contenido de bicarbonatos. A cotas altas se produce más intercambio iónico con el  $Na^+$  de la roca, pero no se puede determinar al no conocerse bien el desequilibrio existente.

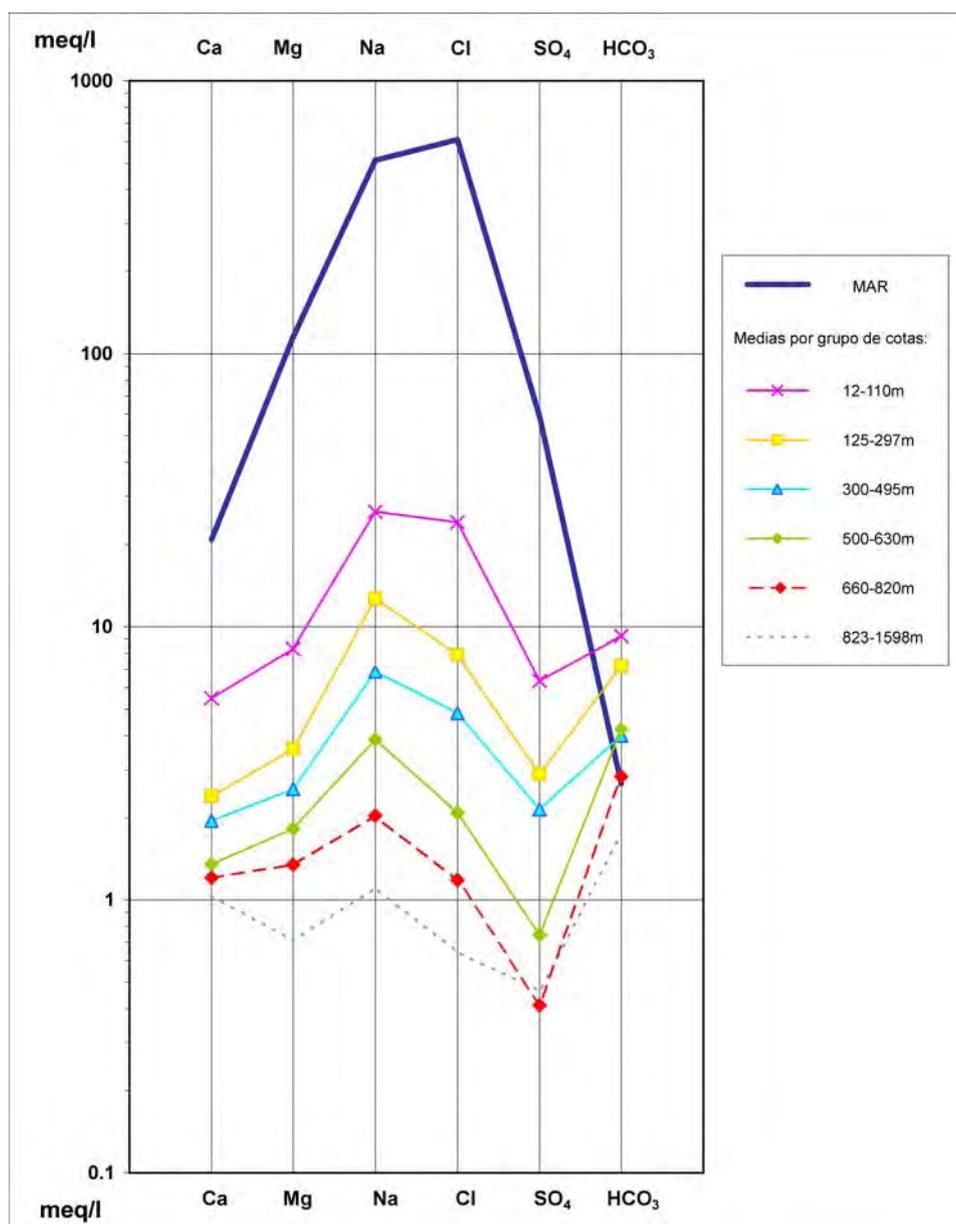


Figura 5.1.- Diagramas de Schöeller-Berkaloff representado valores medios por grupos de cotas.

Separando los puntos muestreados por cuencas, se observa que a cotas inferiores a 300 m, (figuras A.4.2.7-A.4.2.9) las aguas son más cloruradas, siendo en el caso del barranco Guinguada clorurada-sódicas y en el barranco Tenoya clorurada-sódica-magnésicas, mientras que en los puntos situados en el interfluvio se observa que a partir de los 100 m de cota el agua empieza a tener un carácter más bicarbonatado, caracterizándose como bicarbonatada-clorurada-sódicas a partir de la cota 300, y a cotas elevadas (> 900 m) como bicarbonatada-sódico-cálcicas.

Entre los 500-900 m las aguas del barranco Guinguada tienen un carácter bicarbonatado sódico, que va cambiando a bicarbonatado-cálcico a medida que se asciende de cota. Las aguas más dulces se localizan en la cuenca del barranco Tenoya a partir de la cota 300. Si bien, se sabe que la cuenca del Guinguada ha estado más influenciada por los núcleos urbanos y ha sido mayormente explotada a lo largo de los años, por lo que ha sufrido mayores cambios y por tanto debe verse afectada de contaminación antrópica.

La situación espacial de los diagramas de Stiff (figura 5.2), permite observar igualmente que las aguas a cotas altas (660-1598 m) presentan en general un carácter bicarbonatado-cálcico-magnésico, pasando a ser bicarbonatadas-sódicas a cotas medias, pero con alguna tendencia bicarbonatada-cálcico-magnésica. Ya más cerca de la costa son principalmente cloruradas-sódicas, si bien a cotas entre 125 y 297m se observa un carácter clorurado-sulfatado-sódico, este carácter sulfatado puede provenir de retornos de riego o bien tener procedencia urbana (contaminación antrópica).

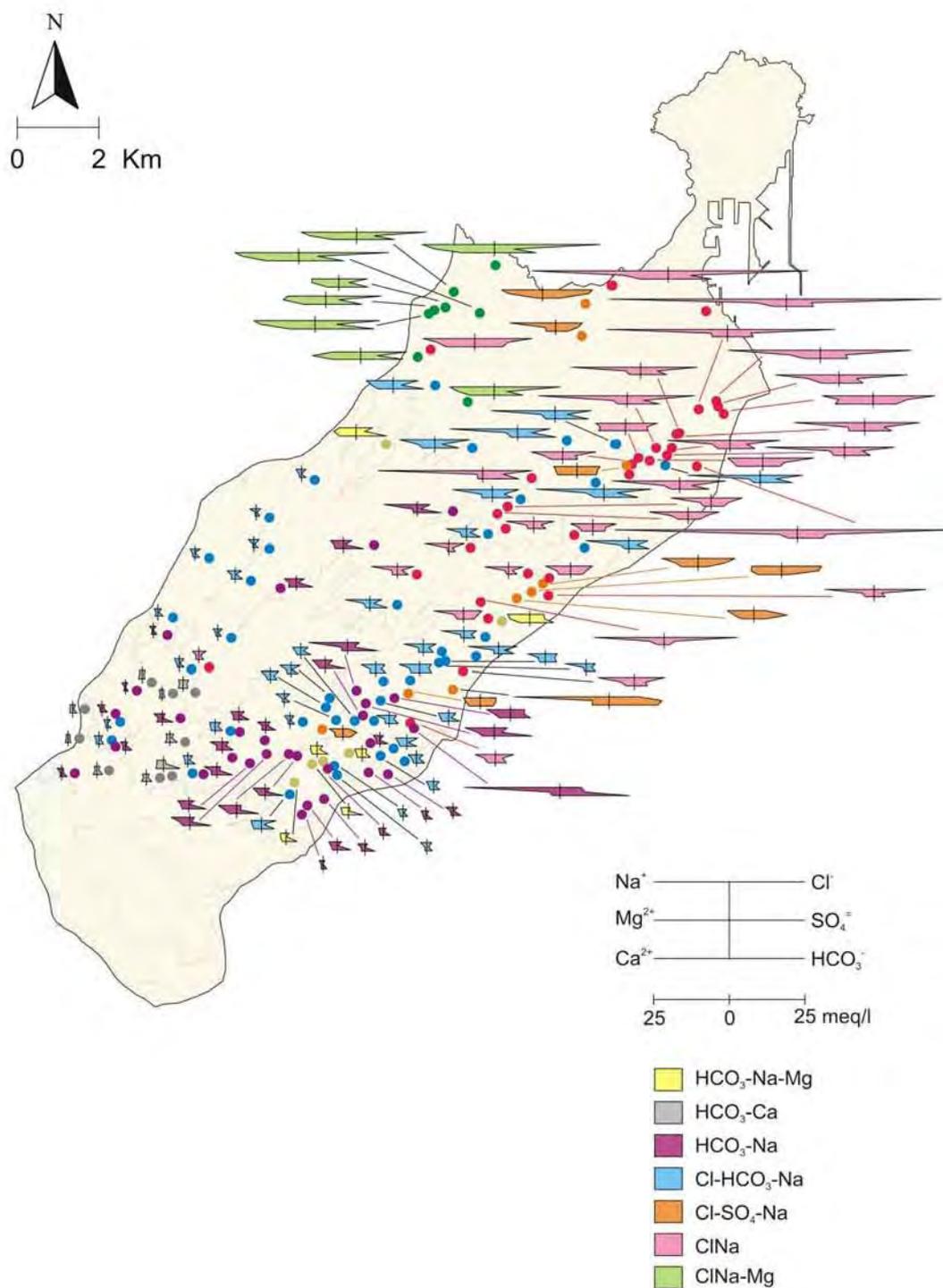


Figura 5.2.- Mapa de Diagramas de Stiff en la zona de estudio (datos químicos de 1997).

### 5.2.1.- Representación de $\text{Na}^+$ y $\text{SO}_4^{2-}$ frente $\text{Cl}^-$ , relación con $\text{NO}_3^-$

Con objeto de caracterizar los diferentes procesos modificadores del agua subterránea, se han estudiado las relaciones iónicas de las mismas con respecto a los de la mezcla conservativa de agua dulce y agua de mar. Se ha considerado como agua dulce característica de la zona la del pozo 5500TP (con mayor número de analíticas registradas) que presenta la conductividad eléctrica más baja de la zona (promedio de  $232 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) y muy bajo contenido en cloruros, además de estar a una cota elevada, que es donde se produce principalmente la recarga por agua de lluvia ( $4,8 \text{ hm}^3/\text{a}$  frente a  $0,8 \text{ hm}^3/\text{a}$  en la zona baja).

Se han representado los contenidos de sodio y sulfato frente a cloruros para todos los pozos de con respecto a una mezcla de aguas conservativa (Figuras 5.3-5.8). Se observa de forma general un exceso de sulfatos con respecto a la mezcla conservativa, con algunos puntos que presentan un defecto de sulfatos con respecto a la mezcla conservativa en la cuenca del Guinguada a cotas altas ( $> 600 \text{ m}$ ) y en la cuenca del Tenoya a cotas medias-altas. En cuanto al sodio, se puede deducir que a cotas bajas los puntos de la cuenca de Tenoya presentan un defecto de sodio con respecto a la mezcla conservativa, mientras que en la cuenca de Guinguada y el interfluvio es ligeramente mayor en la mayoría de los puntos. A cotas más elevadas se observa que el sodio presenta un exceso con respecto a la mezcla conservativa. A cotas medias, los puntos de agua muestreados en la cuenca del Tenoya se acercan a la mezcla conservativa, identificándose con el agua dulce.

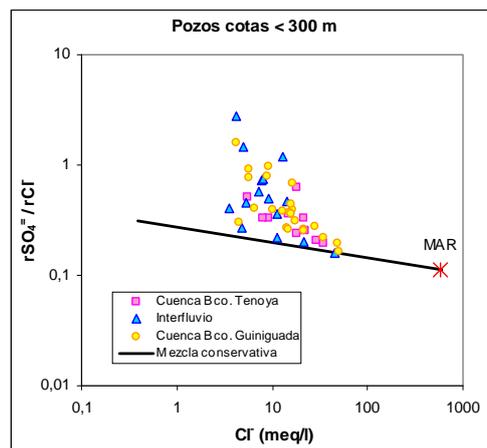


Figura 5.3.- Representación de  $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$  vs  $\text{Cl}$  de las captaciones situadas bajo la cota 300 m (1997)

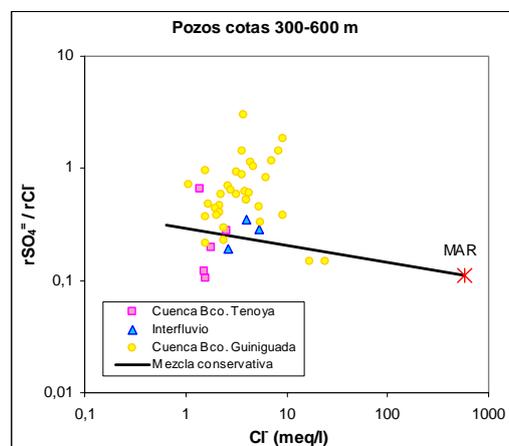


Figura 5.4.- Representación de  $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$  vs  $\text{Cl}$  de las captaciones situadas a cotas 300-600 m (1997)

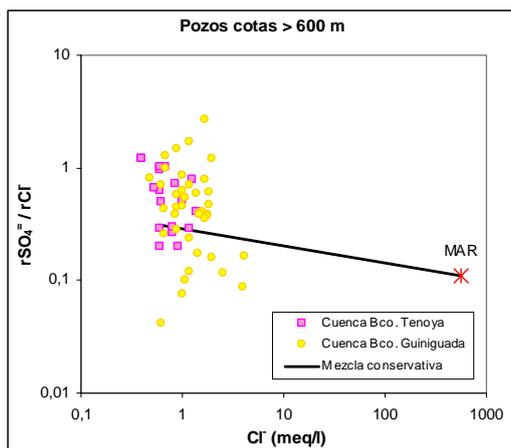


Figura 5.5.- Representación de  $rSO_4/rCl$  vs  $Cl$  de las captaciones situadas sobre la cota 600 m (1997)

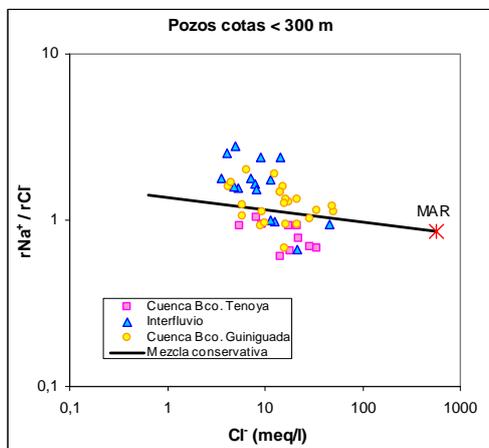


Figura 5.6.- Representación de  $rNa^+/rCl$  vs  $Cl$  de las captaciones situadas bajo la cota 300 m (1997)

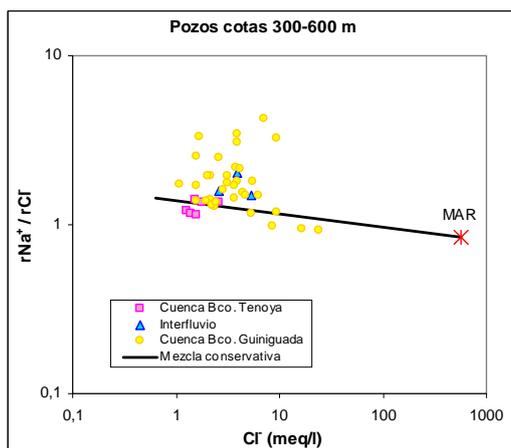


Figura 5.7.- Representación de  $rNa^+/rCl$  vs  $Cl$  de las captaciones situadas a cotas 300-600 m (1997)

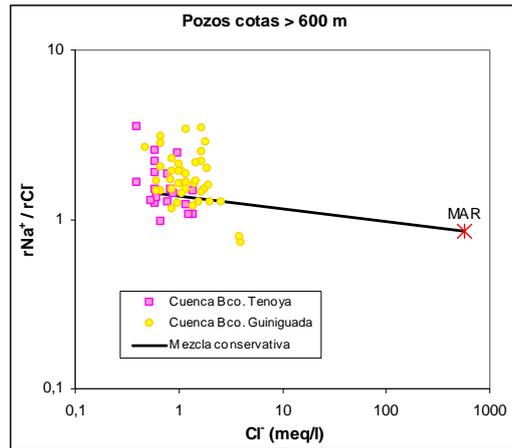


Figura 5.8.- Representación de  $rNa/rCl$  vs  $Cl$  de las captaciones situadas sobre la cota 600 m (1997)

Si la recarga por agua de lluvia se produce principalmente en las zonas altas (centro de la isla) el aumento de los sulfatos a medida que se desciende de cota hace pensar en retornos de riego, que además se confirma con el correspondiente aumento en sodio.

En cuanto a la relación del aumento de sulfatos en las zonas media y baja, con una posible contaminación agrícola, se puede constatar que existe un aumento de la relación  $rSO_4/rCl$  que se corresponde con el aumento de  $NO_3^-$ , especialmente en la zona baja y de forma más dispersa en la zona media (Figura 5.9).

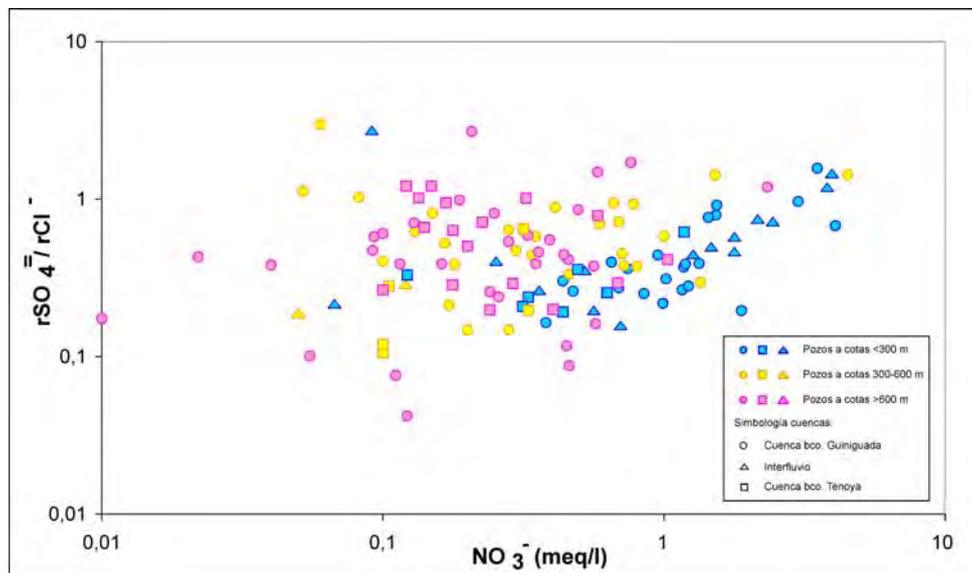


Figura 5.9.- Representación de  $rSO_4/rCl$  vs  $NO_3^-$  de las captaciones de la zona de estudio (1997)

### 5.3.- Balance de masas con mezclas de aguas

Los cálculos efectuados en las hipotéticas mezclas conservativas (ver Tablas A.4.3.1. en el anejo A-4) se han realizado evaporando la muestra de agua dulce con relación a la muestra analizada, todo ello como intento de discusión sobre los procesos de cambio sufridos por el agua subterránea. También se han hecho los cálculos con agua sin evaporar. La selección de puntos para llevar a cabo este balance se ha realizado en base a aquellos pozos que

presentaban diferencias notables respecto a la mezcla conservativa en los gráficos 5.3-5.8. La muestra de agua de mar procede de la base de datos de La Aldea (ULPGC, sin publicar).

Se pueden hacer las siguientes observaciones:

Las aguas cercanas a la costa (pozos 0022SE y 6084TP) se caracterizan por haber sufrido reacciones modificadoras de cierta importancia. En ambas se produce una pérdida elevada de bicarbonatos con respecto a la muestra evaporada y una pérdida en el resto de componentes muy similar en ambas. Sin embargo, si se compara con una hipotética mezcla conservativa del agua dulce con agua de mar se obtiene un exceso de iones en casi todos los componentes. En el caso del pozo 0022SE, el mayor exceso corresponde al sodio, seguido de los bicarbonatos, y en menor medida de los sulfatos, mientras que en el pozo 6084TP, se corresponde con los bicarbonatos, seguido del calcio. Se puede deducir que el proceso es algo más complicado que una simple evaporación.

Las aguas en la zona de cotas medias presentan principalmente una tendencia a ganar en sodio y sulfatos, y perder en mayor medida iones magnesio (pozos 0262TP y 0473TP). En el caso del pozo 0262TP, presenta un defecto importante en el contenido de bicarbonatos, mientras que en el pozo 0473TP, el contenido en bicarbonatos aumenta con respecto a la muestra evaporada y el contenido en calcio disminuye.

Por otro lado, y observando el pozo 0887TP, el agua presenta una composición similar a la de la muestra evaporada, con un ligero exceso en potasio y bicarbonatos, y algo mayor en sodio. Sin embargo, pierde iones sulfato y nitrato, que la relacionarían con la evaporación en superficie por retornos de riego. En todos ellos aparece una pérdida de nitratos frente a la muestra evaporada. En este caso además de la evaporación puede haberse producido meteorización de la roca.

Las aguas en el pozo 1454TP (cotas más elevadas) pierden en todos los componentes, principalmente en bicarbonatos con respecto a la muestra evaporada, mientras que en el pozo 6135TP gana en sodio y bicarbonatos principalmente, y pierde en nitratos y potasio. Al igual que en el tramo de cotas anterior se observa que no solo se produce evaporación, sino también meteorización de la roca.

Se puede apreciar que el origen de las aguas es muy variado siendo algo más complejo que una simple evaporación, pero sí presenta una tendencia a ser más salino en la costa, muy ligada en el caso representado (pozos 0022SE y 6084TP) con la intrusión marina.

#### **5.4.- Evolución temporal**

Se ha intentado hacer una comparativa entre los análisis del inventario de 1997 y los nuevos realizados en 2006. Para poder estudiar bien la evolución temporal sería al menos necesario un análisis anual de cada pozo, pero ante la escasez de datos anteriores, se ha analizado la evolución desde 1997-2006 de las 11 muestras de la que se disponen análisis anteriores.

Del diagrama de Schöeller-Berkaloff (figura A.4.2.10) se deduce que prácticamente mantienen sus características químicas, salvo en el pozo 1263BTP que pasa de agua bicarbonatada a clorurada. Aquellos que han sufrido mayor variación (aumento/disminución de iones mayoritarios) son el 0849TP, 0696TP, 1263BTP, y 1425TP. El resto tiene una variación poco significativa, salvo el fuerte descenso de sulfatos en el pozo 2182TP y aumento de los sulfatos, magnesio y calcio en el 2339TP. La dureza y conductividad permanecen casi constantes.

Las variaciones antes comentadas pueden deberse a un posible origen antrópico del agua de recarga, producida fundamentalmente por el efecto de los retornos de riego.

Naciente 0007 NA:

Situado a la cota 512 m, mantiene sus características, si bien se aprecia un ligero aumento en la concentración de iones  $Mg^{2+}$ , y un aumento de casi el doble en el contenido en  $Ca^{2+}$  (figura 5.10).

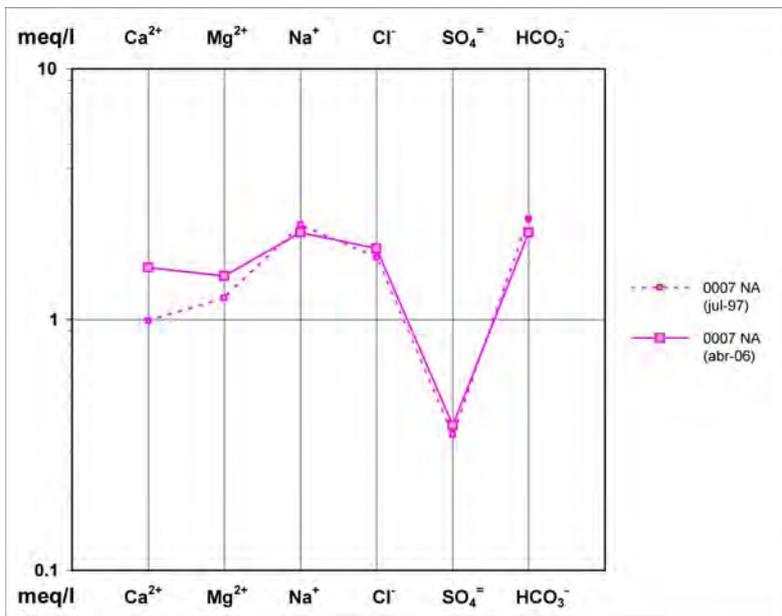


Figura 5.10.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el naciente 0007NA.

Sondeo 0438 CP:

Situado a la cota 199 m, mantiene sus características (clorurada sódica), apreciándose un descenso en la concentración de iones  $Mg^{2+}$  y  $Na^{+}$  (figura 5.11).

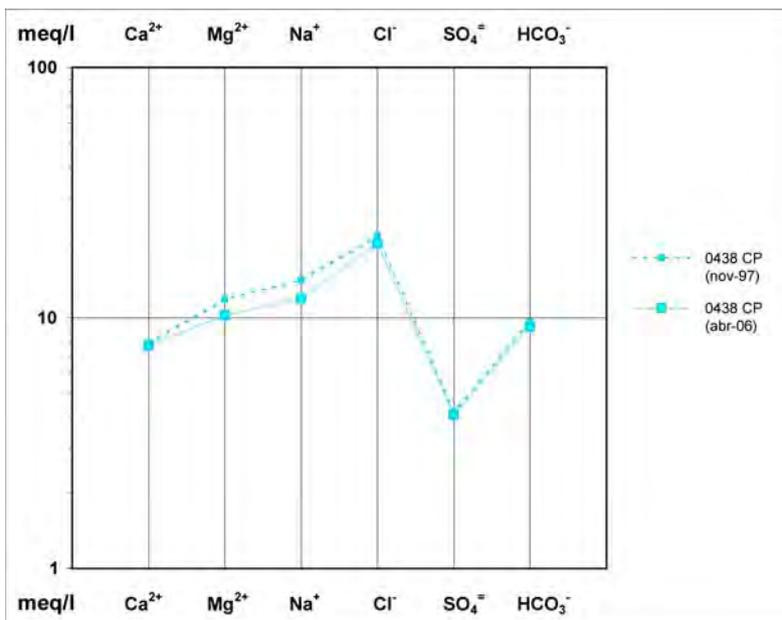


Figura 5.11.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el sondeo 0438CP.

Pozo 0439 TP:

Situado a la cota 525 m, mantiene sus características (bicarbonatada sódica), no apreciándose apenas variación en sus componentes mayoritarios, salvo un ligero aumento en el ión  $\text{Ca}^{2+}$  (figura 5.12).

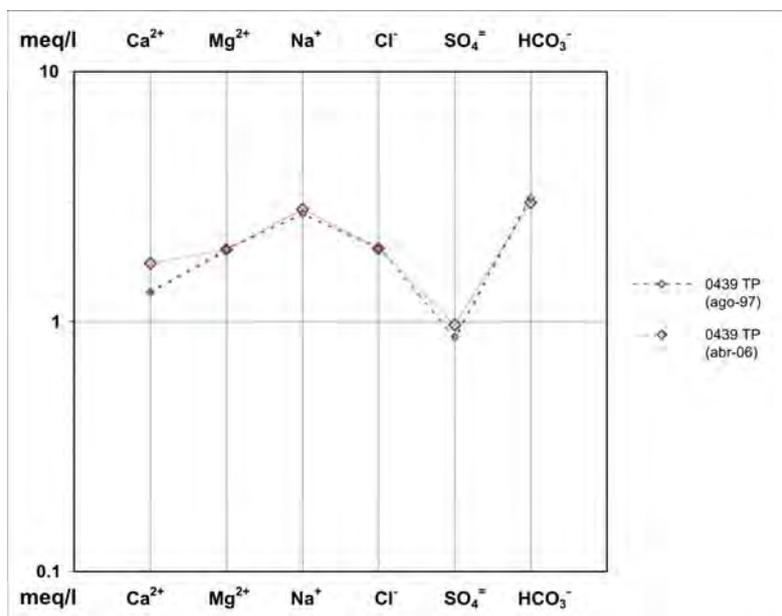


Figura 5.12.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 0439TP.

Pozo 0488 TP:

Situado a la cota 290 m, mantiene sus características (clorurada-sulfatada-sódica), apreciándose un ligero aumento en la concentración de iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Cl}^-$ , y un aumento en mayor proporción de los sulfatos (50,8 ppm más), aunque la relación  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  permanece casi constante y sin embargo el contenido en nitratos desciende, pasando de 9 ppm a 0,6 ppm (figura 5.13).

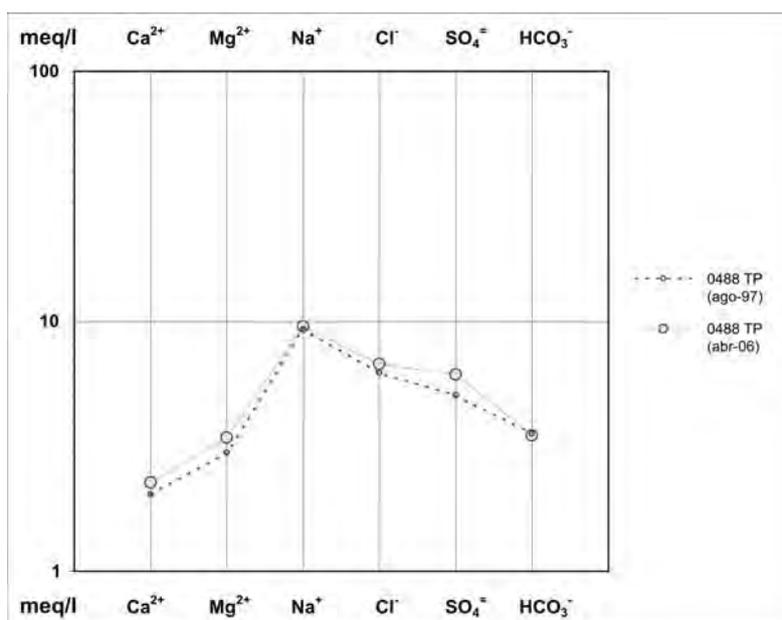


Figura 5.13.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 0488TP.

Pozo 0696 TP:

Situado a la cota 285 m, cambia considerablemente sus características (clorurada-sulfatada-magnésica), apreciándose un aumento casi proporcional en los iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{=}$ , así como un fuerte descenso en los bicarbonatos (figura 5.14).

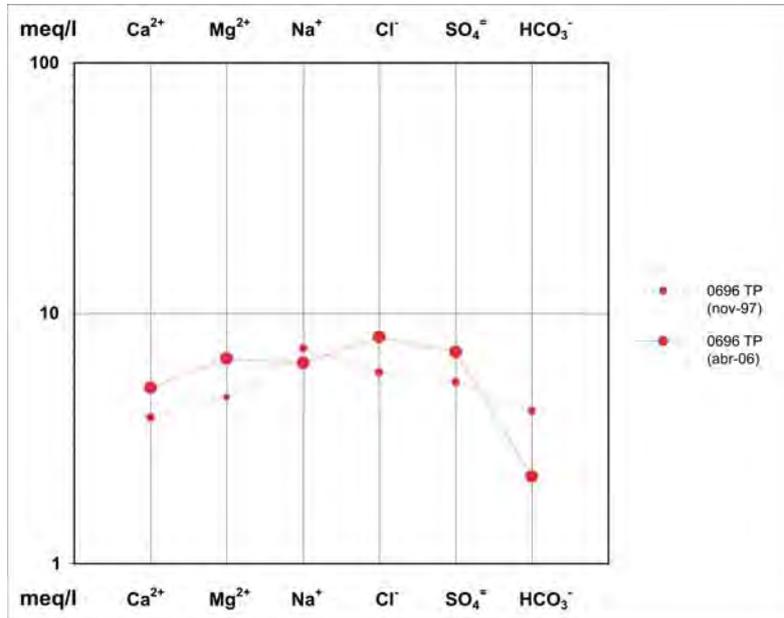


Figura 5.14.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 0696TP.

Pozo 0849 TP:

Situado a la cota 134 m, se mantiene clorurada pero pasa de tener carácter magnésico a sódico. La mayor variación se produce en los cloruros y el sodio, mientras que los demás iones no presentan cambios significativos (figura 5.15).

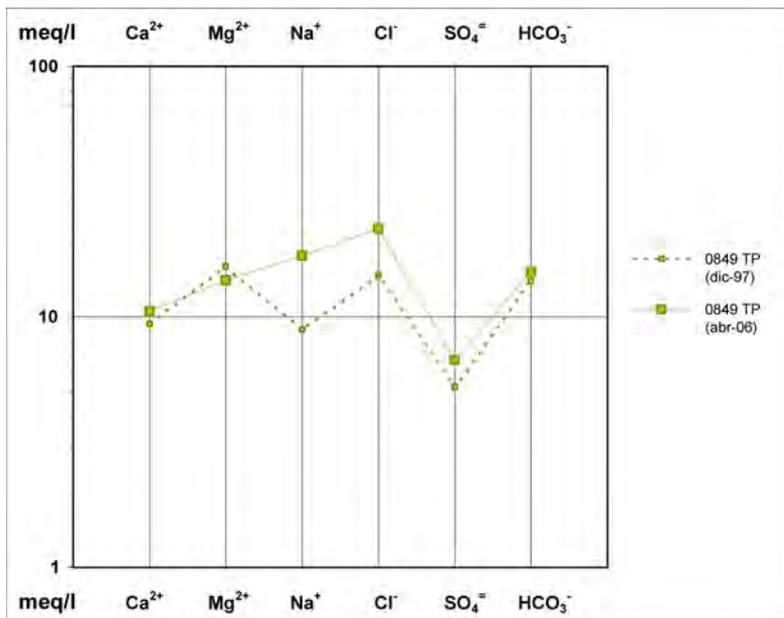


Figura 5.15.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 0849TP.

Pozo 1293BTP:

Situado a la cota 1.119 m, cambia considerablemente sus características (clorurada-cálcica), apreciándose una variación proporcional entre el aumento del calcio y la disminución del sodio, y el aumento del cloruro y la disminución de los bicarbonatos (figura 5.16).

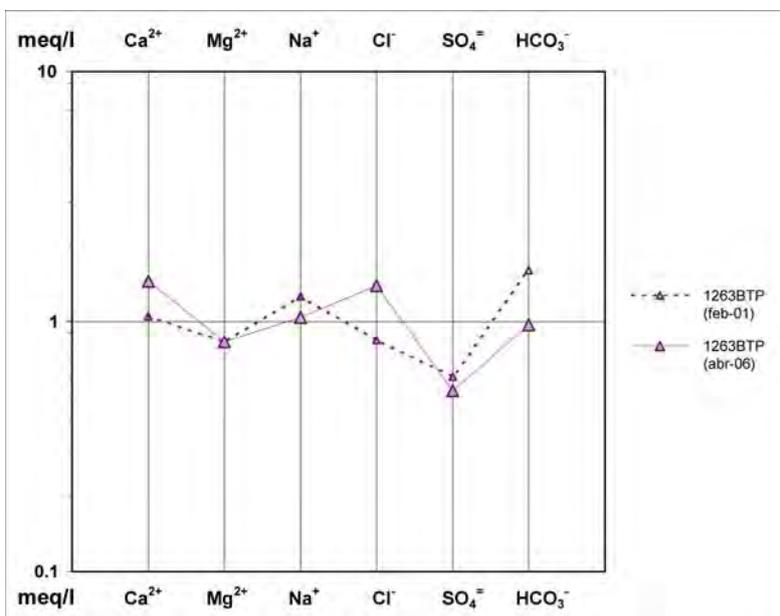


Figura 5.16.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 1263BTP.

Pozo 1425 TP:

Situado a la cota 928 m, mantiene su carácter bicarbonatado, pasando de cálcico a sódico (bicarbonatada-sódica), apreciándose un considerable descenso en la concentración de iones SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (figura 5.17).

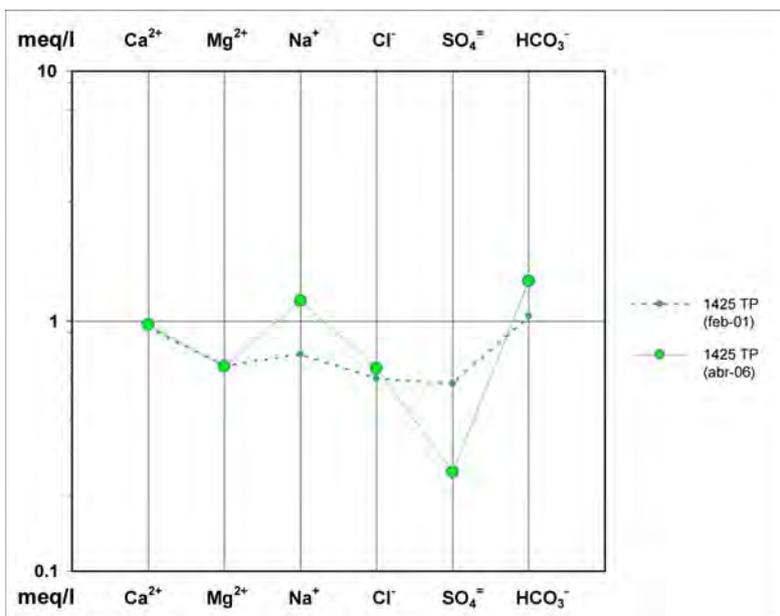


Figura 5.17.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 1425TP.

Pozo 2182 TP:

Situado a la cota 515 m, mantiene sus características (bicarbonatada-sódica), apreciándose un fuerte descenso en la concentración de iones  $SO_4^{2-}$  (figura 5.18).

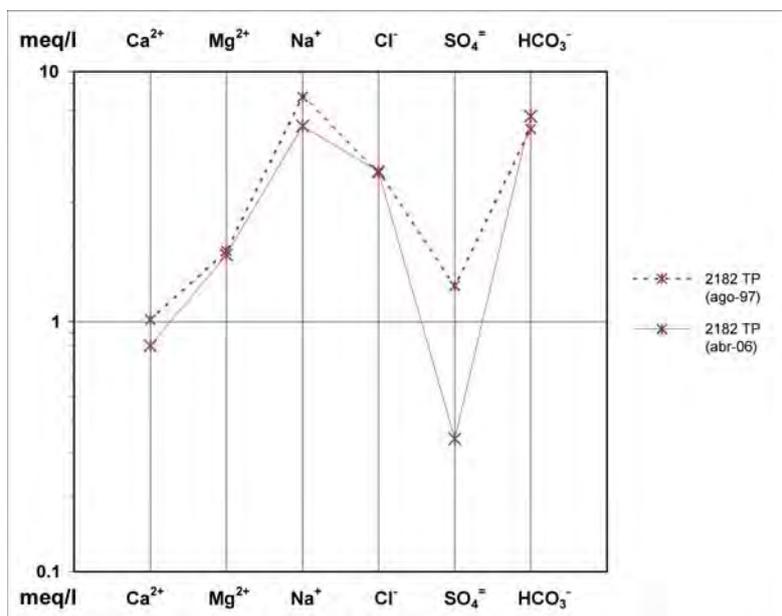


Figura 5.18.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 2182TP.

Pozo 2339 TP:

Situado a la cota 682 m, mantiene sus características (clorurada-bicarbonatada-sódica), a la vez que se produce un aumento en todos sus iones (los cloruros y el sodio en menor medida), salvo en los bicarbonatos que se mantienen constantes (figura 5.19).

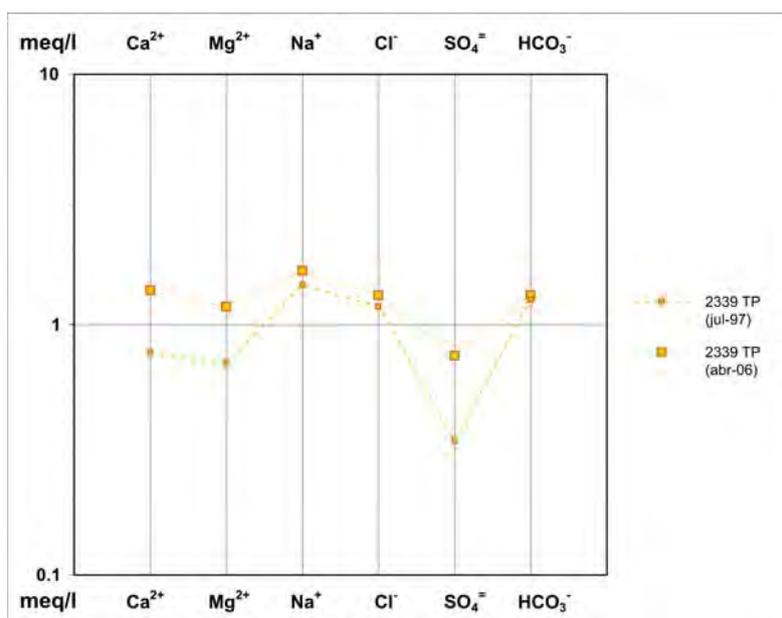


Figura 5.19.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 2339TP.

Pozo 5749 TP:

Situado a la cota 1.080 m, ha ido salinizándose pasando de bicarbonatada cálcica a bicarbonatada sódica (figura 5.20). Se observa que los  $\text{Cl}^-$  han permanecido casi constantes, mientras que los  $\text{SO}_4^{2-}$  y el  $\text{Na}^+$  parecen haber seguido una variación proporcional (aumentando y disminuyendo a la vez), ocurriendo lo mismo en el caso del potasio y los nitratos, por lo que se podría decir que la calidad del agua en este pozo se ve afectada por los retornos de riego.

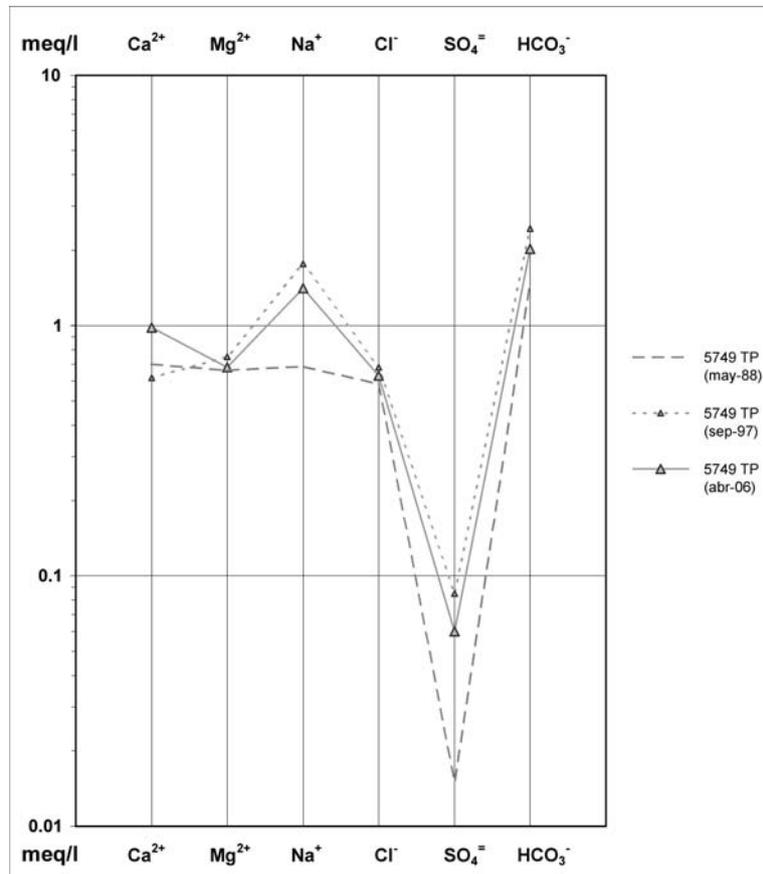


Figura 5.20.- Diagrama Schöeller-Berkaloff. Variación temporal en el pozo 5749TP.

### 5.5.- Análisis isotópicos

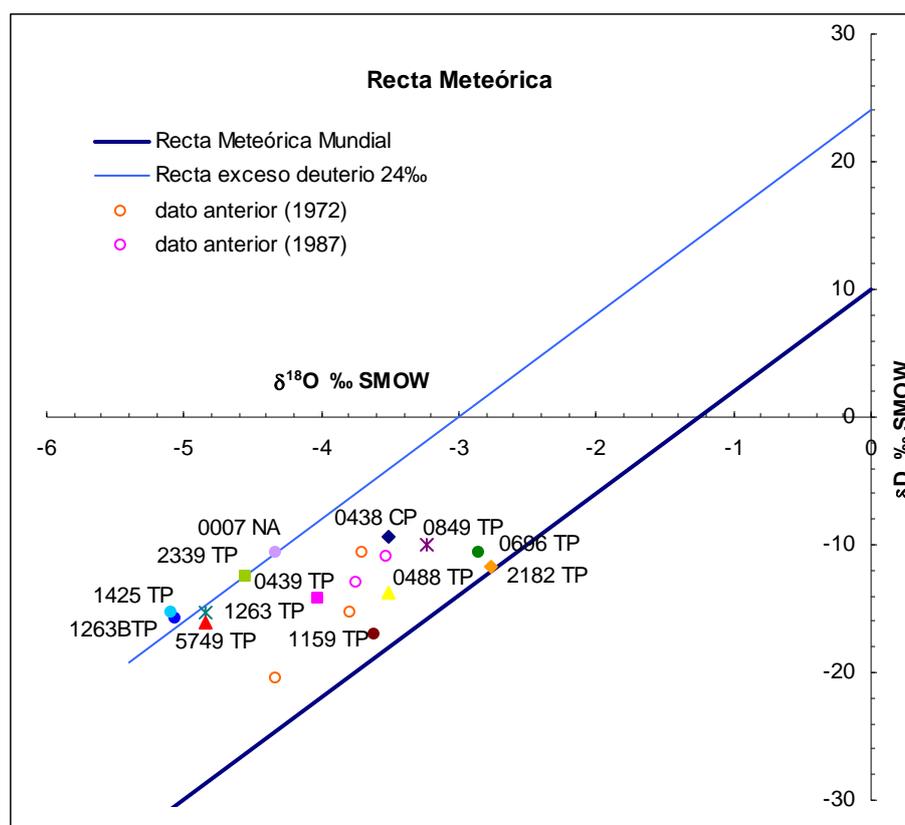
Se ha analizado Oxígeno-18 y Deuterio a partir de muestras de aguas subterráneas de 11 pozos, 1 galería y 1 naciente (muestras recogidas en la campaña de abril de 2006). Los contenidos isotópicos analizados se muestran en la Tabla 5.1. en la que se recogen además dos análisis realizados en campañas anteriores. Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Isótopos Estables de la Universidad de Salamanca.

En el gráfico de la figura 5.21 se ha representado los contenidos que definen el enriquecimiento en  $\delta^{18}\text{O}$ . La distribución de las muestras analizadas presenta un exceso de D de aproximadamente 23-24‰, que si se compara con las rectas obtenidas en estudios anteriores (Gonfiantini, 1974 con exceso de deuterio 20‰ y Gasparini, 1987 con exceso de deuterio 13‰), dan muestras más ligeras en  $\delta^{18}\text{O}$ .

Tabla 5.1. Análisis isotópicos de  $\delta^{18}\text{O}$  ‰ SMOW y  $\delta\text{D}$  ‰ SMOW

Nombre	Fecha	$\delta\text{D}$ ‰ SMOW	$\pm 1\sigma$ ; n=4	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\pm 1\sigma$ ; n=6	d
Chorro M <sup>a</sup> Manuela	Junio-87	-10,90	-	-3,52	-	17,26
0007 NA	Junio-87	-12,97	-	-3,74	-	16,95
0007 NA	Abril-06	-10,70	0,08	-4,33	0,08	23,94
0438 CP	Abril-06	-9,41	0,21	-3,51	0,09	18,67
0439 TP	Abril-06	-14,28	0,46	-4,03	0,11	12,11
0488 TP	Abril-06	-13,71	0,35	-3,51	0,16	14,37
0696 TP	Abril-06	-10,69	0,11	-2,85	0,13	17,96
0849 TP	Abril-06	-10,06	0,07	-3,24	0,09	15,86
1159 TP	Abril-06	-16,97	0,32	-3,62	0,12	11,99
1263 TP	Abril-06	-15,37	0,23	-4,84	0,11	23,35
1263BTP	Abril-06	-15,83	0,21	-5,06	0,17	24,65
1425 TP	Abril-06	-15,31	0,56	-5,10	0,13	25,49
2182 TP	Abril-06	-11,71	0,14	-2,76	0,07	10,37
2339 TP	Abril-06	-12,43	0,46	-4,55	0,17	23,97
5749 TP	Abril-06	-16,17	0,36	-4,85	0,09	22,63

Asimismo, se observa un claro fraccionamiento (figura 5.22) por evaporación, bien desde el terreno (pendiente entre 3-6), bien desde una lámina libre (pendiente menor), lo cual está en concordancia con la posibilidad de retornos de riego. O bien, que se trate de mezclas de aguas freáticas con aguas procedentes de retornos de riego, más evaporadas.

Figura 5.21.- Contenidos en  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta\text{D}$  ‰ SMOW

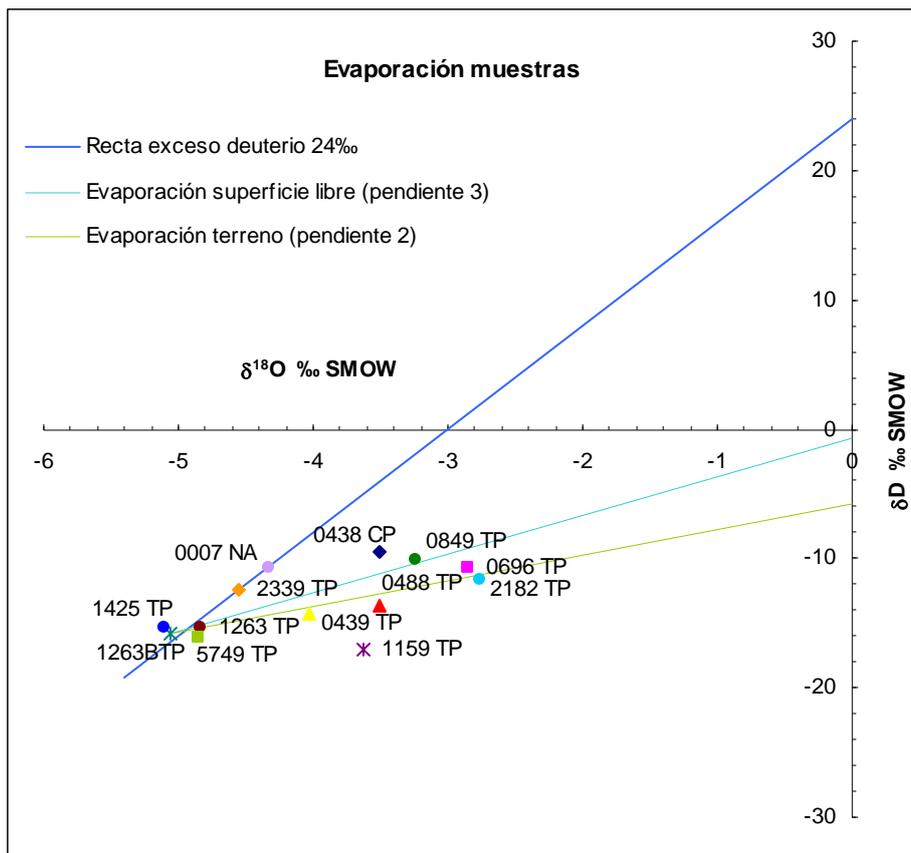


Figura 5.22.- Fraccionamiento isotópico de las muestras analizadas

Esta teoría de la evaporación en superficie por los retornos de riegos, se puede corroborar con las siguientes figuras, donde se observan la tendencia en el aumento de nitratos (figura 5.23) y de conductividad eléctrica (figura 5.24) con el enriquecimiento en  $\delta^{18}\text{O}$  en las aguas subterráneas.

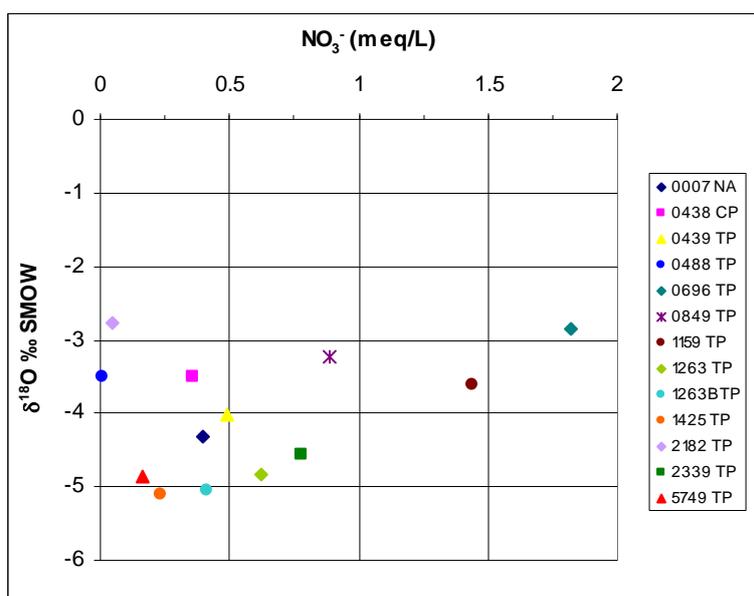


Figura 5.23.- Aumento en el contenido de nitratos y de  $\delta^{18}\text{O}$ .

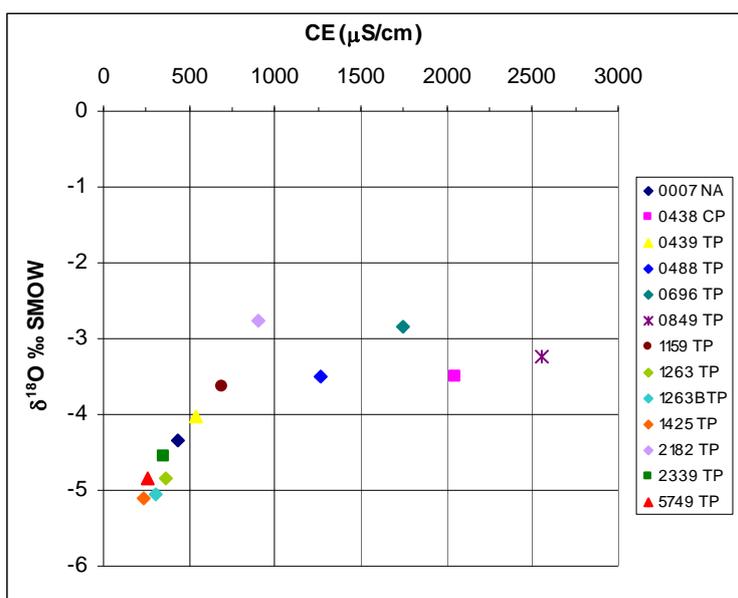


Figura 5.24.- Aumento en la conductividad eléctrica y de  $\delta^{18}\text{O}$ .

En la figura 5.25 se observa que a excepción de dos pozos (0438CP y 0849TP), hay una tendencia general de que los cloruros disminuyan según las aguas de recarga se hacen más ligeras.

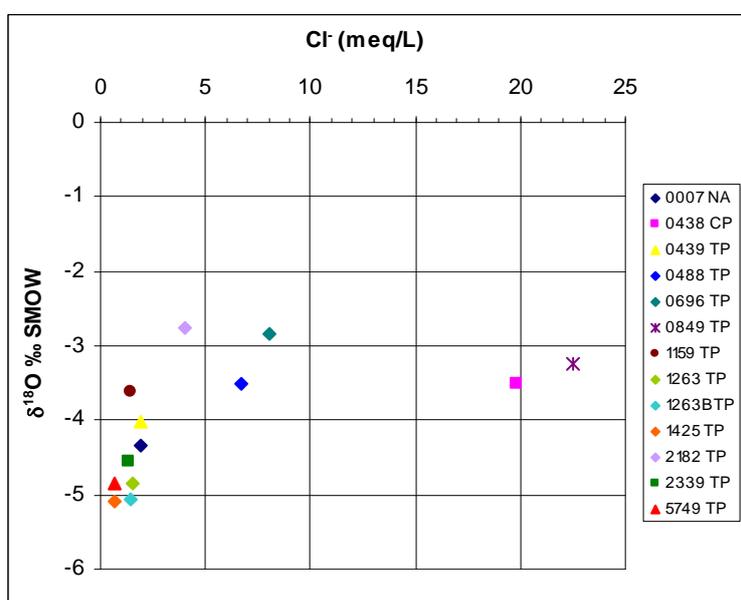


Figura 5.25.- Contenidos de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\text{Cl}^-$  en las aguas subterráneas.

### 5.6.- Síntesis Hidroquímica

Las aguas subterráneas se distribuyen por la zona de estudio de forma que en la zona de cumbre son más bicarbonatadas debido posiblemente al  $\text{CO}_2$  atmosférico o de la lluvia, y a medida que se acercan a la costa son más cloruradas-sódicas, debido en gran parte al aerosol marino que aumenta el contenido en cloruros en la recarga de zonas costeras. A ello se le

suma que las redes de abastecimiento y saneamiento dan lugar a recargas locales con contenidos mayores en cloruro.

Los mapas de isocontenidos (figuras 5.26-5.29) se puede observar la tendencia de aumento de conductividad eléctrica y nitratos a lo largo del barranco Guinguada, donde se encuentra la mayor concentración de captaciones de la zona de estudio con un uso muy variado, resaltando las extensiones de cultivo, la creciente población y zonas ajardinadas y de esparcimiento (campos de fútbol, golf...), lo cual ayuda a que el contenido en nitratos y sulfatos aumente por la existencia de retornos de riego. En prácticamente la desembocadura (aproximadamente 1 km) del barranco se encuentra la EDAR que recoge las aguas de los municipios de Las Palmas de G.C. y Santa Brígida, que se encuentran en la dirección antes mencionada.

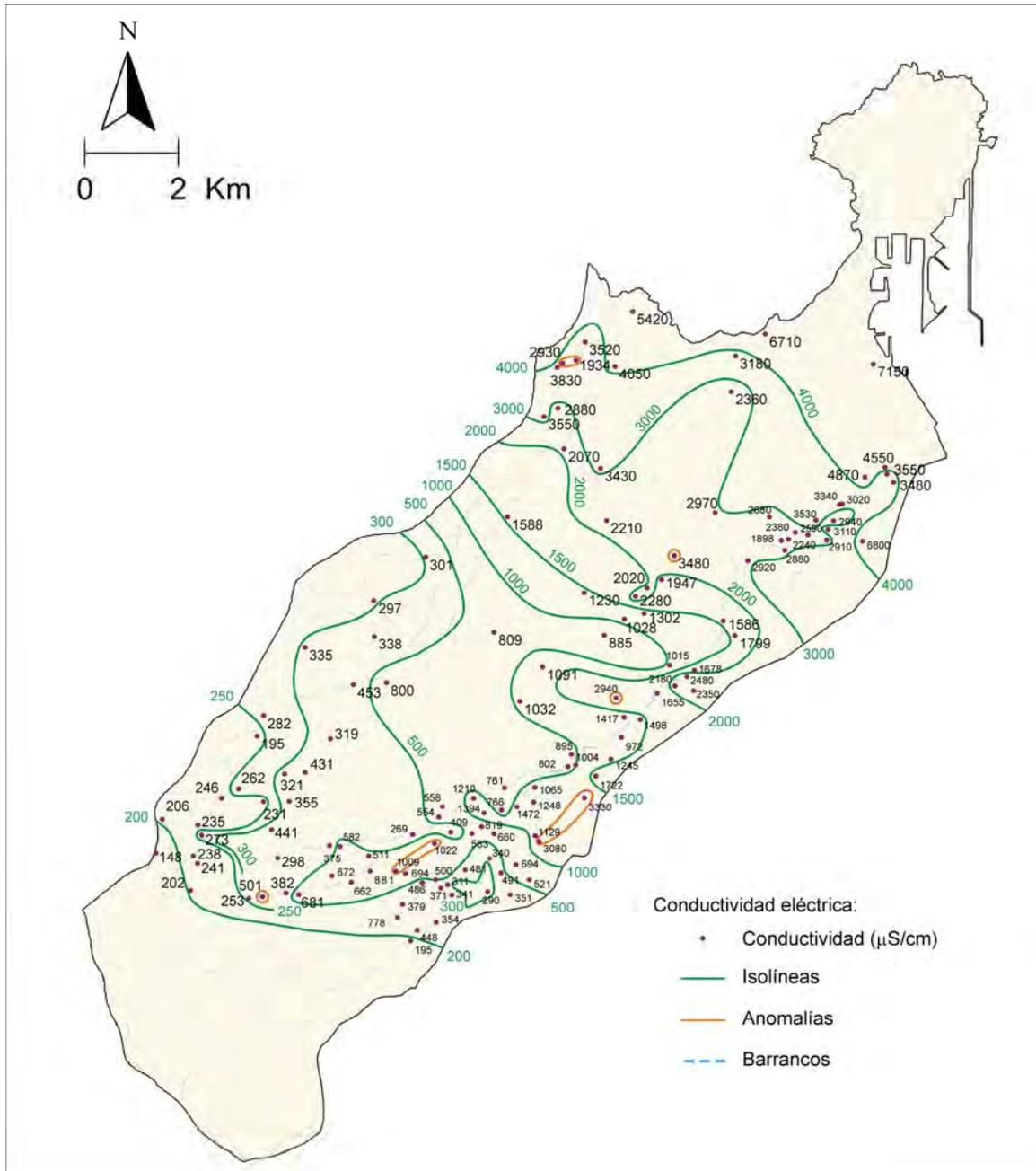


Figura 5.26.- Mapa de isocónductividades de conductividad eléctrica en la zona de estudio.

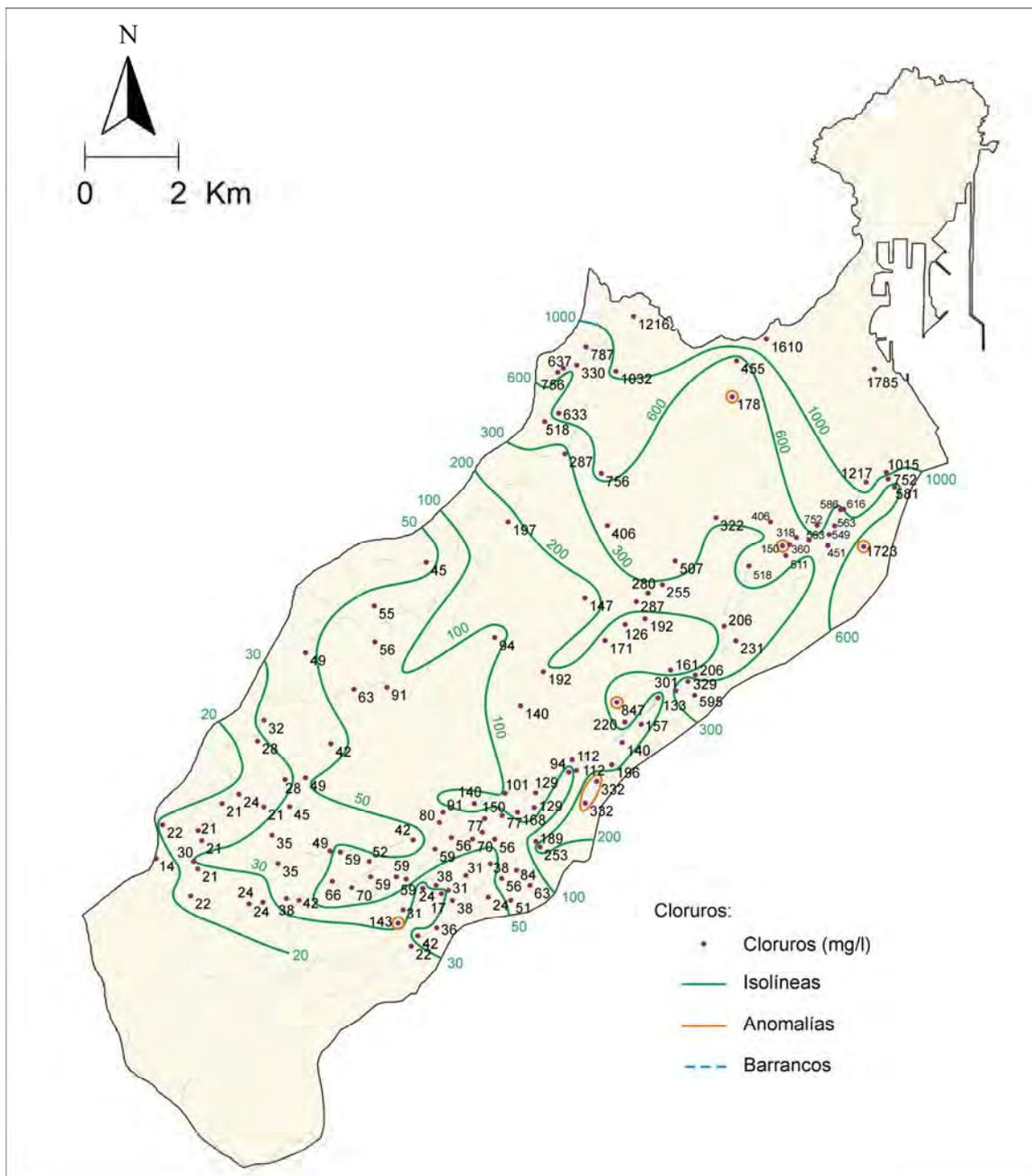


Figura 5.27.- Mapa de isocloruros en la zona de estudio.

En cuanto al medio geológico se encuentran aguas con la relación  $rMg < rCa$  a cotas inferiores, lo que está de acuerdo con su paso a través de las fonolitas, aunque no necesariamente su química debe corresponder con la litología. Se debería estudiar el pH y contenido de  $CO_2$  no equilibrado para poder determinar si existe intercambio iónico con el medio, ya que con los insuficientes datos que se disponen no es factible.

Se constata un exceso generalizado de sulfatos con un correspondiente aumento en nitratos, lo que conlleva una contaminación agrícola en el acuífero. Isotópicamente se llega a la misma observación de evaporación por retornos de riego.

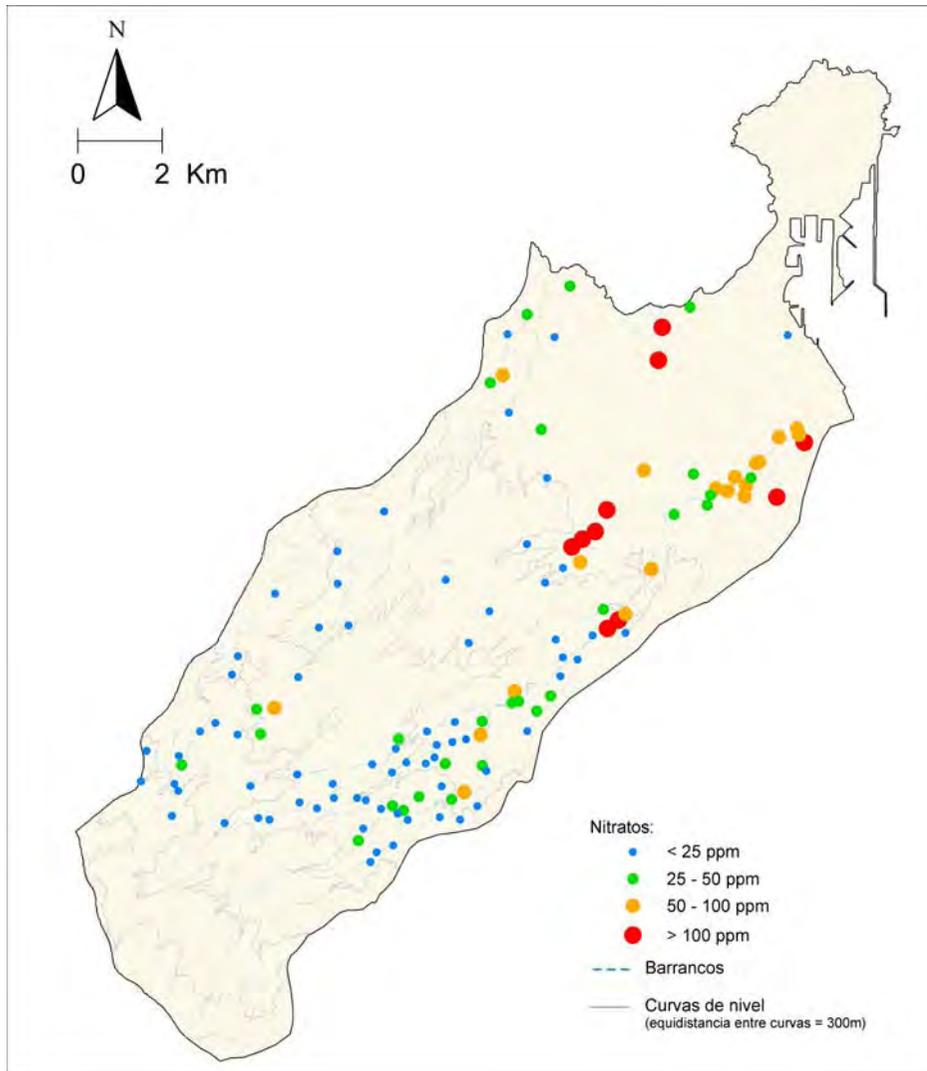


Figura 5.28.- Mapa de contenidos en  $\text{NO}_3^-$  en la zona de estudio.

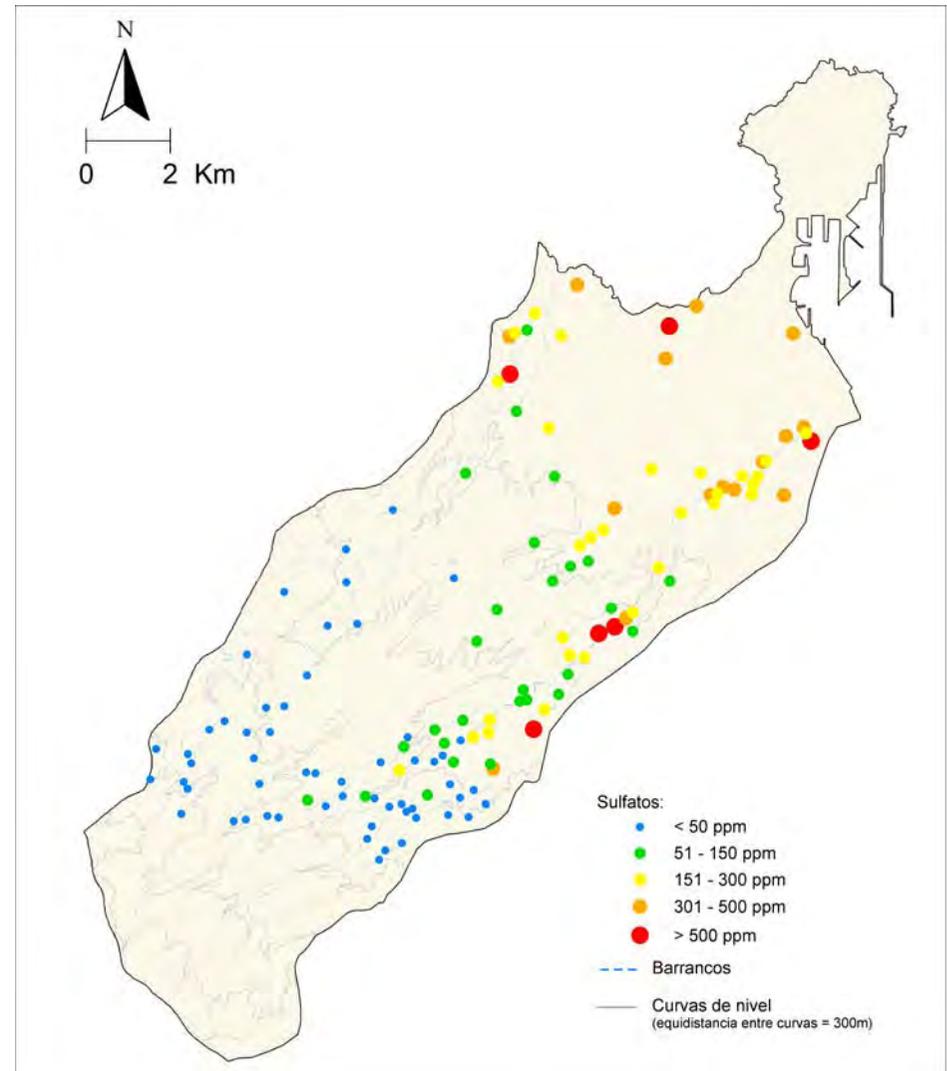


Figura 5.29.- Mapa de contenidos en  $\text{SO}_4^-$  en la zona de estudio.

## 6.- DISCUSIÓN

### 6.1.- Parámetros Hidráulicos y flujo

El modelo conceptual hidrogeológico del área de estudio corresponde a un conjunto de formaciones volcánicas con permeabilidad decreciente en profundidad y con las formaciones superiores total o parcialmente drenadas. El flujo del agua subterránea se produce radialmente de cumbre a costa con desvíos a barrancos profundos (antiguos manantiales hoy drenados por bombeo). Aunque el espesor saturado puede ser grande, la mayor parte del flujo se produce cerca del nivel freático.

### 6.2.- Discusión química

La salinidad del agua es pequeña en cumbre pero va creciendo progresivamente a causa de la mayor salinidad atmosférica y menor recarga. Tiene un carácter marino con efecto litológico que aporta un exceso de  $\text{Na}^+$  y un aumento de  $\text{HCO}_3^-$ .

La figura 6.1 muestra la evolución altitudinal de los cloruros en la zona de estudio. Los datos químicos de agua de lluvia proceden de un estudio previo de Gran Canaria en un perfil N-S con condiciones ambientales similares a las del área de estudio (Gasparini et al., 1990). El contenido medio en  $\text{Cl}^-$  varía desde 0,35 meq/L en cumbre a 0,7 meq/L cerca de la costa. Con estos datos ( $C_P$ ), los de pluviometría ( $P$ ) y los del contenido en cloruros del agua subterránea ( $C_R$ ) y suponiendo que la fracción de escorrentía superficial es pequeña, la recarga se puede estimar:  $R=P \cdot (C_P/C_R)$ , resultando lo indicado en la figura 6.1 para evoluciones altitudinales aproximadamente lineales.

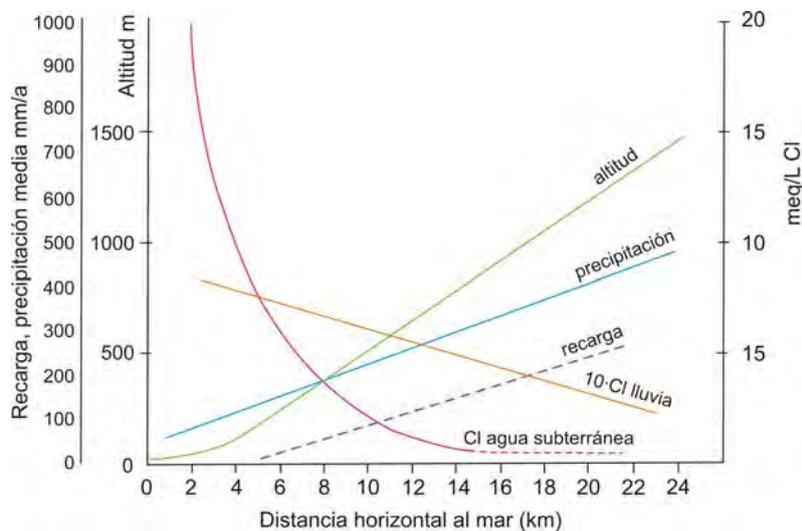


Figura 6.1.- Evolución de la altitud, precipitación media,  $\text{Cl}^-$  en la lluvia y  $\text{Cl}^-$  en la recarga local (agua subterránea) a lo largo de un perfil longitudinal del área de estudio.

Se ha supuesto que el agua subterránea muestreada representa la recarga local, lo que requiere que los pozos penetren poco en el acuífero. Si el espesor de flujo efectivo es parecido a la penetración de los pozos, el agua muestreada es una mezcla de la recarga de cotas superiores (Custodio, 1997), lo que resulta en una pequeña disminución de la recarga a cotas altas y una notable disminución a cotas medias y bajas.

Los agroquímicos aplicados en la superficie cultivada son principalmente compuestos nitrogenados, que dan lugar a notables incrementos del contenido en  $\text{NO}_3^-$  de las aguas subterráneas, desde los menos de 0,1 meq/l naturales hasta más de 1 meq/l  $\text{NO}_3^-$ , tanto a altitudes medias como bajas.

El tiempo de tránsito de la recarga por la zona no saturada a altitudes medias y bajas puede variar entre algunas décadas y algunos centenares de años utilizando los valores de espesor no saturado y de recarga antes indicados, y una retención del orden del 3 a 6%. Así la contaminación nítrica puede haber llegado al acuífero en parte del territorio en cultivo pero en otras áreas puede no haber llegado aún, no habiendo estudios al respecto. De los datos de 1997 no se deduce que haya una relación clara entre la relación  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  y el  $\text{NO}_3^-$  para cotas medias, pero sí para cotas bajas aumentando ambos, lo que indicaría el efecto de aportes antrópicos de agroquímicos.

La relativa extensión de la agricultura y también la notable abundancia de pequeños núcleos urbanos explica los elevados contenidos de  $\text{NO}_3^-$  que se encuentran en numerosos pozos, aunque cabe que en áreas de gran espesor no saturado y baja recarga esa contaminación aún no haya llegado al nivel freático, y por lo tanto se incremente en el futuro.

### **6.3.- Balance Hídrico y Modelo Hidrogeológico conceptual**

El objetivo final de un balance hídrico es la evaluación de los recursos disponibles en el sistema acuífero en estudio, y los valores de las diferentes entradas y salidas del sistema. Sin embargo, dada la falta de datos en la zona, la elaboración del balance acotar las incertidumbres existentes con los datos de que se dispone sobre los distintos términos del mismo. Por ello, algunos términos del mismo han sido considerados con un error asociado.

El balance se ha realizado para el periodo comprendido entre 1997-2006. Las tablas utilizadas para el desarrollo de cada uno de los elementos que conforman el Balance, se encuentran en la Tabla A.5.2.1 del Anejo 5.

#### **6.3.1.- Recarga por infiltración de agua de lluvia sobre la superficie de la zona**

Para poder determinar la recarga por infiltración de agua de lluvia ( $R_p$ ) se han establecido tres áreas o zonas diferenciadas de acuerdo a la zonificación establecida por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria: zona alta (N3A), zona media (N3M) y zona baja (N3B).

La elección de las diferentes estaciones meteorológicas se ha realizado en base a ser las más representativas de cada zona y completas en cuanto a información.

El cálculo de la recarga se ha realizado mediante el balance de agua diario en el suelo utilizando el programa EASYBAL 3.0 (desarrollado en la Universidad Politécnica de Cataluña), considerando que los suelos más representativos para la zona de estudio son los Andoloses (la metodología seguida se encuentra en el Anejo A-1). Los valores característicos del suelo para cada una de las zonas establecidas se recogen en la tabla 6.1.

Los valores de la recarga obtenidos para las tres zonas, a partir de los datos de precipitación tomados en la estación 059 (N3B), la estación 007 (N3M) y la estación 167 (N3A) se exponen en la Tabla 6.2.

Tabla 6.1.- Valores característicos del suelo

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	N3A	N3M	N3B
Capacidad de Campo (en volumen)	0,25	0,23	0,43
Humedad Inicial (en volumen)	0,25	0,23	0,43
Espesor suelo (m)	1,5	1	1
P.M.P.	0,13	0,12	0,25
VALOR LAMINACIÓN (mm)	50	28,58	26,17
Reserva Útil (mm)	172,6	109,6	180
Reserva Inicial (mm)	172,6	109,6	180

Tabla 6.2.- Valores obtenidos de la recarga por infiltración de la lluvia a partir del balance diario de agua en el suelo (Rp), para el año 2006.

Zona (CIAGC)	S (km <sup>2</sup> )	P		Rp	
		mm/a	hm <sup>3</sup> /a	mm/a	hm <sup>3</sup> /a
N3A	43.45	581	25.24	110	4.78
N3M	58.35	476	27.77	64	3.73
N3B	63.43	217	13.76	12	0.76
Total ZDE	165.23	1274	66.78	186	9.27

Multiplicando el valor de la infiltración por la superficie estimada, se obtiene el valor de la recarga por infiltración de agua de lluvia en el acuífero para las diferentes zonas:

- Recarga ZN3A:  $43,45 \text{ km}^2 \cdot 110 \text{ l/m}^2\text{a} = 4,78 \text{ hm}^3/\text{a}$
- Recarga ZN3M:  $58,35 \text{ km}^2 \cdot 64 \text{ l/m}^2\text{a} = 3,73 \text{ hm}^3/\text{a}$
- Recarga ZN3B:  $63,43 \text{ km}^2 \cdot 12 \text{ l/m}^2\text{a} = 0,76 \text{ hm}^3/\text{a}$

La recarga total por infiltración de agua de lluvias que se produce en el acuífero se obtiene de la suma de las recargas de cada una de las zonas,

<b>Recarga total: 9,27 hm<sup>3</sup>/a</b>
---

### 6.3.2.- Recarga por pérdidas de escorrentía en los barrancos

Los aportes correspondientes a la infiltración en los cauces de los barrancos (Rq) se han calculado a partir de los datos obtenidos en el Proyecto SPA-15, donde se estimaron las pérdidas de escorrentía en los cauces de los barrancos en función de la lluvia caída en un período de 3 años consecutivos (1970-1973) y de las características de las zonas hidrológicas.

Determinando el porcentaje de precipitación que se infiltra como pérdida de escorrentía en el cauce del barranco (Tabla A.5.2.2 del Anejo A-5) y suponiendo que las características del mismo no han variado, se obtienen los resultados de la tabla 6.3.

Tabla 6.3.- Valores obtenidos de la recarga por infiltración de la lluvia a partir del balance diario de agua en el suelo (Rp) y de la infiltración en los cauces (Rq), para el año 2006.

Zona (CIAGC)	S (km <sup>2</sup> )	P		Rp		Rq	
		mm/a	hm <sup>3</sup> /a	mm/a	hm <sup>3</sup> /a	mm/a	hm <sup>3</sup> /a
N3A	43.45	581	25.24	110	4.78	6.92	0.30
N3M	58.35	476	27.77	64	3.73	5.97	0.35
N3B	63.43	217	13.76	12	0.76	2.72	0.17
Total ZDE	165.23	1274	66.78	186	9.27	15.6	0.82

De esta manera se puede cuantificar en:

**Recarga en el cauce de los barrancos: 0,82 hm<sup>3</sup>/a**

#### 6.3.3.- Recarga por retorno de riegos

Los aportes correspondientes a los retornos de riego se han calculado en base a los datos obtenidos de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias ([www.gobiernodecanarias.org/agricultura](http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura)) (Tabla A.5.2.4 del Anejo A-5), donde se ha tenido en cuenta la superficie utilizada para cada tipo de cultivo, la dotación de agua y la demanda necesaria. En estudios anteriores se ha considerado un coeficiente de retorno del 20% (SPA-15, 1975), actualmente el método de riego en la isla ha cambiado, pasando de regar por inundación al riego por goteo, con la consecuente disminución en el aporte por retornos de riego. Se estima, por tanto, un coeficiente de retornos de riego del 5-15%.

De esta manera se puede cuantificar en:

**Recarga por retorno de riego: 1,05 ± 0,53 hm<sup>3</sup>/a**

#### 6.3.4.- Recarga por pérdidas en la red de abastecimiento público

En este caso, los aportes correspondientes a las pérdidas en la red de abastecimiento se han determinado a partir del volumen de agua distribuido en la red para la población total de la zona de estudio (420.000 habitantes), sin considerar los habitantes que viven cerca de la costa, ya que los retornos en esta zona están influidos por el flujo de descarga al mar, y no se considerarían como parte de la recarga en la zona. Como la población en la zona de estudio se encuentra en mayor proporción en la ciudad de Las Palmas de G.C. (370.000 habitantes), se estima que la población de los distritos más alejados de la costa se corresponde a un tercio del padrón municipal.

Como la zona es tan extensa y los usos del agua son diversos, se considera una dotación media de 120 l/persona/día para toda la cuenca A falta de información sobre las redes en los diferentes municipios, se ha estimado un aporte de un 20% como media para las pérdidas en las redes, recogiendo los valores obtenidos en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4.- Pérdidas en la red de abastecimiento en la zona de estudio

POBLACION EN 2001 Zona N3	POBACION alejada costa (hab)	Dotación media (l/hab/d)	VOLUMEN DISTRIBUIDO RED (m <sup>3</sup> /año)	Pérdidas red (20%) (hm <sup>3</sup> /año)
420.000	170.000	120	7.446.000	1,489

**Recarga por pérdidas en la red de abastecimiento: 1,49 hm<sup>3</sup>/a**

### 6.3.5.- Extracciones

Los valores correspondientes a las extracciones en la zona de estudio, se han obtenido a partir de los datos del *Inventario de Puntos de Agua del 1997* realizado por el Consejo Insular de Aguas de G.C. y se recogen en la Tabla A.5.2.3 del Anejo A-5. Debido a la complejidad e imposibilidad de encontrar mas información con respecto a los volúmenes de extracción y al relativo corto periodo de tiempo para el cual se ha realizado el balance, se considera este valor como representativo y aceptable para tal periodo, aunque puede estar infravalorado porque el inventario puede adolecer de la falta de datos de algunos puntos de agua.

**Extracciones: 8,9 hm<sup>3</sup>/a**

### 6.3.6.- Flujo subterráneo hacia el mar

La estimación del caudal que fluye hacia el mar se ha calculado aplicando la fórmula de Darcy, donde:

$$Q = k \cdot i \cdot A = T \cdot i \cdot L$$

Los valores de transmisividad utilizados en el cálculo se refieren a los materiales fonolíticos, en los que se encuentra el nivel piezométrico a lo largo de la costa (figura 4.12). Los datos utilizados se han tomado de la tabla de parámetros hidráulicos deducida en el Proyecto SPA-15. No se han utilizado los valores obtenidos en los ensayos de bombeo interpretados en el presente trabajo (apartado 4.2.2) porque se ha considerado que no son representativos de toda la zona por estar localizados en una zona muy próxima a la costa donde los materiales deben estar más alterados y fracturados.

De esta manera, se estima un valor de:

- $T_{(\text{Fonolitas})} = 5-10 \text{ m}^2/\text{d}$ .

El valor del gradiente se ha estimado a partir de la piezometría, donde:

- $i = \Delta h/L = 100 \text{ m}/3.740,5 \text{ m} = 0,026$

La longitud de costa que atraviesa dicho caudal se estima en:

- $L = 10.000 \text{ m}$

Con todo, el caudal que fluye hacia el mar se estima en:

$$Q = (5 - 10) \cdot 0,026 \cdot 10.000 = 0,487 - 0,976 \text{ hm}^3/\text{a} = 0,732 \pm 0,24 \text{ hm}^3/\text{a}$$

El valor obtenido concuerda con el flujo al mar establecido en el SPA-15, de  $0.6 \text{ hm}^3/\text{a}$ , para la zona de estudio.

**Flujo al mar:  $0,73 \pm 0,24 \text{ hm}^3/\text{a}$**

### 6.3.7.- Balance

Una primera aproximación (muy somera) de la evolución de los niveles piezométricos se obtiene comparando la variación de niveles en el periodo 1997-2006. Asimismo, dentro del rango de error que se comete en cada uno de los parámetros considerados (sobrestimación de la recarga de lluvia, porcentajes que aportan al balance los retornos de riego o la limitación de la fórmula de Darcy para estimar el caudal que fluye al mar), se considera que el factor más infradimensionado lo constituye la extracción de los pozos.

De esta manera, estimar un aporte de un 25% más al valor de las extracciones, no sería nada descabellado y darían una aproximación más cercana a la realidad.

Extracciones:  $8,9 \text{ hm}^3/\text{a} \cdot 1,25 = 11,125 \text{ hm}^3/\text{a}$

Así, el balance final se podría estimar en:

- $\Delta V = (9,27 + 0,82 + 1,05 \pm 0,53 + 1,49 \text{ hm}^3/\text{a}) - (11,13 + 0,73 \pm 0,24 \text{ hm}^3/\text{a})$
- $\Delta V = 0,77 \pm 0,77 \text{ hm}^3/\text{a}$

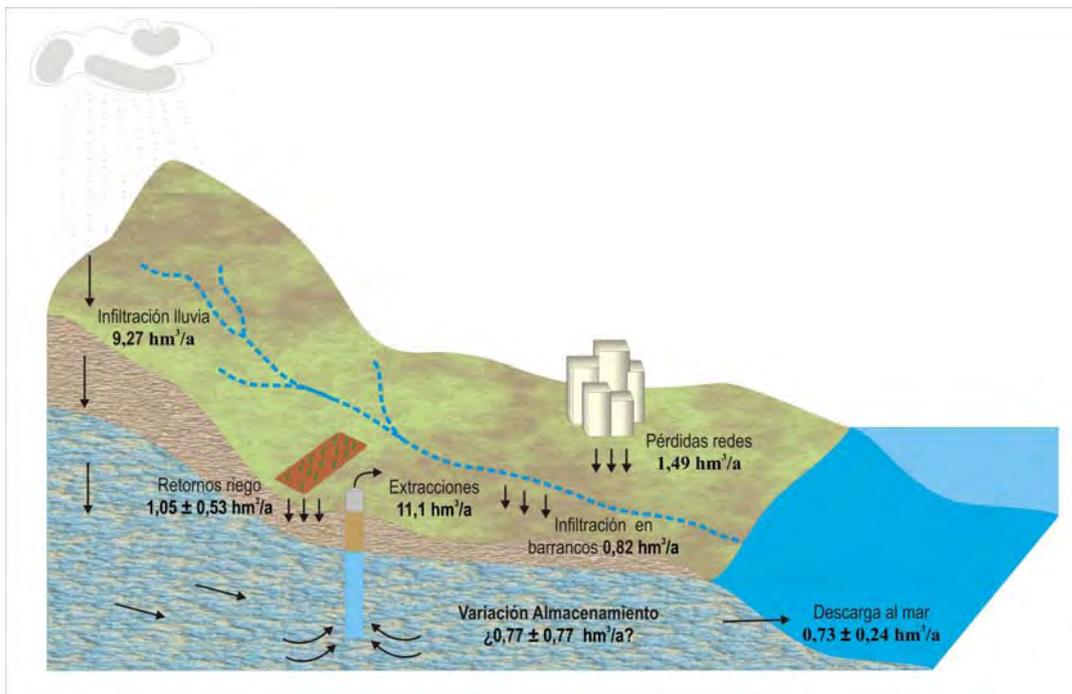


Figura 6.1.- Modelo conceptual de la zona de estudio para el periodo 1997-2006

### DISCUSIÓN:

Valorando cada uno de los parámetros o elementos que intervienen en el balance se han de estimar unos rangos de error relativamente altos, ya que de un lado, tanto las pérdidas en la red de abastecimiento, como los retornos de riego son valores estimados.

Calculando la variación de almacenamiento (Tabla 6.5) para el periodo comprendido entre 1997-2006, en función de los niveles piezométricos medidos, se obtiene un valor positivo muy similar al obtenido en el balance, si bien, este cálculo no puede considerarse determinante puesto que se refiere solamente a cuatro puntos, escasos en comparación con el total y que pueden no ser representativos del resto de los pozos del acuífero en estudio.

Tabla 6.5.- Variación de las cotas de los niveles piezométricos para el periodo 1997-2006.

EXPEDIENTE	X	Y	Z	NP-1997	NP-2006	$\Delta H$ (m)
0488 TP	452.606	3.103.140	348	242,26	241,40	-0,86
0696 TP	454.120	3.104.160	285	208,14	228,10	19,96
0849TP	450.888	3.109.650	134	3,00	6,73	3,73
2182 TP	450.370	3.103.482	515	311,30	318,87	7,57

$$\Delta H \text{ media (m)} = 8$$

$$\Delta V = S \cdot \Delta H \cdot m_e$$

S = Superficie de acuífero (fonolitas)

$\Delta V$  = Variación del nivel medio entre 1997 y 2006

$m_e$  = porosidad eficaz

- $\Delta V = 165,23 \text{ km}^2 \cdot (8 \text{ m}) \cdot 0,01 = 13,22 \text{ hm}^3$ ;  $\Delta V = 13,22 \text{ hm}^3$  en 9 años
- $\Delta V = 11,22 \text{ hm}^3 / 9 \text{ años} = 1,47 \text{ hm}^3/\text{a}$

**Variación de almacenamiento: 1,47 hm<sup>3</sup>/a**

#### 6.4.- Balance Hidroquímico

De la información recogida de estudios anteriores (Gasparini, 1989) donde se muestreó el contenido de cloruros en el agua de lluvia en diversas estaciones pluviométricas, a lo largo de un perfil longitudinal N-S de la isla, se tienen los siguientes valores aplicables a la zona de estudio:

- Estación pluviométrica 43-Cruz de Tejeda (z: 1.508):  $P \cdot [Cl]_P = 8,18 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$
- Estación pluviométrica 255-Lanzarote (z: 1.033):  $P \cdot [Cl]_P = 11,24 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$
- Estación pluviométrica 22-Moya (z: 485):  $P \cdot [Cl]_P = 12,32 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$

En ellos se observa cómo el aerosol marino y el viento, que sopla en dirección N-S, influyen en el contenido de cloruros en el agua de lluvia, disminuyendo a medida que se asciende de cota, de costa a centro de la isla.

Aplicando dichos valores a los tres sectores que subdividen la zona de estudio según la cota (zona alta, baja y media) y realizando un balance con los cloruros ( $R = P \cdot [Cl]_P / [Cl]_R$ ) que se han considerado representativos de la recarga por infiltración de agua de lluvia, se obtiene un valor aproximado de la recarga.

Se han seleccionado aquellos pozos con la menor salinidad posible y con mayor número de muestras analizadas en diferentes años, tomando un valor promedio de los cloruros muestreados en cada punto. Este procedimiento se ha realizado con el fin de obtener un valor representativo de la cantidad de agua de recarga en la zona de estudio, debido a la dificultad

que presenta su cálculo y para comparar con el cálculo realizado mediante el balance de agua en el suelo.

Debido a que el flujo de agua subterránea es de cumbre a costa, y que la recarga por infiltración de agua de lluvia no es igual en toda la zona de estudio, se han empleado los flujos de cloruros de las anteriores estaciones (Gasparini, 1989), según puedan o no influir en la recarga de la zona, en función de la cota de los pozos seleccionados para realizar el balance, con el fin de obtener un valor medio de la recarga en cada una de las zonas consideradas.

#### ZONA BAJA (N3B, cotas inferiores a 300 m):

Para los diferentes valores de flujo de cloruros en el agua de lluvia, se obtienen los valores de recarga (43-R: recarga obtenida según los datos de la estación nº 43, 255-R: recarga según la estación 255 y 22-R: recarga correspondiente a la estación nº 22) señalados en la tabla 6.6. De ella se estima que la recarga es de  $52 \pm 13$  mm/a, para la zona baja.

Tabla 6.6.- Balance de cloruros en el agua de recarga de la zona N3B.

z	EXPEDIENTE	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	nº muestras	43-R (mm/a)	255-R (mm/a)	22-R (mm/a)
230	1320 TP	5.297	188.0	6	43.49	59.76	65.54
285	0696 TP	5.940	210.9	12	38.78	53.29	58.44

#### ZONA MEDIA (N3M, rango de cotas entre 300 y 800 m):

Para aquellos puntos situados a cotas inferiores a 500 m, se ha considerado la posibilidad de estar afectado del flujo de cloruros dado por la estación 22, situada a la cota 485 m. Los valores de recarga así obtenidos están señalados en la tabla 6.7 (43-R: recarga obtenida según los datos de la estación nº 43, 255-R: recarga según la estación 255 y 22-R: recarga correspondiente a la estación nº 22). De ella se estima que la recarga para aquellos puntos situados a cotas más bajas es de  $102 \pm 28$  mm/a, mientras que para las cotas más altas, la recarga estimada es del orden de  $224 \pm 95$  mm/a.

Tabla 6.7.- Balance de cloruros en el agua de recarga de la zona N3M.

z	EXPEDIENTE	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	nº muestras	43-R (mm/a)	255-R (mm/a)	22-R (mm/a)
392	0210 TP	3.073	109.1	6	74.97	103.02	112.98
476	0423 TP	3.131	111.2	6	73.56	101.08	110.85
493	1934 TP	2.670	94.8	10	86.27	118.54	130.00
605	1664 TP	1.714	60.9	7	134.38	184.66	-
629	1403 TP	1.785	63.4	6	129.08	177.37	-
691	0823 TP	1.548	54.9	8	148.84	204.53	-
722	2730 TP	0.995	35.3	6	231.45	318.04	-
757	1148 TP	1.105	39.2	6	208.52	286.55	-
773	3317 TP	1.290	45.8	7	178.58	245.40	-

#### ZONA ALTA (N3A, cotas superiores a 800 m):

Considerando los contenidos en cloruros obtenidos en las estaciones pluviométricas 43 y 255 (situadas a 1033 m y 1508 m respectivamente) se estima una recarga en la zona de unos  $520 \pm 231$  mm/a. (Tabla 6.8, donde 43-R y 255-R: recarga obtenida según los datos de la estación nº 43 y nº 255 respectivamente).

Tabla 6.8.- Balance de cloruros en el agua de recarga de la zona N3A.

z	EXPEDIENTE	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	nº muestras	43-R (mm/a)	255-R (mm/a)
821	1334 TP	0.795	28.2	8	289.72	398.12
984	1291 TP	0.697	24.7	28	330.51	454.17
1073	5386 TP	0.619	22.0	6	372.26	511.54
1186	0446 TP	0.626	22.2	19	367.87	505.51
1230	5500 TP	0.642	22.8	7	358.66	492.85
1292	4166 TP	0.421	14.9	7	547.36	752.15

Los valores de recarga que se obtienen con los datos anteriores dan una idea de que la recarga se produce principalmente en la zona alta. Comparando con los datos de recarga por infiltración de agua de lluvia del balance hídrico realizado y considerando que las muestras de agua sean freáticas (se ha tomado el valor de la muestras más dulces en la zona), para el flujo de cloruros determinado por Gasparini (1989) no se estaría cometiendo mucho error, obteniendo valores aproximados en las zonas bajas.

Recarga zona alta (N3A): R = 110 mm/a

Recarga zona media (N3M): R= 64 mm/a

Recarga zona baja (N3B): R= 12 mm/a

Si bien se observa que la recarga debería ser algo mayor pero, con la insuficiente información sobre el suelo, es imposible determinarla correctamente puesto que en la zona de estudio el suelo es muy complicado y variable, existen zonas donde se tiene puros piroclastos, y otras donde se encuentran suelos edáficos de hasta casi 1,5 m. Además, se ha tomado una única estación meteorológica como representativa de cada zona, lo que infravalora la recarga.

A todo ello se le suma que los datos obtenidos para el flujo de Cl<sup>-</sup> depositado en la atmósfera tampoco son determinantes, son estudios diversos y con conclusiones dispares, y que se ha considerado la muestra de agua como representativa del acuífero. Pudiendo, además, corresponderse a otros periodos climáticos más calurosos o de lluvias más intensas.

## 7.- CONCLUSIONES

Se trata de un acuífero libre fracturado donde el nivel saturado se encuentra en la Formación Sállica (fonolitas), aunque se han identificado niveles colgados.

Existe una dirección de flujo preferencial desde las zonas de cumbre hacia la costa (SO-NE) y en el sector SE, que se corresponde al barranco Guinguada y es donde se concentran la mayor parte de las captaciones. Ello produce que las isopiezas adquieran morfologías lobuladas fruto de la influencia de los bombeos. Se evidencia claramente que existe un cambio brusco en el gradiente hidráulico desde una pendiente brusca (gradiente hidráulico del 8,5%) a una zona mucho más llana y menos acusada (gradiente hidráulico del 3%).

Las características de las aguas subterráneas varían desde la zona de cumbres a la zona de costa manteniéndose las características químicas en cada una de las zonas (baja, media y alta) salvo ciertas variaciones observadas de posible origen antrópico: en la zona de cumbre son más bicarbonatadas debido posiblemente al CO<sub>2</sub> atmosférico o de la lluvia, y a medida que se acercan a la costa son más cloruradas-sódicas, debido en gran parte al aerosol marino que aumenta el contenido en cloruros en la recarga de zonas costeras. A ello se le suma que las redes de abastecimiento y saneamiento permiten que el contenido en cloruros aumente en la zona de cotas bajas.

Se ha observado una tendencia a aumentar la conductividad eléctrica y el contenido en nitratos a lo largo del barranco Guinguada, donde se encuentra la mayor concentración de captaciones de la zona de estudio y el uso es muy variado, resaltando las extensiones de cultivo, la creciente población y zonas ajardinadas y de esparcimiento (campos de fútbol, golf...), lo cual ayuda a que el contenido en nitratos y sulfatos aumente. Así, se constata un exceso generalizado de sulfatos, lo que conlleva una contaminación agrícola en el acuífero. En prácticamente la desembocadura (aproximadamente 1km) del barranco se encuentra la EDAR que recoge las aguas de los municipios de Las Palmas de G.C. y Santa Brígida, que coincide con una zona con alta salinidad y contenido en nitratos. La evolución química temporal en algunos pozos evidencia que han variado (1997-2006) algunos parámetros hidroquímicos como los nitratos y sulfatos.

Los parámetros hidráulicos observados son concordantes con respecto a los calculados en el SPA-15, si bien presentan una gran variación en función de que el flujo atraviese fracturas o no.

En relación al balance hídrico se obtiene una variación positiva del almacenamiento con un cierto grado de incertidumbre, puesto que la variación media en los niveles piezométricos medidos (8 m) no se consideran suficientes como para extrapolarlos al conjunto acuífero. Asimismo, es esperable esta variación positiva en el almacenamiento comparado con el observado en el SPA-15, en el cual se alertaba de una sobreexplotación del acuífero insular, debido al abandono de muchos de los pozos por el coste elevado de extracción, utilizando otros recursos como el agua desalada.

### 7.1.- Aspectos a considerar en un estudio complementario

Para un estudio más profundo se precisa, entre otras cuestiones:

- Alcanzar un mayor conocimiento de las formaciones geológicas presentes en la zona: disposición, extensión parámetros hidrogeológicos, etc.. que permita definir su influencia en los caudales circulantes y en la modificación de la calidad de las aguas infiltradas.
- Un muestreo planificado, más detallado, para permitir el análisis de los parámetros hidroquímicos de cada nivel de captación, tomando muestras independientes en las distintas surgencias (en caso de haber más de una zona productiva, como algún

acuífero colgado) que se puedan encontrar a distintas profundidades en cada pozo, así como muestreo y análisis del agua de la lluvia.

- Cumplir los requisitos del Registro Insular de Aguas de Gran Canaria, en cuanto a aporte de información piezométrica, hidroquímica y de caudales, y estudiar esta información de forma continua.
- Aumentar mediante los estudios de investigación y campañas de campo precisas, el conocimiento de los parámetros que intervienen en el balance hidrológico, fundamentalmente en los aspectos relacionados a la evapotranspiración y la infiltración.
- Aumentar el número de elementos de medida en zonas urbanas, con el fin de determinar las calidades y volúmenes de agua aportada por infiltraciones procedentes de las pérdidas en las redes de saneamiento y abastecimiento, las cuales, junto con los retornos de riego provocan una contaminación del agua subterránea.

## 7.2.- Propuestas de mejora en la obtención de datos

Para poder alcanzar los objetivos antes fijados se proponen los siguientes puntos:

### Análisis de la evapotranspiración

Establecimiento de una red de estaciones meteorológicas distribuidas en 4 posibles zonas climáticas diferentes con el fin de complementar la red pluviométrica existente.

### Inventario de puntos de agua y Ensayos de bombeo para la correcta caracterización hidrogeológica de la zona de estudio

Deberían realizarse un inventario de puntos de agua exhaustivo en la zona, en un espacio de tiempo reducido, que incluya un muestreo planificado y ensayos de bombeo con las condiciones de aislamiento necesarias para poder determinar con mayor precisión los parámetros hidráulicos de la zona.

### Análisis de la recarga: estudios isotópicos

Sería necesario una caracterización más detallada del agua de recarga. Ya se dispone de la red de pluviómetros con protección para la evaporación mediante el uso de parafina, pero habría que esperar a que las lluvias sean más generosas para que permitan hacer análisis isotópicos de  $^{18}\text{O}$  y D, así como de iones mayoritarios.

### Análisis isotópicos de las aguas subterráneas

La caracterización isotópica del Tritio en el agua subterránea en varios puntos, para conocer los tiempos de residencia en las diferentes unidades hidrogeológicas. Asimismo, los contenidos en  $^{18}\text{O}$  y D darían información sobre el origen de la recarga.

### Campaña de reconocimiento geofísico y de sondeos de reconocimiento

Con el fin de conocer los espesores reales de las diferentes formaciones geológicas atravesadas en las captaciones de la zona de estudio, y poder definir un espesor saturado de la misma.

### Red piezométrica

Establecimiento de una red de piezómetros distribuidos de forma uniforme y en aquellas zonas de mayor interés, con el fin de poder tomar las medidas de nivel.

## **8.- BIBLIOGRAFÍA**

Alcalá García, F.J. (2005). Recarga a los Acuíferos españoles mediante Balance Hidrogeoquímico. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 737 páginas.

CABILDO INSULAR DE G.C., UNIVERSITAT DE VALÈNCIA, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (1995): Cartografía del potencial del Medio Natural de Gran Canaria. ISBN: 84-8103-109-7. 1 vol. + mapas.

Custodio y Cabrera (2008). Síntesis de la hidrogeología de las Islas Canarias. Geotemas. ISSN: 1576-5172, vol. 10, pp 785-788.

Custodio, E. y Llamas, M.R. (2001). Hidrología Subterránea. 2 Vol. Ed. Omega. 2º Edición.

Gasparini, A. (1989). Hydrochimie et geochemie isotopique de circulations souterraines en milieu volcanique sous climat semi-aride (Grande Canarie, Iles Canarias). Tesis doctoral. Universidad de Paris VI. 261 páginas.

Gonfiantini (1974). Reconocimiento isotópico ambiental del agua subterránea de las Islas Canarias. Simposio Internacional sobre hidrología en terrenos volcánicos. Gobierno de Canarias. Consejería de Obras Públicas. UNESCO, tomo II, pp 617-659.

INE (Instituto Nacional de Estadística). REAL DECRETO 1358/2005, de 18 de noviembre, por el que se declaran oficiales las cifras de población resultantes de la revisión del Padrón municipal referidas al 1 de enero de 2005. (BOE núm. 287, jueves 1 diciembre 2005).

ITGE (Instituto Tecnológico GeoMinero de España). Proyecto MAGNA. Mapa geológico de España. E: 1:100.000. Isla de Gran Canaria

ITGE (Instituto Tecnológico GeoMinero de España). Proyecto MAGNA. Mapa geológico de España. E: 1:25.000. Arucas.

ITGE (Instituto Tecnológico GeoMinero de España). Proyecto MAGNA. Mapa geológico de España. E: 1:25.000. Las Palmas de Gran Canaria.

ITGE (Instituto Tecnológico GeoMinero de España). Proyecto MAGNA. Mapa geológico de España. E: 1:25.000. Santa Brígida.

ITGE (Instituto Tecnológico GeoMinero de España). Proyecto MAGNA. Mapa geológico de España. E: 1:25.000. Teror.

Pérez Torrado, F.J.; Carracedo, J.C. y Mangas, J. (1995). Geochronology and stratigraphy of the Roque Nublo Cycle, Gran Canaria, Canary Islands. Jour. Geol. Soc. London, vol.152, pp 807-818.

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 G.C.

PHGC (Plan Hidrológico de Gran Canaria). (1991). Actualización al conocimiento hidrogeológico de Gran Canaria. Sin publicar

SPA-15. Estudio científico de los recursos del agua en las Islas Canarias (SPA/69/515). Ministerio de Obras Públicas, Dirección Gral. Obras Hidráulicas. UNESCO-PNUD. Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. 3 vol. + mapas.

Archivos y Registro de Aguas del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria.

Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria (1999): Plan Hidrológico Insular de Aguas de Gran Canaria (Decreto 82/1999).

SÁNCHEZ DÍAZ, J. (1975): Características y Distribución de los suelos en la isla de Gran Canaria. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna.

### **INFORMACIÓN WEB**

Web del Cabildo Insular de Gran Canaria ([www.grancanaria.com](http://www.grancanaria.com))

Web de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias ([www.gobiernodecanarias.org/agricultura](http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura))

Web del Instituto Nacional de Estadística ([www.ine.es](http://www.ine.es))

### **BASE CARTOGRÁFICA**

GRAFCAN 96 (Gobierno de Canarias. Modificado Consejo Insular de Aguas de G.C.)

Ortofoto GRAFCAN 96 y 2006 (Gobierno de Canarias. Modificado Consejo Insular de Aguas de G.C.)

## **ANEJO A-1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.**

A.1.1 Perfiles de suelo en la zona de estudio

A.1.2 Cálculo de los parámetros del suelo

### A.1.1. PERFILES DE SUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO

Considerando la información recogida en estudios anteriores (Sánchez-Díaz, 1975) en cuanto a perfiles del suelo en la Isla de Gran Canaria, los que más se acercan a la zona de estudio son los representados en la figura A.1, cuyas características se exponen a continuación:

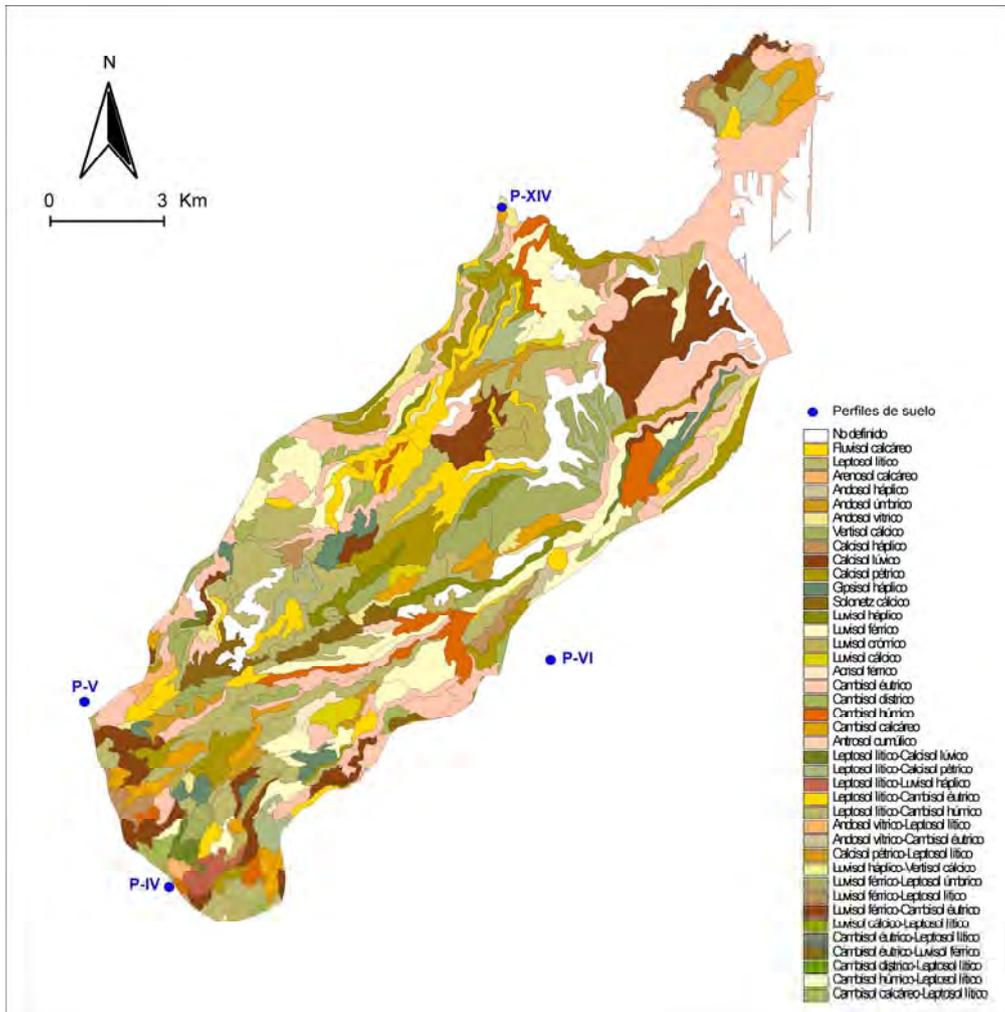


Figura A.1.- Cartografía suelos de la zona de estudio y localización de los perfiles. (Modificado de CABILDO INSULAR DE G.C., 1995)

#### PERFIL Nº IV

**Clasificación general:** Ando suelo  
**Localidad:** El Salado  
**Situación:** Ctra. del Parador de Tejeda a Los Pechos, km 3-4  
**Orientación:** Norte  
**Altitud:** 1.700 m  
**Posición fisiográfica:** Ladera de un cerro  
**Forma del terreno circundante:** Montañoso  
**Pendiente:** 15%  
**Vegetación:** Pinar asociado con *Pteridium aquilinum*  
**Clima:** Húmedo  
**Material originario:** Basalto  
**Erosión:** Moderada  
**Influencia humana:** Moderada  
**Desarrollo del perfil:** A<sub>00</sub> / A<sub>1</sub> / (B<sub>21</sub>) / (B<sub>22</sub>) / C

Tabla A.1.1.1.- Definición de horizontes y análisis mecánico del perfil P-IV.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arenas totales 2 - 0,05	Limo 0,05 - 0,002	Arcilla 0,002	Descripción
A <sub>00</sub>	0 – 8	-	-	-	Acumulación de restos vegetales.
A <sub>1</sub>	8 – 40	53	38	9	Color pardo oscuro de textura franco-arenosa; con estructura migajosa muy fina, muy rico en materia orgánica, con abundantes raíces y mediana pedregosidad. Límite inferior gradual y plano.
(B <sub>21</sub> )	40 – 80	37	34	29	Color pardo amarillento de textura franco-arcillosa, con estructura débil, poliédrica poco desarrollada. Poroso, pedregoso y muy poco consistente. Con raíces medianas pasa con transición gradual al siguiente horizonte.
(B <sub>22</sub> )	80 – 120	48	44	8	Color pardo amarillento de textura franca, con estructura poliédrica medianamente desarrollada. Poco consistente, poroso, terroso y muy pedregoso.
C	120 – 170	51	27	22	Basalto alterado (alteración decreciente con la profundidad).

Tabla A.1.1.2.- Complejo de cambio expresado en meq/100g en el perfil P-IV.

Horizonte	Capacidad total	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Saturación %
A <sub>1</sub>	61	6,5	2,72	1,25	-	49,5	17
(B <sub>21</sub> )	43	7,5	3,13	3,00	-	29,3	32
(B <sub>22</sub> )	45,5	1,5	1,95	0,69	-	41,3	9
C	34,5	2,5	1,70	1,08	-	29,2	15

**Observaciones:** Por la descripción morfológica realizada sobre el terreno se observan en este suelo un conjunto de propiedades que lo encuadra perfectamente dentro del contexto de los Andosoles.

Los resultados obtenidos del análisis mecánico son poco convincentes, por lo que los datos de la fracción arcilla son más bajos que en la realidad.

**Clasificación:** Según la 7ª aproximación de este suelo se ha clasificado dentro del Suborden Andept y perteneciente al Gran Grupo Dystrandept. Dentro de la F.A.O. se encuentra clasificado como Andosol húmico.

#### PERFIL Nº VI

**Clasificación general:** Tierra parda

**Localidad:** La Atalaya

**Situación:** km. 2,5 de la Ctra. de Sta. Brígida a Telde

**Orientación:** Este

**Altitud:** 500 m

**Posición fisiográfica:** Ladera de un cerro

**Forma del terreno circundante:** Fuertemente alomado

**Pendiente:** 4%

**Vegetación:** Cereal

**Clima:** Seco subhúmedo

**Material originario:** Lapilli

**Erosión:** Severa

**Influencia humana:** Intensa

**Desarrollo del perfil:** A<sub>1</sub> / (B) / C

Tabla A.1.1.3.- Definición de horizontes y análisis mecánico del perfil P-VI.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arenas totales 2 - 0,05	Limo 0,05 - 0,002	Arcilla 0,002	Descripción
A <sub>1</sub>	0 – 35	64	23	13	Color pardo amarillento de textura franco-arenosa; con estructura granular y con presencia de picón que, además, invade todo el perfil. Abundantes raíces finas. Límite inferior difuso y plano.
(B)	35 – ?	47	35	18	Color pardo amarillento de textura franca y con estructura granular muy desarrollada. Raíces frecuentes y finas. El límite con el material original es difuso y discontinuo.

Tabla A.1.1.4.- Complejo de cambio expresado en meq/100g en el perfil P-VI.

Horizonte	Capacidad total	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Saturación %
A <sub>1</sub>	42,25	13,75	2,98	1,41	1,21	22,90	46
(B)	60,00	30,0	8,89	4,5	0,16	16,35	72

**Observaciones:** Las propiedades físicas de este suelo se deben fundamentalmente a la naturaleza del material originario constituido por cenizas volcánicas que da una contextura muy suelta, alta permeabilidad y porosidad, y una serie de propiedades fisicoquímicas de particular importancia.

Es de observar los altos valores de la capacidad de cambio catiónico en relación con los bajos porcentajes de arcillas y de humus. Esto se debe a que la naturaleza litológica y mineralógica del material originario, que está constituido en gran parte por minerales mal cristalizados, microcristalinos o amorfos y que todos ellos, aún estando los de las fracciones gruesas, contribuyen al proceso de cambio iónico.

**Clasificación:** Cumple los requisitos que exige la taxonomía Americana para clasificar el perfil dentro del Suborden Andept, cumpliendo también con las especificaciones del Gran Grupo Vitrandept. Al tener un epipedon ochrico pertenece al Subgrupo Tepic Vitrandept. Dentro de la F.A.O. se encuentra encasillado en los Andosoles vítricos.

#### PERFIL N° XIV

**Clasificación general:** Alfisol xérico

**Localidad:** Punta de la Rosa

**Situación:** km. 7 Autopista del Norte

**Orientación:** Norte

**Altitud:** 100 m

**Posición fisiográfica:** Ladera suave de un cerro

**Forma del terreno circundante:** Medianamente ondulado

**Pendiente:** 3%

**Vegetación:** Euphorbia balsamifera y Euphorbia canariense

**Clima:** Árido

**Material originario:** Basalto Alterado

**Erosión:** Intensa

**Influencia humana:** Intensa

**Desarrollo del perfil:** (B) / Bt<sub>1</sub> / Ca<sub>1</sub> / Bt<sub>2</sub> / Ca<sub>2</sub> / C

Tabla A.1.1.5.- Definición de horizontes y análisis mecánico del perfil P-XIV.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arenas totales 2 - 0,05	Limo 0,05 - 0,002	Arcilla 0,002	Descripción
(B)	0 – 40	20	29	51	Capa alóctona de color pardo ligeramente oscuro de textura arcillosa; con estructura poliédrica fina, de consistencia media. Abundantes raíces y presencia de gravas de 3 cm aproximadamente.
Bt <sub>1</sub>	40 – 70	14	17	69	Color pardo ligeramente oscuro de textura arcillosa y con estructura prismática mediana a fina muy desarrollada. Cutanes abundantes entre las caras de los prismas. Escasas gravas.
Ca <sub>1</sub>	70 – 100	26	17	57	Acumulación de CaCO <sub>3</sub> . Calcitanes muy abundantes. Poliédrica muy desarrollada con stoneline.
Bt <sub>2</sub>	100 – 140	5	16	79	Color pardo oscuro de textura arcillosa y estructura prismática muy desarrollada. No tiene poros. Cutanes espesos y continuos.
Ca <sub>2</sub>	140 – 160	26	18	56	Calcitanes abundantes y con estructura poliédrica desarrollada.
C	160 – ?	49	20	31	Material de origen basáltico en trozos redondeados muy bicarbonatados.

Tabla A.1.1.6.- Complejo de cambio expresado en meq/100g en el perfil P-XIV.

Horizonte	Capacidad total	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Saturación %
(B)	36,5	17,5	10,28	15	7,40	-	-
Bt <sub>1</sub>	29	18,5	16,96	11,5	1,76	-	-
Ca <sub>1</sub>	29	18,5	17,99	10	1,94	-	-
Bt <sub>2</sub>	32,5	10	22,62	12,5	3,88	-	-
Ca <sub>2</sub>	30,5	18,5	19,53	12	3,56	-	-
C	36	14,5	24,67	11,75	3,96	-	-

**Observaciones:** Este perfil refleja la actividad sedimentaria de variada naturaleza que ha tenido lugar en las distintas zonas de la isla.

**Clasificación:** Según la 7ª aproximación de este suelo se ha clasificado dentro del Suborden Xeralf y perteneciente al Gran Grupo Palxeralf. Dentro de la F.A.O. se encuentra clasificado como Xerosol Lúvico.

## A.1.2. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DEL SUELO

Para poder realizar el balance en el suelo, es necesario determinar ciertos parámetros característicos del mismo, como son la Capacidad de Campo (Cc) y el Punto de Marchitez permanente (Pmp).

La humedad a la capacidad de campo, expresada en porcentaje de peso de suelo seco, viene dada por la expresión:

$$Cc = 0,48 \cdot Ac + 0,162 \cdot L + 0,023 \cdot Ar + 2,62$$

La humedad en el punto de marchitamiento, expresada en porcentaje de peso de suelo seco, viene dada por la fórmula:

$$Pmp = 0,302 \cdot Ac + 0,102 \cdot L + 0,0147 \cdot Ar$$

Zona N3A: Perfil de suelo N° IV

Para el Horizonte A<sub>1</sub> se tienen las siguientes humedades:

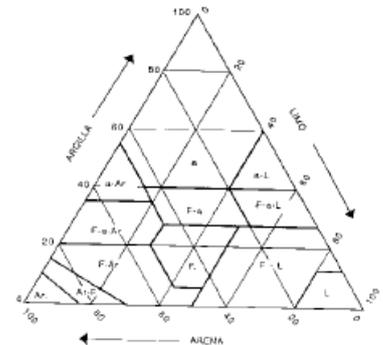
$$Cc (A_1) = 0,48 \cdot Ac + 0,162 \cdot L + 0,023 \cdot Ar + 2,62 = 14,32\%$$

$$Pmp (A_1) = 0,302 \cdot Ac + 0,102 \cdot L + 0,0147 \cdot Ar = 7,37\%$$

Considerando que el Horizonte A<sub>1</sub> corresponde a un suelo franco arenoso, tiene una densidad aparente (da) de 1.50 g/cm<sup>3</sup>. Así las humedades anteriores expresadas en % en volumen serán:

$$Cc (A_1) = 14,32 \cdot 1.5 = 21,47\%$$

$$Pmp (A_1) = 7,37 \cdot 1.5 = 11,06\%$$



Procediendo de igual forma para el resto de horizontes del perfil, se obtienen los datos de la siguiente tabla:

Tabla A.1.2.1.- Datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para el perfil P-IV.

HORIZONTE	CC (% peso suelo seco)	PMP (% peso suelo seco)	d <sub>A</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	CC (% humedad)	PMP (% humedad)	CC (mm)	PMP (mm)
A <sub>1</sub>	14,32	7,37	1,50	21,473	11,060	0,215	0,111
B <sub>21</sub>	22,90	12,77	1,35	30,914	17,239	0,309	0,172
B <sub>22</sub>	14,69	7,61	1,40	20,569	10,653	0,206	0,107
C	18,73	10,15	1,40	26,218	14,207	0,262	0,142

Para el poder realizar el balance se considera un único tipo de suelo, así, realizando la media entre los horizontes, se tienen los siguientes datos:

$$Cc = 24,8\% \text{ y } Pmp = 13,3\%$$

Zona N3M: Perfil de suelo N° VI

Para este perfil se consideran los siguientes datos de Capacidad de Campo y Punto de machitez permanente, obtenidos a partir de la Tabla A.4.2.1.b, según el método expresado anteriormente:

$$Cc = 23,2\% \text{ y } Pmp = 12,29\%$$

Tabla A.1.2.2.- Datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para el perfil P-VI.

HORIZONTE	CC (% peso suelo seco)	PMP (% peso suelo seco)	d <sub>A</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	CC (% humedad)	PMP (% humedad)	CC (mm)	PMP (mm)
A <sub>1</sub>	14,06	7,21	1,50	21,087	10,819	0,211	0,108
(B)	18,01	9,70	1,40	25,215	13,576	0,252	0,136

Zona N3B: Perfil de suelo N° XIV

Para este perfil se consideran los siguientes datos de Capacidad de Campo y Punto de marchitez permanente, obtenidos a partir de la Tabla A.4.2.1.c, según el método expresado anteriormente:

$$C_c = 42,8\% \text{ y } P_{mp} = 24,8\%$$

Tabla A.1.2.3.- Datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para el perfil P-XIV.

HORIZONTE	CC (% peso suelo seco)	PMP (% peso suelo seco)	$d_A$ (g/cm <sup>3</sup> )	CC (% humedad)	PMP (% humedad)	CC (mm)	PMP (mm)
(B)	32,26	18,65	1,25	40,323	23,318	0,403	0,233
Bt <sub>1</sub>	38,82	22,78	1,25	48,520	28,472	0,485	0,285
Ca <sub>1</sub>	33,33	19,33	1,25	41,665	24,163	0,417	0,242
Bt <sub>2</sub>	43,25	25,56	1,25	54,059	31,954	0,541	0,320
Ca <sub>2</sub>	33,01	19,13	1,25	41,268	23,913	0,413	0,239
C	21,87	12,12	1,43	31,160	17,274	0,312	0,173

Otro parámetro de importancia en el cálculo de la recarga por infiltración de agua de lluvia, es el valor de laminación, es decir, el valor de pluviometría a partir del cual se produce la escorrentía. El método empleado para su cálculo ha sido extraído de la metodología empleada para la estimación de la correntía superficial en el SPA-15 ("Método del número de curva", U.S. Soil Conservation Service (1957)).

Análíticamente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_p = \frac{25.4(P/25.4 - 200/NC + 2)^2}{P/25.4 + 800/NC - 8}$$

donde:

P = Precipitación caída durante un aguacero, en mm.

NC = N° de curva (entre 0 y 100)

Q<sub>p</sub> = Escorrentía producida, en mm.

Tabla A.1.2.4.- Características físicas de las cuencas de las estaciones de aforo o números de curva aplicables (SPA 15)

Nº	Barranco	Denominación	Superficie	Perímetro	Altitud media	Índice de compacidad	Rectángulo equivalente		Índice de pendiente	Número de curva
							L	I		
1	Hornos	P. Hornos	4,0	9,0	1.742	1,26	3,3	1,2	0,33	63
2	Aldea	P. Parralillo	64,5	39,0	1.042	1,36	16,1	4,0	0,30	75
3	Aldea	P. Caidero Niña	103,0	50,0	978	1,38	18,8	5,5	0,30	84
4	Lugarejos	P. Lugarejos	10,4	17	1.139	1,47	7,0	1,5	0,31	77
6	Chira	P. Chira	10,9	15	1.115	1,27	5,5	2,0	0,35	86
8	Virgen	Valsendro	8,3	13	1.262	1,26	4,8	1,7	0,47	55
9	Azuaje	Azuaje	25,3	24	942	1,34	9,4	2,6	0,38	57
10	Teror	Teror	17,0	21	908	1,42	8,4	2,1	0,37	64
11	Chorros	San Mateo	7,6	16	1.336	1,62	6,8	1,2	0,51	40
12	Sta. Brígida	Sta. Brígida	10,4	22	1.010	2,34	9,9	1,1	0,47	64
13	Guinguada	Guinguada	44,4	32	1.032	1,34	13,8	3,2	0,33	56
14	Tirajana	Rosiana	20,5	18	1.194	1,12	4,5	4,5	0,51	86

Si damos el valor cero a la esorrentía, P nos dará el valor de la laminación. Para la zona de estudio los datos de NC se toman de la Tabla A.1.2.4. Así se obtienen los siguientes valores de **laminación**:

<b>ZONA</b>	<b>LAMINACIÓN (mm)</b>
N3A	50
N3M	28,58
N3B	26,17

## **ANEJO A-2. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.**

A.2.1 Listado de puntos inventariados 1997

A.2.2 Nuevas fichas campaña abril 2006

Tabla A.2.1.- Inventario de puntos de aguas (Consejo Insular de Aguas de G.C., 1997)

EXPEDIENTE	OBRA	TOPÓNIMO	X	Y	Z	Profundidad (m)	Profundidad agua (m)
0007 NA	N	Fuente Agría	446792	3103850	512	---	---
0009ATP	S	Hoya Mascuervo	451750	3105830	274	260	---
0015 SE	P	Bco. de Tamaraceite	455000	3110965	42	59,98	34,19
0016 TP	P	Bco. San Lorenzo	453490	3106784	191	39,57	30,77
0022 SE	P	Parque Doramas	457960	3110790	12	11,51	9,77
0023 SE	S	San Lorenzo	453409	3106120	207	200	---
0027 SE	P	Bco. de Tamaraceite	454910	3110186	76	79,34	70,9
0030 CP	P	San Lorenzo	453103	3105940	216	74,19	65,81
0040 SE	S	Bco. El Gamonal	449860	3098775	655	350	179,38
0041 A4	P	Barranco	456555	3107079	97	69,09	65,15
0061 CP	P	Bco. Casa Ayala	451975	3111360	50	48,46	44,85
0079 CP	P	Bco. Tenoya	451191	3109829	146	29,9	22,28
0079 TP	P	Ladera del Hediondo	452410	3110740	105	106,54	105,6
0097 CP	P	Bco. del Cortijo	452610	3105260	243	54,66	53,06
0115 TP	P	San Lorenzo	453430	3106080	212	12,98	7,73
0127 CP	P	Travieso	457780	3108350	42	43,91	41,38
0148 TP	P	Bco. Guinguada	457100	3107389	80	52,12	50,28
0151 CP	P	Bco. de Mascuervo	452850	3105750	226	23,67	22,04
0158 TP	P	Las Rosetas	452790	3111940	70	67,97	67,85
0195ACP	P	Miraflor	448400	3104450	545	12,55	12,3
0196 TP	P	Verdejo	456990	3107207	78	62,1	59,55
0198 TP	P	Bco. Guinguada	452551	3102695	350	131,98	124,6
0202 CP	P	Tenoya (El Peñón)	451770	3111270	57	58,87	54,77
0210 TP	P	Bco. Guinguada	451401	3102055	390	117,75	117,73
0211 TP	P	La Matula	456960	3106960	100	66,81	63,68
0224 CP	P	Las Cadenas	450661	3101295	430	108,05	107,2
0262 TP	P	San José de Las	451756	3101385	430	203,66	201,42
0264 TP	P	Bco. Los Olivos	452001	3101855	405	120,42	119,11
0282 TP	P	Los Barrancos	456280	3107140	105	40,46	15,89
0285 TP	P	Bquillo.Los Laureles	451921	3101605	435	172	126,16
0293 TP	P	Bco. Guinguada	451861	3102285	370	93,11	88,83
0300 CP	P	Bco. de Lugarejo	448906	3099280	620	136,53	134,94
0324 TP	P	Bquillo. El Laurel	452326	3102215	383	170,13	169,28
0331 TP	P	Hoya Bravo	449816	3100610	560	218,82	217,19
0334 TP	P	Finca Los Ríos	453871	3103640	305	---	69,61
0338 TP	P	Bco. de Guinguada	454990	3104910	270	102,02	91,05
0349 TP	P	Bco. de Guinguada	458210	3108560	27	32,11	29,77
0354 TP	P	Cortijo de Machado	452130	3111620	45	42,78	39,38
0369 TP	P	La Gloria	456728	3107403	90	67,15	65,5
0372 TP	P	Castaño Bajo	450766	3100250	490	143,84	139,73
0374 TP	P	Bco. de Tenoya	450480	3108900	175	31,39	19,94
0376 TP	P	Bquillo. Las Rochas	452491	3101195	460	106,64	50,46
0377 TP	P	Bco. de Utiaca	445620	3099285	745	21,83	21,38
0380 TP	P	Bco. Guinguada	451566	3102090	385	111,78	100,9
0381 TP	P	El Gamonal	450766	3099880	548	168,18	141,71
0382 TP	P	Cruz del Gamonal	449676	3099350	630	173,09	171,33
0401 TP	P	Cuesta La Grama	451511	3100460	560	39,73	7,71

Tabla A.2.1.- (Continuación 1) Inventario de puntos de agua (Consejo Insular de Aguas de G.C., 1997)

EXPEDIENTE	OBRA	TOPÓNIMO	X	Y	Z	Profundidad (m)	Profundidad agua (m)
0405 TP	P	Risco Blanco	457300	3107760	66	54,6	52,9
0416 TP	P	La Angostura	452026	3102580	362	122	114
0417 TP	P	Los Silos	450621	3101420	440	179,09	133,61
0420 TP	P	Los Silos	450421	3100670	490	213,55	211
0423 TP	P	Los Silos	450301	3101195	465	252,96	252,28
0426 TP	G	Bco. La Higuera	448022	3098286	785	91,48	87,3
0429 TP	P	Los Barriales	453290	3106940	180	48	---
0438 CP	S	Bco. de Jacomar	452105	3108537	198	240	---
0438 TP	P	Bco. Santa Brígida	450691	3100835	465	148,33	148,31
0439 TP	P	Hoya Bravo	449341	3100620	525	238	211,84
0442 TP	P	Bco. Las Meleguinas	450691	3101610	425	148,79	110,58
0469 TP	P	Hoya Bravo	448881	3100645	555	123,52	120,3
0472 TP	P	Los Silos	450696	3100565	480	195,41	192,79
0473 TP	P	Finca El Castaño	450781	3100445	480	232,44	229,38
0477 TP	P	Bquillo.Los Laureles	452856	3102770	350	100,45	98,49
0486 TP	P	La Umbría	447152	3099800	550	285,8	280,75
0488 TP	P	Los Naranjos	452606	3103140	343	126,33	125,74
0491 TP	P	Finca Los Ríos	454100	3103720	300	---	113,6
0492 TP	P		452961	3103090	335	59,65	55,7
0503 TP	P	La Montañeta	446327	3099700	730	108,99	103,39
0512 TP	P	Finca El Cascajo	453316	3103660	328	---	88,83
0565 TP	P	Hoya Bravo	449921	3101045	490	206,62	204,46
0571 TP	P	Bco. de Las Goteras	450611	3098851	592	126,85	126,82
0595 TP	P	La Capellanía	453960	3104020	295	97,88	89,79
0596 TP	P	La Umbría-Guiniguada	452006	3102310	390	162,27	138,28
0612ATP	P	Bco. Merdejo	450035	3101605	475	---	164,54
0664 TP	P	Hoya Bravo	449206	3100920	540	205,64	199,05
0671 TP	P	La Bodeguilla	448057	3098491	770	203,26	186,95
0696 TP	P	La Capellanía	454120	3104160	283	82,91	76,86
0724 TP	P	Camino de La Presa	449961	3099760	604	137,56	134,83
0732 TP	P	Hoya Bravo	449596	3101060	505	271,05	259,56
0737 TP	P	La Umbría	446747	3099560	732	151,01	144,18
0746 TP	P	El Campanario	448701	3101775	615	183,22	167,76
0752 TP	P	Bquillo. Siete puertas	453586	3104270	289	91,68	85,96
0753 TP	P	Lomo Lucas	448357	3099930	665	31,87	31,58
0761 TP	P	Bco. de Tenoya	451290	3110810	71	76,7	75,53
0768 TP	P	Portada Verde	450291	3100115	550	123,52	123,5
0769 TP	P	La Milagrosa	450855	3104234	396	158,32	154,06
0778 TP	P	Bco. Tenoya	451166	3110718	86	87,23	87,16
0785 TP	P	La Capellanía	449831	3101710	490	168,04	165,56
0793 TP	P	Cuesta Blanca	454560	3107567	189	109,13	94,42
0823 TP	P	Bco. La Mina	447122	3100135	685	115,52	91,63
0838 TP	P	Bco. Alonso	450251	3101365	445	---	105,77
0843 TP	P	El Parralillo	448062	3100600	680	97,3	94,31
0845 TP	P	Bco. Acequia Marrero	448167	3098511	765	209,89	208,61
0849 TP	P	Bco. de Tenoya	450888	3109650	130	136,84	126,53
0856 TP	P	La Veguetilla	448082	3098950	780	212,49	211,86

Tabla A.2.1.- (Continuación 2) Inventario de puntos de agua (Consejo Insular de Aguas de G.C., 1997)

EXPEDIENTE	OBRA	TOPÓNIMO	X	Y	Z	Profundidad (m)	Profundidad agua (m)
0860 TP	P	La Hoyita	447542	3100025	670	97,07	76,9
0887 TP	P	Gran Parada	449716	3100080	622	171,53	170,03
0895 TP	P	El Gamonal	450571	3099610	675	168,71	165,67
0909 TP	P	Bco. Lavadero	445162	3100085	948	104,9	99,01
0917 TP	P	San Isidro	445032	3100695	888	223,07	217,77
0922 TP	P	Los Giles	448557	3099610	555	156,62	151,56
0924 TP	P	Utiaca	445802	3099435	745	48,5	37,67
0954 TP	P	La Montañeta	448711	3100465	570	160,05	148,24
0955 TP	P	Pino Santo	449106	3101270	550	96,23	92,14
0967 TP	P	El Madroñal	448820	3099500	696	244,99	244,99
0981 TP	P	Portada Verde	450281	3099940	562	86,81	83,31
0983 TP	P	El Gamonal	449681	3099185	664	177,47	173,25
0985 TP	P	El Gamonal	450161	3099290	602	150,36	148,38
0986 TP	P	Hoya Bravo	449971	3101125	470	231,74	230,29
0988 TP	P	Hoya Chiquita	448532	3100405	605	144,93	135,62
0990 TP	P	El Cortijo	448706	3101195	606	137,27	135,59
0995 TP	P	Finca La Gallarda	448672	3099430	705	184,73	178,31
1063 TP	P	La Solanilla	446277	3100360	842	70,69	65,37
1067 TP	P	La Calzada	453696	3103820	310	77,67	71,95
1125 TP	P	Lomito Pelado	442553	3100195	1220	169	135,55
1128 TP	P	La Milagrosa	450166	3103015	565	129,11	118,46
1135 TP	P		448341	3105384	355	---	132
1148 TP	P	El Chorrillo	447847	3099080	757	201,54	198,52
1157 TP	P	Cueva Corcho	442263	3099965	1282	95,37	71,72
1204 TP	P	Bco. Guiniguada	451476	3102325	390	136,73	97,94
1222 TP	P	Bco. Guiniguada	458255	3108410	26	25,21	24,52
1223 TP	P	Pambaso	458390	3108230	20	21,69	20,47
1234 TP	P	El Riñlo	443292	3099380	1271	160,9	158,7
1263BTP	P	Bco. Risco Gordo	443352	3100135	1117	167,67	162,45
1286 TP	P	Siete Puertas	452436	3103560	380	---	113,49
1320 TP	P	El Maizez	454734	3105226	225	70,65	50,67
1353 TP	P	Bco. Merdejo	448626	3100970	600	126,77	92,23
1370 TP	P	La Bodeguilla	449061	3098566	765	168,01	166,71
1377 TP	P	El Secuestro	445752	3104649	660	102,75	101,17
1403 TP	P	Lomo Lucas	447912	3099750	625	333,7	333,7
1404 TP	P	Bco. La Mina	448142	3100030	590	94,63	64,55
1425 TP	P	La Majadilla	444858	3101310	923	176,35	170
1454 TP	P	San Mateo	447742	3098785	792	274,14	242,03
1490 TP	P	Lomo Caballo	447747	3098960	790	224,46	204,38
1522 TP	P	Pinar de Ojeda	449241	3102595	625	---	209,28
1664 TP	P	Bco. La Mina	447702	3099800	606	285,8	285,72
1879 TP	P	Cuevecillas	443442	3099970	1176	213,76	200,44
1934 TP	P	Finca Los Mocanes	447502	3103895	500	230,51	221,79
1938 TP	P	Pino Santo Bajo	449251	3102035	600	107,58	100
1940 TP	P	Portales	447347	3107479	495	95,28	87,46
2046 TP	P	El Cortijo	453040	3105385	234	51,21	44,01
2182 TP	P	La Milagrosa	450370	3103482	510	207,5	203,7

Tabla A.2.1.- (Continuación 3) Inventario de puntos de agua (Consejo Insular de Aguas de G.C., 1997)

EXPEDIENTE	OBRA	TOPÓNIMO	X	Y	Z	Profundidad (m)	Profundidad agua (m)
2339 TP	P	El Quebradero	446302	3102670	678	104	102,62
2675 TP	P	Bco. Merdejo	448435	3100805	620	148,9	141,2
2730 TP	P	Finco Los Palos	448272	3099545	714	147,38	146,02
2872 TP	P	Bco. Merdejo	449371	3101380	520	241,35	230,12
2877 TP	P	Bco. Acequia	448567	3098681	728	126,84	126,31
2900 TP	P	Bco. Lezcano	447662	3105519	390	118,29	115,94
3017 TP	P	Bco. Merdejo	447612	3100475	692	56,96	36,39
3064 TP	P	Finca la Cuesta	445392	3104339	695	141,82	137,75
3084 TP	P	Madrelagua	444327	3101580	1007	212,11	196,75
3138 TP	P	La Majadilla	444882	3101490	920	153	---
3144 TP	P	Bco. Merdejo	446502	3100340	797	152	146,35
3317 TP	P	Sagrado Corazón	445757	3101935	765	196,02	194,17
3398 TP	P	Hoya La Palma	444862	3103170	765	201	---
3404 TP	P	Bqullo. Ojero	445317	3101900	820	63,1	61,08
3931 TP	P	Hoya Alta	445160	3102980	897	245	---
3987 TP	P	Bco. del Charquillo	443174	3100755	1080	166,65	120,72
4255 TP	P	Bco. Antona	445432	3099090	780	69,33	33,58
4479 TP	P	Lomo Chico	452716	3100860	528	7,49	3,63
4770 TP	P	Hoya Bravo	449546	3100760	525	266,22	264,34
5033 TP	P	Bco. Tenoya	451574	3110876	70	68,51	53,4
5363 TP	P	Monte Constantino	441203	3099330	1598	237,3	220,8
5386 TP	P	Cuesta de La Arena	443452	3100800	1067	184,85	154,2
5474 TP	P	Las Toscas	445412	3101317	830	128,34	116,27
5500 TP	P	Caldereta	442688	3100920	1230	264,58	260,83
5573 TP	P	El Charquillo	443060	3100935	1110	161,3	128,7
5731 TP	P	Bqullo. de los Gatos	452498	3109464	180	173,39	172,23
5925 TP	S	Bco. Lezcano	450101	3107474	233	210	190
5935 TP	S	Los Tarajales	455730	3107480	202	246	187
5970 TP	S	El Chorro de Megías	451320	3108950	218	200	193
6005 TP	S	Fuente Morales	455270	3106520	148	176	145
6006 TP	S	Piletas	452230	3107398	277	355	147
6007 TP	S	Llano de Las Brujas	457730	3106940	102	140	97,76
6084 TP	S	Guayera	455645	3111440	14	40	---
0170ACP	N	Perera	456060	3106740	125	---	---
1263ATP	G	Bco. Risco Gordo	443530	3100580	1052	---	---

## A.2.2 Nuevas fichas campaña abril 2006

TIPO DE OBRA: Manantial Identificación:	NOMBRE: Fuente Agria	EXPEDIENTE: 0007 NA	FECHA: 10/04/2006
<b>SITUACIÓN Y COORDENADAS</b>			
Topónimo: Fuente Agria Hoja 1:25000: 1104-I Hoja 1:5000 antigua: Hoja 1:5.000 nueva:	Fotografía: No Observaciones:		
COORDENADAS U.T.M. {	X: 446.792 Y: 3.103.850 Z: 512		
Profundidad:	Autor: Pilar, Gema, Jacobo, Octavio		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (No) Diámetro libre:      m      Equipo de acceso: (Si/No) Revestido: (Si)      Longitud de revestimiento      m	Propietario: Dirección: Teléfono:		
MOTOR      Tipo      Potencia C.V.      Caudal (l/s) BOMBA	Presidente: Dirección: Teléfono: Contacto1:		
Calor: (No)      Gases: (Si) Extractor: (Si/No)      Electrificado: (No) Otras Obras: (Si/No)      Tipos de obras: Vierte a:      Sist. de aforo: Geología del pozo:	Contacto2:		
Observaciones:			
<b>DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO</b>			
Fecha: 10/04/2006      Localización de la muestra: Fuente Temperatura del aire (°C): 20      Temperatura del agua (°C): 20,4 Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 523      pH: 5,27 TA (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0      TAC (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ):	Muestra: (Si) Número de muestras: 3 Tipo de muestras: Q, D- <sup>18</sup> O, T		
<b>DATOS DE EXPLOTACIÓN</b>			
USO en % de      Riego:      Abasto:      Otros usos: CONSUMO en % de      Uso propio:      Venta:	Horas diarias de bombeo      de      l/s cada hora. Días al mes de bombeo      , meses al año		
Observaciones: Fuente natural, los habitantes del municipio tienen derecho a una cuota de agua. El resto es para embotellar.			
<b>PIEZOMETRÍA</b>			
Fecha:      Funcionamiento (Parado, Bombeando, Bomb. Continuo, Bomb. Automático)			
Profundidad del pozo:      m      Tiempo bombeando:      (horas, días, meses, años)			
Profundidad del agua:      m      Tiempo parado:      (horas, días, meses, años)			
Altura del brocal:      m			
Observaciones:			

TIPO DE OBRA: Sondeo Identificación:	NOMBRE: Bco. Jacomar	EXPEDIENTE: 0438CP	FECHA: 11/04/2006
<b>SITUACIÓN Y COORDENADAS</b>			
Topónimo: Barranco Jacomar Hoja 1:25000: 1098-IV Hoja 1:5000 antigua: Hoja 1:5.000 nueva:	Fotografía: Si Observaciones:  El sondeo tiene 20 años		
COORDENADAS U.T.M. {	X: 452.105 Y: 3.108.537 Z: 199		
Profundidad: 240m	Autor: M <sup>a</sup> Carmen, Gema, Jacobo y Octavio		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (Si/No) Diámetro libre: 0,4    m      Equipo de acceso: (No) Revestido: (Si/No)    Longitud de revestimiento      m	Propietario: Dirección: Teléfono:		
MOTOR BOMBA	Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)
		90	15
Calor: (No)      Gases: (No) Extractor: (No)      Electrificado: (Si) Otras Obras: (No)      Tipos de obras: Vierte a:      Sist. de aforo: Geología del pozo:	Presidente: Dirección: Teléfono: Contacto1:  Contacto2:		
Observaciones: Tiene piezómetro pero está obstruido. La bomba está a 40m del fondo. Pozo entubado con acero inoxidable.			
<b>DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO</b>			
Fecha: 11/04/2006	Localización de la muestra: grifo salida del pozo		Bombeando
Temperatura del aire (°C): 25	Temperatura del agua (°C): 23,8		
Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 3320	pH: 6,22		
TA (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0	TAC (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 9,5		
Observaciones:  pHmetro no calibrado	Muestra: (Si) Número de muestras: 3 Tipo de muestras: Q, D- <sup>18</sup> O, T		
<b>DATOS DE EXPLOTACIÓN</b>			
USO en % de	Riego: Principalmente	Abasto: A veces	Otros usos:
CONSUMO en % de	Uso propio: Si	Venta: si	
Horas diarias de bombeo	6-8 de	15 l/s cada hora.	Días al mes de bombeo 30 , meses al año 12
Observaciones: El 20% aproximadamente es para la finca, el resto para la venta a otras fincas o cubas.			
<b>PIEZOMETRÍA</b>			
Fecha: 11/04/2006	Funcionamiento (Parado, Bombeando, Bomb. Continuo, Bomb. Automático)		
Profundidad del pozo: 240	m	Tiempo bombeando: 3:20	(horas)
Profundidad del agua: 60	m	Tiempo parado: ----	(horas, días, meses, años)
Altura del brocal:	m		
Observaciones: No podemos medir el nivel porque según Agustín la sonda tropieza en algún punto (no se comprobó).			

TIPO DE OBRA: Pozo Identificación:	NOMBRE: Hoya Bravo I	EXPEDIENTE: 0439 TP	FECHA: 12/04/2006												
<b>SITUACIÓN Y COORDENADAS</b>															
Topónimo: Hoya Bravo Hoja 1:25000: 1104-I Hoja 1:5000 antigua: Hoja 1:5.000 nueva:		Fotografía: Si Observaciones: Pozo en finca privada. Según persona al cargo existen otros 2 pozos más.													
COORDENADAS U.T.M.		{ X: 449.341 Y: 3.100.620 Z: 525													
Profundidad: 238 m		Autor: Gema y Octavio													
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>													
Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (No) Diámetro libre: 3      m      Equipo de acceso: (Si) Revestido: (Si)      Longitud de revestimiento      TODO      m		Propietario: Dirección: Teléfono:													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;">Tipo</th> <th style="width: 20%;">Potencia C.V.</th> <th style="width: 50%;">Caudal (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MOTOR</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>BOMBA</td> <td>Sumergida</td> <td>50</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>			Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)	MOTOR				BOMBA	Sumergida	50	7	Presidente: Dirección: Teléfono: Contacto1:	
	Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)												
MOTOR															
BOMBA	Sumergida	50	7												
Calor: (No)      Gases: (No) Extractor: (No)      Electrificado: (Si) Otras Obras: (Si)      Tipos de obras: estanque Vierte a: estanque      Sist. de aforo: Geología del pozo:		Contacto2:													
Observaciones: El pozo bombea al estanque y de ahí se utiliza para riego.															
<b>DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO</b>															
Fecha: 12/04/2006      Localización de la muestra: próxima al pozo      Bombeando la muestra															
Temperatura del aire (°C): 16      Temperatura del agua (°C): 19															
Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 677      pH: 6,8															
TA (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0      TAC (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 3,1															
Observaciones: pHmetro no calibrado		Muestra: (Si) Número de muestras: 3 Tipo de muestras: Q, D- <sup>18</sup> O, T													
<b>DATOS DE EXPLOTACIÓN</b>															
USO en % de      Riego: 100%      Abasto: ----      Otros usos: ----															
CONSUMO en % de      Uso propio: 100%      Venta: ----															
Horas diarias de bombeo      4-5      de      7      l/s cada hora. Días al mes de bombeo      ---      , meses al año      ----															
Observaciones: Sólo se bombea cuando hace falta agua para regar. El riego es por goteo.															
<b>PIEZOMETRÍA</b>															
Fecha: 12/04/2006      Funcionamiento (Parado)															
Profundidad del pozo: 238      m		Tiempo bombeando: 20      (días)													
Profundidad del agua: 207,6      m		Tiempo parado: 1,5      (meses)													
Altura del brocal: ----      m															
Observaciones:															

TIPO DE OBRA: Pozo      NOMBRE: Capellanía del Morón      EXPEDIENTE: 0696TP      FECHA: 25/04/2006  
 Identificación:

### SITUACIÓN Y COORDENADAS

Topónimo: El Dragonal  
 Hoja 1:25000: 1104-II  
 Hoja 1:5000 antigua:  
 Hoja 1:5.000 nueva:

Fotografía:  
 Observaciones:  
 Pozo en finca privada. Suministra agua para consumo casero y abastece a las fincas de Scardori y Navarro.

COORDENADAS { X: 454.120  
 U.T.M.      Y: 3.104.160  
                   Z: 283

Profundidad: 82,91m

Autor: Jacobo

### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (Si)  
 Diámetro libre: 3      m      Equipo de acceso: (No)  
 Revestido: (Si)      Longitud de revestimiento      m

	Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)
MOTOR		15 (11kW)	7,5
BOMBA			

Calor: (No)      Gases: (No)  
 Extractor: (No)      Electrificado: (Si)  
 Otras Obras: (Si)      Tipos de obras: ver observaciones  
 Vierte a: 2 estanques      Sist. de aforo:  
 Geología del pozo:

Observaciones:  
 3 galerías, 2 estanques

### DATOS DE LA PROPIEDAD

Propietario:  
 Dirección:  
 Teléfono:

Presidente:  
 Dirección:  
 Teléfono:  
 Contacto1:

Contacto2:

### DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO

Fecha: 25/04/2006      Localización de la muestra: estanque      Parado  
 Temperatura del aire (°C): 25      Temperatura del agua (°C): 22,1  
 Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 1.835      pH: 7,55  
 TA (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0      TAC (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 2,9

Observaciones:

Muestra: (Si)  
 Número de muestras: 3  
 Tipo de muestras: Q, D-<sup>18</sup>O, T

### DATOS DE EXPLOTACIÓN

USO en % de      Riego: 100\*      Abasto:      Otros usos:  
 CONSUMO en % de      Uso propio: 100      Venta:  
 Horas diarias de bombeo 3 – 4 de 7,5 l/s cada hora. Días al mes de bombeo , meses al año

Observaciones:

\* alternativamente bombea una semana para Scardori y una semana para Navarro  
 Se llenan los estanques según la necesidad de riego  
 Doña Charo y Don Paco no están muy al tanto en cuanto a caudales bombeados

### PIEZOMETRÍA

Fecha: 25/04/2006      Funcionamiento (Parado)

Profundidad del pozo:	82,9      m	Tiempo bombeando:	(horas, días, meses, años)
Profundidad del agua:	56,9      m	Tiempo parado:	20 (horas)
Altura del brocal:	suelo      m		

Observaciones:

TIPO DE OBRA: Pozo Identificación:	NOMBRE: Bco. Tenoya	EXPEDIENTE: 849TP	FECHA: 10/04/2006
<b>SITUACIÓN Y COORDENADAS</b>			
Topónimo: Pozo Bco. Tenoya Hoja 1:25000: 1098-IV Hoja 1:5000 antigua: Hoja 1:5.000 nueva:	Fotografía: Si Observaciones:  Perito del pozo Juan del Toro, c/ Juan Rejón		
COORDENADAS U.T.M. {	X: 450.888 Y: 3.109.650 Z: 134		
Profundidad: 136,84m	Autor: Pilar, Gema, Jacobo, Octavio		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (No) Diámetro libre: 3      m      Equipo de acceso: (Si/No) Revestido: (Si/No)      Longitud de revestimiento      m	Propietario: Dirección: Teléfono:		
MOTOR      Tipo      Potencia C.V.      Caudal (l/s) BOMBA                     9-9,5	Presidente: Dirección: Teléfono: Contacto1:		
Calor: (No)      Gases: (No) Extractor: (Si/No)      Electrificado: (Si) Otras Obras: (Si/No)      Tipos de obras: Vierte a:      Sist. de aforo: Geología del pozo:	Contacto2:		
Observaciones:			
<b>DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO</b>			
Fecha: 10/04/2006      Localización de la muestra: grifo salida del pozo      Bombeando la muestra Temperatura del aire (°C): 21      Temperatura del agua (°C): 24,3 Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 4170      pH: 5,97 TA (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0      TAC (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 14 Observaciones:	Muestra: (Si) Número de muestras: 3 Tipo de muestras: Q, D- <sup>18</sup> O, T		
<b>DATOS DE EXPLOTACIÓN</b>			
USO en % de      Riego: 100%      Abasto: ----      Otros usos: CONSUMO en % de      Uso propio: Horas diarias de bombeo      de      l/s cada hora. Días al mes de bombeo      , meses al año Observaciones:	Lleva meses sin bombear debido a que terminó el cultivo del tomate. Se espera que para Mayo o Junio se vuelva a poner en marcha.		
<b>PIEZOMETRÍA</b>			
Fecha:      Funcionamiento (Parado, Bombeando, Bomb. Continuo, Bomb. Automático)			
Profundidad del pozo: 137      m      Tiempo bombeando:      (horas, días, meses, años)			
Profundidad del agua: 127,27      m      Tiempo parado:      (horas, días, meses, años)			
Altura del brocal:      m			
Observaciones:			

TIPO DE OBRA: Pozo      NOMBRE: Suerte del Castaño      EXPEDIENTE: 1159TP      FECHA: 26/04/2006  
 Identificación:

### SITUACIÓN Y COORDENADAS

Topónimo: La Lechuza  
 Hoja 1:25000: 1104-II  
 Hoja 1:5000 antigua:  
 Hoja 1:5.000 nueva:

Fotografía:  
 Observaciones:

COORDENADAS { X: 445.760  
 U.T.M.      Y: 3.097.691  
                   Z: 1.016

Profundidad: 210,3m

Autor: Jacobo

### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (No)  
 Diámetro libre: 3      m      Equipo de acceso: (No)  
 Revestido: (Si)      Longitud de revestimiento 80      m

### DATOS DE LA PROPIEDAD

Propietario:  
 Dirección:  
 Teléfono:

	Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)
MOTOR			8,4 (boca)
BOMBA			

Presidente:  
 Dirección:  
 Teléfono:  
 Contacto1:

Calor: (No)      Gases: (No)  
 Extractor: (No)      Electrificado: (Si)  
 Otras Obras: (Si/No)      Tipos de obras:  
 Vierte a:      Sist. de aforo:  
 Geología del pozo:

Contacto2:

Observaciones:

### DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO

Fecha: 26/04/2006      Localización de la muestra: manguera      Bombeando  
 Temperatura del aire (°C): 21      Temperatura del agua (°C): 17,6  
 Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 758      pH: 7  
 TA (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0      TAC (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 2,4

Observaciones:

La conductividad aumentó en 150  $\mu\text{S}$  desde 1997 (¿más agua "fósil"?)

Muestra: (Si)

Número de muestras: 3

Tipo de muestras: Q, D-<sup>18</sup>O, T

### DATOS DE EXPLOTACIÓN

USO en % de      Riego: 100      Abasto:      Otros usos:  
 CONSUMO en % de      Uso propio: 100      Venta:  
 Horas diarias de bombeo 3 de 8,4 l/s cada hora. Días al mes de bombeo 30, meses al año 12

Observaciones:

El agua es llevada a la finca mediante una tubería de aprox. 4 km de longitud.

### PIEZOMETRÍA

Fecha: 26/04/2006      Funcionamiento (Bombeando)

Profundidad del pozo: (210,37) m      Tiempo bombeando: 20 (minutos)  
 Profundidad del agua: 180,4 m      Tiempo parado: 3 (horas antes)

Altura del brocal: suelo m

Observaciones:

Don Alexis (el encargado) cree que el pozo tiene una profundidad de 268 m.

TIPO DE OBRA: Pozo      NOMBRE: Risco Gordo      EXPEDIENTE: 1263BTP      FECHA: 11/04/2006  
 Identificación:

### SITUACIÓN Y COORDENADAS

Topónimo: Pozo Risco Gordo  
 Hoja 1:25000: 1104-I  
 Hoja 1:5000 antigua:  
 Hoja 1:5.000 nueva:

Fotografía: Si  
 Observaciones:

Se encuentra en el barranco Risco Gordo o Madrelagua

COORDENADAS { X: 443.352  
 Y: 3.100.135  
 U.T.M.      Z: 1.119

Profundidad: 167,67

Autor: M<sup>a</sup> Carmen, gema, Jacobo, Octavio

### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (No)  
 Diámetro libre: 3      m      Equipo de acceso: (Si)  
 Revestido: (Si)      Longitud de revestimiento      TODO      m

### DATOS DE LA PROPIEDAD

Propietario:  
 Dirección:  
 Teléfono:

	Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)
MOTOR			
BOMBA			2

Presidente:  
 Dirección:  
 Teléfono:  
 Contacto1:

Calor: (No)      Gases: (No)  
 Extractor: (Si)      Electrificado: (Si)  
 Otras Obras: (Si/No)      Tipos de obras:  
 Vierte a: galería      Sist. de aforo:

Contacto2:

Geología del pozo:

Galería de desagüe de unos 600m de longitud previa a la construcción del pozo a 110m.

Observaciones:

El sondeo tiene 300mm de diámetro y una profundidad de 160m. Hace 3 años que está. Existe además otra galería natural canalizada de unos 400m de longitud (expediente 1263TP)

### DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO

Fecha: 11/04/2006      Localización de la muestra: galería desagüe      Parado  
 Temperatura del aire (°C): 16      Temperatura del agua (°C): 14,8  
 Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 356      pH: 7,12  
 TA (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0      TAC (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 1

Observaciones:

Muestra: (Si)

Número de muestras: 4

Tipo de muestras: 2Q, D-<sup>18</sup>O, T

pHmetro no calibrado

### DATOS DE EXPLOTACIÓN

USO en % de      Riego: 100%      Abasto: ----      Otros usos:  
 CONSUMO en % de      Uso propio: 100%      Venta:  
 Horas diarias de bombeo      24 de 2      l/s cada hora. Días al mes de bombeo      30 , meses al año      12

Observaciones:

Uso exclusivo para la Comunidad. Con lluvia normal funciona todo el año fija. El año pasado estuvo funcionando fija, y se espera que en Mayo vuelva a estar en funcionamiento fijo. La Comunidad tiene la explotación de toda el agua hasta Aríñez. Tienen nacientes estacionales. Venden agua a Fleitas.

### PIEZOMETRÍA

Fecha: 11/04/2006      Funcionamiento (Parado)

Profundidad del pozo: 167,67      m

Tiempo bombeando: ---      (horas, días, meses, años)

Profundidad del agua: 110,85      m

Tiempo parado: 3,5      (meses)

Altura del brocal: ---      m

Observaciones:

Lleva parado desde Diciembre.

TIPO DE OBRA: Galería      NOMBRE: Risco Gordo      EXPEDIENTE: 1263TP      FECHA: 11/04/2006  
 Identificación:

### SITUACIÓN Y COORDENADAS

Topónimo: Galería Risco Gordo      Fotografía: Si  
 Hoja 1:25000: 1104-I      Observaciones:  
 Hoja 1:5000 antigua:  
 Hoja 1:5.000 nueva:      Se encuentra en el barranco Risco Gordo o Madrelagua

COORDENADAS { X: 443.548  
 Y: 3.100.600  
 U.T.M.      Z: 1.054

Profundidad:      Autor: M<sup>a</sup> Carmen, gema, Jacobo, Octavio

### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (No)  
 Diámetro libre: --- m      Equipo de acceso: ---  
 Revestido: (No)      Longitud de revestimiento      m

### DATOS DE LA PROPIEDAD

Propietario:  
 Dirección:  
 Teléfono:

	Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)
MOTOR			
BOMBA			

Presidente:  
 Dirección:  
 Teléfono:  
 Contacto1:

Calor: (No)      Gases: (No)  
 Extractor: (Si)      Electrificado: (No)  
 Otras Obras: (Si/No)      Tipos de obras:  
 Vierte a:      Sist. de aforo:

Contacto2:

Geología de la galería:  
 Emboquillada en el ciclo Roque Nublo  
 Observaciones:  
 Galería natural canalizada de unos 400m de longitud.

### DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO

Fecha: 11/04/2006      Localización de la muestra: galería natural  
 Temperatura del aire (°C): 18      Temperatura del agua (°C): 12,9  
 Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 442      pH: 7,07  
 TA (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0      TAC (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 1

Observaciones:      Muestra: (Si)  
 Número de muestras: 3  
 Tipo de muestras: Q, D-<sup>18</sup>O, T

pHmetro no calibrado

### DATOS DE EXPLOTACIÓN

USO en % de      Riego: ----      Abasto: ----      Otros usos:  
 CONSUMO en % de      Uso propio: ----      Venta:  
 Horas diarias de bombeo      de      l/s cada hora. Días al mes de bombeo      , meses al año

Observaciones:  
 Uso exclusivo para la Comunidad. La Comunidad tiene la explotación de toda el agua hasta Aríñez. Tienen nacientes estacionales. Venden agua a Fleitas

### PIEZOMETRÍA

Fecha:      Funcionamiento

Profundidad del pozo:	m	Tiempo bombeando:	(horas, días, meses, años)
Profundidad del agua:	m	Tiempo parado:	(meses)
Altura del brocal:	m		

Observaciones:

TIPO DE OBRA: Pozo Identificación:	NOMBRE: El Laderón	EXPEDIENTE: 1425TP	FECHA: 10/04/2006
<b>SITUACIÓN Y COORDENADAS</b>			
Topónimo: Pozo El Laderón Hoja 1:25000: 1104-I Hoja 1:5000 antigua: Hoja 1:5.000 nueva:	Fotografía: Sí Observaciones:		
COORDENADAS U.T.M. {	X: 444.858 Y: 3.101.310 Z: 928		
Profundidad:	Autor: Pilar, Gema, Jacobo, Octavio		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (No) Diámetro libre: 3      m      Equipo de acceso: (Si/No) Revestido: (Si/No)      Longitud de revestimiento      m	Propietario: Dirección: Teléfono:		
MOTOR BOMBA	Tipo 2 sumergidas	Potencia C.V. 3,47	Caudal (l/s) 3,47
Calor: (Si/No)      Gases: (Si/No) Extractor: (Si/No)      Electrificado: (Si) Otras Obras: (Si)      Tipos de obras: sondeo 290m Vierte a:      Sist. de aforo: Geología del pozo:	Presidente: Dirección: Teléfono: Contacto1:  Contacto2:		
Observaciones:			
<b>DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO</b>			
Fecha: 10/04/2006	Localización de la muestra: salida bomba	Bombeando la muestra	
Temperatura del aire (°C): 20	Temperatura del agua (°C): 20,2		
Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 280	pH: 7,6		
TA (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0	TAC (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 1,6		
Observaciones:	Muestra: (Si) Número de muestras: 4 Tipo de muestras: 2Q, D- <sup>18</sup> O, T		
<b>DATOS DE EXPLOTACIÓN</b>			
USO en % de      Riego: ----      Abasto: 100%      Otros usos:			
CONSUMO en % de      Uso propio: ----      Venta: 100%			
Horas diarias de bombeo      de      l/s cada hora. Días al mes de bombeo      , meses al año			
Observaciones: En automático, no se sabe cuándo para ni cuando bombea. A la llegada estaba parada.			
<b>PIEZOMETRÍA</b>			
Fecha:	Funcionamiento (Parado, Bombeando, Bomb. Continuo, Bomb. Automático)		
Profundidad del pozo: 290      m	Tiempo bombeando:      (horas, días, meses, años)		
Profundidad del agua:      m	Tiempo parado:      (horas, días, meses, años)		
Altura del brocal:      m			
Observaciones: La sonda de 250m no alcanzó el nivel en el sondeo			

TIPO DE OBRA: Pozo Identificación:	NOMBRE: La Higuera	EXPEDIENTE: 2182TP	FECHA: 25/04/2006
<b>SITUACIÓN Y COORDENADAS</b>			
Topónimo: La Milagrosa Hoja 1:25000: 1104-II Hoja 1:5000 antigua: Hoja 1:5.000 nueva:	Fotografía: Observaciones:		
COORDENADAS U.T.M. { X: 450.370 Y: 3.103.482 Z: 515	Profundidad: 207,5m		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (Si) Diámetro libre: 3      m      Equipo de acceso: (Si) Revestido: (Si)      Longitud de revestimiento      m	Propietario: Dirección: Teléfono:		
MOTOR      Tipo      Potencia C.V.      Caudal (l/s) BOMBA      Sumergido      60      8	Presidente: Dirección: Teléfono: Contacto1:		
Calor: (Si)      Gases: (Si poco) Extractor: (Si)      Electrificado: (Si) Otras Obras: (Si/No)      Tipos de obras: Vierte a: estanque      Sist. de aforo: Geología del pozo:	Contacto2:		
Observaciones: Depósito regulador			
<b>DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO</b>			
Fecha: 25/04/2006      Localización de la muestra: manguera      Bombeando	Temperatura del aire (°C): 19      Temperatura del agua (°C): 21		
Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 968      pH: 6,56	TA (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0      TAC (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 6,6		
Observaciones: Las muestras fueron tomadas después de 20 min de bombeo. Contienen mucho óxido de Fe (del sistema de extracción, ¡pozo 5 meses parado!). No se pudo bombear más tiempo.	Muestra: (Si) Número de muestras: 3 Tipo de muestras: Q, D- <sup>18</sup> O, T		
<b>DATOS DE EXPLOTACIÓN</b>			
USO en % de      Riego: 50      Abasto: 50      Otros usos:	CONSUMO en % de      Uso propio: 100      Venta:		
Horas diarias de bombeo      de      l/s cada hora. Días al mes de bombeo      , meses al año	Observaciones: Parado desde hace 4 ó 5 meses. Don Benedicto no recuerda muchos datos del pozo ni de su rendimiento.		
<b>PIEZOMETRÍA</b>			
Fecha: 25/04/2006      Funcionamiento (Parado)	Profundidad del pozo: 207,5      m      Tiempo bombeando:      (horas, días, meses, años)		
Profundidad del agua: 196,13      m      Tiempo parado:      (horas, días, meses, años)	Altura del brocal:      suelo      m		
Observaciones: La columna de agua estaba a 10.14 m sobre la toma de la bomba. Después de 20 min de bombeo bajó a 9.30 m (indicador automático en el panel de control)			

TIPO DE OBRA: Pozo	NOMBRE: Los Bancos	EXPEDIENTE: 2339TP	FECHA: 10/04/2006
Identificación:			
<b>SITUACIÓN Y COORDENADAS</b>			
Topónimo: Pozo Quebraderos		Fotografía: No	
Hoja 1:25000: 1104-I		Observaciones:	
Hoja 1:5000 antigua:		No coincide el nombre dado con el expediente que dice Pozo Quebraderos. Según el ingeniero del Ayto. Teror por la ubicación es el mismo.	
Hoja 1:5.000 nueva:			
COORDENADAS U.T.M.	{ X: 446.302 Y: 3.102.670 Z: 628		
Profundidad: 104m		Autor: Pilar, Gema, Jacobo, Octavio	
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Abandonado: (No)	Activo: (Si)	Sellado: (Si)	Propietario:
Diámetro libre: 3	m	Equipo de acceso: (Si/No)	Dirección:
Revestido: (Si/No)	Longitud de revestimiento	m	Teléfono:
	Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)
MOTOR			
BOMBA	2 Sumergidas	15 y 17,5	5
Calor: (Si/No)	Gases: (Si/No)	Presidente:	
Extractor: (Si/No)	Electrificado: (Si/No)		
Otras Obras: (Si/No)	Tipos de obras:	Dirección:	
Vierte a:	Sist. de aforo:		
Geología del pozo:		Contacto1:	
Observaciones:			
Pozo canalizado hasta la fábrica con una tubería de acero inoxidable (2,5 in) tipo schedull para alta presión, con una longitud de aproximadamente 1800m			
<b>DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO</b>			
Fecha: 10/04/2006	Localización de la muestra: llegada a la fábrica	Bombeando	
Temperatura del aire (°C): 21	Temperatura del agua (°C): 19,8		
Conductividad (µS.cm <sup>-1</sup> ): 445	pH: 6,89		
TA (mmoles/l CO <sub>3</sub> Ca): 0	TAC (mmoles/l CO <sub>3</sub> Ca): 1,6		
Observaciones:		Muestra: (Si)	
		Número de muestras: 3	
		Tipo de muestras: Q, D- <sup>18</sup> O, T	
<b>DATOS DE EXPLOTACIÓN</b>			
USO en % de	Riego: ----	Abasto: ----	Otros usos: Lavado botellas
CONSUMO en % de	Uso propio: 100%	Venta: ----	
Horas diarias de bombeo	de	l/s cada hora. Días al mes de bombeo	, meses al año
Observaciones:			
2 boyas a distintos niveles, cuando llega a la boya inferior la bomba para y está unos 45 minutos recuperando hasta que alcanza la boya superior y salta la otra bomba.			
<b>PIEZOMETRÍA</b>			
Fecha:	Funcionamiento (Parado, Bombeando, Bomb. Continuo, Bomb. Automático)		
Profundidad del pozo: 104	m	Tiempo bombeando:	(horas, días, meses, años)
Profundidad del agua: 102,62	m	Tiempo parado:	(horas, días, meses, años)
Altura del brocal:	m		
Observaciones:			
No se pueden medir ya que está sellado herméticamente a cierta profundidad y está canalizado hasta la fábrica. Los datos son del inventario de 1997.			

TIPO DE OBRA: Pozo                      NOMBRE: El Prado                      EXPEDIENTE: 5749 TP                      FECHA: 11/04/2006  
 Identificación: Pozo 5

### SITUACIÓN Y COORDENADAS

Topónimo: Pozo El Prado  
 Hoja 1:25000: 1104-I  
 Hoja 1:5000 antigua:  
 Hoja 1:5.000 nueva:

Fotografía: Si  
 Observaciones:

COORDENADAS { X: 442800  
 U.T.M.            Y: 3102680  
                      Z: 1080

Profundidad: 296,76 m

Autor: M<sup>a</sup> Carmen, Gema, Jacobo y Octavio

### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Abandonado: (No)                      Activo: (Si)                      Sellado: (No)  
 Diámetro libre: 3                      m                      Equipo de acceso: (Si)  
 Revestido: (Si)                      Longitud de revestimiento en parte m

### DATOS DE LA PROPIEDAD

Propietario:  
 Dirección:  
 Teléfono:

	Tipo	Potencia C.V.	Caudal (l/s)
MOTOR			
BOMBA		----	3000-5000

Presidente:  
 Dirección:  
 Teléfono:  
 Contacto1:

Calor: (No)                      Gases: (No)  
 Extractor: (Si)                      Electrificado: (Si)  
 Otras Obras: (Si)                      Tipos de obras: catas varias  
 Vierte a: depósito                      Sist. de aforo: No (contadores usuarios)

Contacto2:

Geología del pozo:

Observaciones:

Se han realizado catas por todos lados, por donde se veía que salía agua.

### DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO

Fecha: 11/04/2006                      Localización de la muestra: salida del pozo                      Bombeando la muestra  
 Temperatura del aire (°C): 15                      Temperatura del agua (°C): 17,7  
 Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 320                      pH: 8  
 TA (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0                      TAC (mmoles/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 1,9

Observaciones:

Muestra: (Si)

Número de muestras: 3

Tipo de muestras: Q, D-<sup>18</sup>O, T

pHmetro no calibrado

### DATOS DE EXPLOTACIÓN

USO en % de                      Riego: ----                      Abasto: 100%                      Otros usos: ----  
 CONSUMO en % de                      Uso propio: ----                      Venta: 100%  
 Horas diarias de bombeo                      de                      l/s cada hora. Días al mes de bombeo                      , meses al año

Observaciones:

Bombeo automático con 2 sensores a 2m (296-294m). Bombea 100m<sup>3</sup>/d pero en invierno (2 o 3 meses) solo bombeo nocturno durante ½ hora.

### PIEZOMETRÍA

Fecha: 11/04/2006                      Funcionamiento (Parado)

Profundidad del pozo: 296,75 m

Tiempo bombeando: (horas, días, meses, años)

Profundidad del agua: 294 m

Tiempo parado: (horas, días, meses, años)

Altura del brocal: m

Observaciones:

La información la proporciona el encargado porque la sonda de 250m no llega.

TIPO DE OBRA: Pozo Identificación: Pozo 7	NOMBRE: Los Naranjos	EXPEDIENTE: 0488 TP	FECHA: 12/04/2006
<b>SITUACIÓN Y COORDENADAS</b>			
Topónimo: Pozo Los Naranjos Hoja 1:25000: 1104-II Hoja 1:5000 antigua: Hoja 1:5.000 nueva:	Fotografía: Si Observaciones: Se encuentra en la carretera GC-320 (Carretera de la Angostura), km 2, a 500m del puente de la Calzada.		
COORDENADAS U.T.M. {	X: 452.606 Y: 3.103.140 Z: 343		
Profundidad: 126,33 m	Autor: Gema, Octavio y Jacobo		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Abandonado: (No)      Activo: (Si)      Sellado: (No) Diámetro libre: 3      m      Equipo de acceso: (Si/No) Revestido: (Si/No)      Longitud de revestimiento      m	Propietario: Dirección: Teléfono:		
MOTOR BOMBA	Tipo Sumergida	Potencia C.V. 50	Caudal (l/s) 2,43
Calor: (No)      Gases: (No) Extractor: (No)      Electrificado: (Si) Otras Obras: (No)      Tipos de obras: Vierte a: depósito      Sist. de aforo: contador en el pozo Geología del pozo:	Presidente: Dirección: Teléfono: Contacto1:  Contacto2:		
Observaciones: El agua extraída se canaliza hasta un depósito situado en la ladera y de ahí se reparte en 7 bocas. Han recibido una subvención de Industria para la electricidad, por lo que deben enviar informes cada 2 meses.			
<b>DETERMINACIONES QUÍMICAS DE CAMPO</b>			
Fecha: 12/04/2006	Localización de la muestra: cantonera 4 bocas a 300m	Bombeando la muestra	
Temperatura del aire (°C): 18	Temperatura del agua (°C): 19,7		
Conductividad ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ): 1739	pH: 6,55		
TA (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 0	TAC (mmoles/l $\text{CO}_3\text{Ca}$ ): 3,7		
Observaciones:  pHmetro no calibrado	Muestra: (Si) Número de muestras: 4 Tipo de muestras: 2Q, D- <sup>18</sup> O, T		
<b>DATOS DE EXPLOTACIÓN</b>			
USO en % de      Riego: 100%      Abasto: ----      Otros usos: --- CONSUMO en % de      Uso propio: 100%      Venta: ----	Horas diarias de bombeo 5 de 2,43 l/s cada hora. Días al mes de bombeo 30, meses al año 12		
Observaciones: El pozo tiene tarifa nocturna de electricidad. Bombea a diario, salvo en épocas de lluvia que no se riega.			
<b>PIEZOMETRÍA</b>			
Fecha: 12/04/2006	Funcionamiento (Parado)		
Profundidad del pozo: 135 m	Tiempo bombeando: ---- (horas, días, meses, años)		
Profundidad del agua: 106,6 m	Tiempo parado: 2 (meses)		
Altura del brocal: m			
Observaciones: Lleva 2 meses parado debido a la lluvia abundante.			

## **ANEJO A-3. PIEZOMETRÍA.**

### A.3.1 Listado de niveles piezométricos

Tabla A.3.1.- Cálculo de niveles piezométricos (Inventario de puntos de agua de 1997)

EXPEDIENTE	X	Y	Prof. agua (m)	Z (m)	H (m)	Estado
0022 SE	457960	3110790	9,77	12	2,23	estático
1223 TP	458390	3108230	20,47	20	-0,47	recuperando
1222 TP	458255	3108410	24,52	26	1,48	automático
0349 TP	458210	3108560	29,77	27	-2,77	bombeando
0015 SE	455000	3110965	34,19	42	7,81	estático
0127 CP	457780	3108350	41,38	42	0,62	bombeando
0354 TP	452130	3111620	39,38	45	5,62	estático
0061 CP	451975	3111360	44,85	50	5,15	estático
0202 CP	451770	3111270	54,77	57	2,23	
0405 TP	457300	3107760	52,9	66	13,1	estático
0158 TP	452790	3111940	67,85	70	2,15	bombeando
5033 TP	451574	3110876	53,4	70	16,6	recuperando
0761 TP	451290	3110810	75,53	71	-4,53	automático
0027 SE	454910	3110186	70,9	76	5,1	recuperando
0196 TP	456990	3107207	59,55	78	18,45	estático
0148 TP	457100	3107389	50,28	80	29,72	estático
0778 TP	451166	3110718	87,16	86	-1,16	bombeando
0369 TP	456728	3107403	65,5	90	24,5	recuperando
0041 A4	456555	3107079	65,15	97	31,85	estático
0211 TP	456960	3106960	63,68	100	36,32	automático
6007 TP	457730	3106940	97,76	102	4,24	automático
0079 TP	452410	3110740	105,6	105	-0,6	bombeando
0282 TP	456280	3107140	15,89	105	89,11	estático
0855 TP	455990	3106950	24,82	125	100,18	estático
0849 TP	450888	3109650	126,53	130	3,47	automático
0079 CP	451191	3109829	22,28	146	123,72	estático 2
6005 TP	455270	3106520	145	148	3	bombeando
0374 TP	450480	3108900	19,94	175	155,06	estático
0793 TP	452498	3109464	94,42	189	94,58	recuperando
0016 TP	454560	3107567	30,77	191	160,23	
5935 TP	453490	3106784	187	202	15	bombeando
0115 TP	455730	3107480	7,73	212	204,27	anómalo
0030 CP	453430	3106080	65,81	216	150,19	recuperando
5970 TP	453103	3105940	193	218	25	recuperando
1320 TP	451320	3108950	50,67	225	174,33	recuperando
0151 CP	454734	3105226	22,04	226	203,96	estático
5925 TP	452850	3105750	190	233	43	
2046 TP	450101	3107474	44,01	234	189,99	recuperando
0097 CP	453040	3105385	53,06	243	189,94	automático
0338 TP	452610	3105260	91,05	270	178,95	recuperando
6006 TP	454990	3104910	147	277	130	recuperando
0696 TP	452230	3107398	76,86	283	206,14	automático
0752 TP	454120	3104160	85,96	289	203,04	automático
0595 TP	453586	3104270	89,79	295	205,21	recuperando
0491 TP	453960	3104020	113,6	300	186,4	recuperando
0334 TP	454100	3103720	69,61	305	235,39	estático
1067 TP	453871	3103640	71,95	310	238,05	estático

EXPEDIENTE	X	Y	Prof. agua (m)	Z (m)	H (m)	Estado
0512 TP	453696	3103820	88,83	328	239,17	recuperando
0492 TP	453316	3103660	55,7	335	279,3	recuperando
0488 TP	452961	3103090	125,74	340	214,26	recuperando
0198 TP	452606	3103140	124,6	350	225,4	automático
0477 TP	452551	3102695	98,49	350	251,51	estático
1135 TP	452856	3102770	132	355	223	estático
0416 TP	448341	3105384	114	362	248	estático
0293 TP	452026	3102580	88,83	370	281,17	estático
1286 TP	451861	3102285	113,49	380	266,51	recuperando
0324 TP	452436	3103560	169,28	383	213,72	recuperando
0380 TP	452326	3102215	100,9	385	284,1	estático
0210 TP	451566	3102090	117,73	390	272,27	
0596 TP	451401	3102055	138,28	390	251,72	estático
1204 TP	452006	3102310	97,94	390	292,06	estático
2900 TP	451476	3102325	115,94	390	274,06	estático
0769 TP	447662	3105519	154,06	396	241,94	recuperando
0264 TP	450855	3104234	119,11	405	285,89	bombeando
0442 TP	452001	3101855	110,58	425	314,42	estático
0224 CP	450691	3101610	107,2	430	322,8	estático
0262 TP	450661	3101295	201,42	430	228,58	recuperando
0285 TP	451756	3101385	126,16	435	308,84	recuperando
0417 TP	451921	3101605	133,61	440	306,39	recuperando
0838 TP	450621	3101420	105,77	445	339,23	
0376 TP	450251	3101365	50,46	460	409,54	estático
0423 TP	452491	3101195	252,28	465	212,72	bombeando
0438 TP	450301	3101195	148,31	465	316,69	recuperando
0986 TP	450691	3100835	230,29	470	239,71	estático
0612ATP	449971	3101125	164,54	475	310,46	estático
0472 TP	450035	3101605	192,79	480	287,21	recuperando
0473 TP	450696	3100565	229,38	480	250,62	bombeando
0372 TP	450781	3100445	139,73	490	350,27	estático
0420 TP	450766	3100250	211	490	279	recuperando
0565 TP	450421	3100670	204,46	490	285,54	estático
0785 TP	449921	3101045	165,56	490	324,44	estático
1940 TP	449831	3101710	87,46	495	407,54	estático
1934 TP	447347	3107479	221,79	500	278,21	automático
0732 TP	447502	3103895	259,56	505	245,44	recuperando
2182 TP	449596	3101060	203,7	510	306,3	bombeando
2872 TP	450370	3103482	230,12	520	289,88	recuperando
0439 TP	449371	3101380	211,84	525	313,16	bombeando
4770 TP	449341	3100620	264,34	525	260,66	automático
4479 TP	449546	3100760	3,63	528	524,37	estático
0664 TP	452716	3100860	199,05	540	340,95	
0195ACP	449206	3100920	12,3	545	532,7	anómalo
0381 TP	448400	3104450	141,71	548	406,29	recuperando
0486 TP	450766	3099880	280,75	550	269,25	automático
0768 TP	447152	3099800	123,5	550	426,5	estático
0955 TP	450291	3100115	92,14	550	457,86	estático
0469 TP	449106	3101270	120,3	555	434,7	automático

EXPEDIENTE	X	Y	Prof. agua (m)	Z (m)	H (m)	Estado
0922 TP	448881	3100645	151,56	555	403,44	estático
0331 TP	448557	3099610	217,19	560	342,81	automático
0401 TP	449816	3100610	7,71	560	552,29	anómalo
0981 TP	451511	3100460	83,31	562	478,69	recuperando
1128 TP	450281	3099940	118,46	565	446,54	estático
0954 TP	450166	3103015	148,24	570	421,76	estático
1404 TP	448711	3100465	64,55	590	525,45	estático
0571 TP	448142	3100030	126,82	592	465,18	estático
1353 TP	450611	3098851	92,23	600	507,77	estático
1938 TP	448626	3100970	100	600	500	estático
0985 TP	449251	3102035	148,38	602	453,62	recuperando
0724 TP	450161	3099290	134,83	604	469,17	recuperando
0988 TP	449961	3099760	135,62	605	469,38	estático
0990 TP	448532	3100405	135,59	606	470,41	recuperando
1664 TP	448706	3101195	285,72	606	320,28	recuperando
0746 TP	447702	3099800	167,76	615	447,24	estático
0300 CP	448701	3101775	134,94	620	485,06	recuperando
2675 TP	448906	3099280	141,2	620	478,8	
0887 TP	448435	3100805	170,03	622	451,97	bombeando
1403 TP	449716	3100080	333,7	625	291,3	
1522 TP	447912	3099750	209,28	625	415,72	
0382 TP	449241	3102595	171,33	630	458,67	
0040 SE	449676	3099350	179,38	655	475,62	
1377 TP	449860	3098775	101,17	660	558,83	bombeando
0983 TP	445752	3104649	173,25	664	490,75	
0753 TP	449681	3099185	31,58	665	633,42	anómalo
0860 TP	448357	3099930	76,9	670	593,1	estático
0895 TP	447542	3100025	165,67	675	509,33	recuperando
2339 TP	450571	3099610	102,62	678	575,38	estático
0843 TP	446302	3102670	94,31	680	585,69	estático
0823 TP	448062	3100600	91,63	685	593,37	estático
3017 TP	447122	3100135	36,39	692	655,61	estático
3064 TP	447612	3100475	137,75	695	557,25	estático
0967 TP	445392	3104339	244,99	696	451,01	recuperando
0995 TP	448820	3099500	178,31	705	526,69	automático
2730 TP	448672	3099430	146,02	714	567,98	recuperando
2877 TP	448272	3099545	126,31	728	601,69	automático
0503 TP	448567	3098681	103,39	730	626,61	automático
0737 TP	446327	3099700	144,18	732	587,82	recuperando
0377 TP	446747	3099560	21,38	745	723,62	
0924 TP	445620	3099285	37,67	745	707,33	estático
1148 TP	445802	3099435	198,52	757	558,48	recuperando
0845 TP	447847	3099080	208,61	765	556,39	recuperando
1370 TP	448167	3098511	166,71	765	598,29	bombeando
3317 TP	449061	3098566	194,17	765	570,83	recuperando
0671 TP	445757	3101935	186,95	770	583,05	recuperando
0856 TP	448057	3098491	211,86	780	568,14	recuperando
4255 TP	448082	3098950	33,58	780	746,42	estático
0426 TP	445432	3099090	87,3	785	697,7	bombeando

EXPEDIENTE	X	Y	Prof. agua (m)	Z (m)	H (m)	Estado
1490 TP	448022	3098286	204,38	790	585,62	recuperando
1454 TP	447747	3098960	242,03	792	549,97	recuperando
3144 TP	447742	3098785	146,35	797	650,65	bombeando
3404 TP	446502	3100340	61,08	820	758,92	estático
5474 TP	445317	3101900	116,27	830	713,73	estático
1063 TP	445412	3101317	65,37	842	776,63	estático
0917 TP	446277	3100360	217,77	888	670,23	recuperando
1425 TP	445032	3100695	170	923	753	recuperando
0909 TP	444858	3101310	99,01	948	848,99	automático
3084 TP	445162	3100085	196,75	1007	810,25	recuperando
5386 TP	444327	3101580	154,2	1067	912,8	recuperando
3987 TP	443452	3100800	120,72	1080	959,28	estático
5573 TP	443174	3100755	128,7	1110	981,3	estático
1263BTP	443060	3100935	162,45	1117	954,55	recuperando
1879 TP	443352	3100135	200,44	1176	975,56	automático
1125 TP	443442	3099970	135,55	1220	1084,45	estático
5500 TP	442553	3100195	260,83	1230	969,17	estático
1234 TP	442688	3100920	158,7	1271	1112,3	recuperando
1157 TP	443292	3099380	71,72	1282	1210,28	estático
5363 TP	442263	3099965	220,8	1598	1377,2	automático

## **ANEJO A-4. HIDROQUÍMICA.**

A.4.1 Listado concentraciones

A.4.2 Gráficos

A.4.3 Tablas

A.4.4 Mapas

Tabla A.4.1.1.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 12-110m.

Fecha	17-nov-97	04-nov-97	04-nov-97	04-nov-97	04-nov-97	04-nov-97	04-nov-97	02-sep-97	04-nov-97	17-nov-97	04-nov-97	
	<b>0022 SE</b>	<b>6084 TP</b>	<b>1223 TP</b>	<b>1222 TP</b>	<b>0349 TP</b>	<b>0127 CP</b>	<b>0015 SE</b>	<b>0202 CP</b>	<b>0405 TP</b>	<b>0158 TP</b>	<b>0013 NA</b>	<b>5033 TP</b>
Coord x	457960	455645	458390	458255	458210	457780	455000	451770	457300	452790	457230	451574
Coord y	3110790	3111440	3108230	3108410	3108560	3108350	3110965	3111270	3107760	3111940	3107740	3110876
CE $\mu\text{S/cm}$	7150	6710	3480	3550	4550	4870	3180	3520	3020	5420	3340	1934
pH	8,42	7,96	8,25	8,18	8,37	8,03	8,11	6,97	8,08	8,19	8	6,28
TAC	51,5	72,1	38,6	39,5	46,9	41,6	29,2	62	42,4	69,6	43,6	
DUR	703,5	1179	1182,5	797	772,5	523,5	1247,5	1157	442	1491,5	542	
TSD												

aniones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8,7	14,42	7,57	7,91	9,06	8,32	5,85	12,4	8,49	13,93	8,73	9,689
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	8,266	7,22	11,105	5,612	8,03	7,474	1,533	5,676	5,408	6,611	6,437	3,104
Cl <sup>-</sup>	50,29	45,35	16,36	21,18	28,59	34,28	12,81	22,17	17,35	34,25	16,5	9,296
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,38	0,7	4,07	1,16	1,222	0,991	3,81	0,627	1,017	0,437	1,333	
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50,67	46,05	20,43	22,34	29,81	35,27	16,62	22,80	18,37	34,69	17,83	9,30
sum aniones	67,64	67,69	39,11	35,86	46,90	51,07	24,00	40,87	32,27	55,23	33,00	22,09
cationes (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	57,90	44,30	16,73	21,10	30,30	39,32	13,21	18,21	22,36	23,77	23,25	9,05
Na <sup>+</sup>	56,74	42,5	15,4	20,1	29,2	39,23	12,56	17,26	22,26	23,04	22,24	8,739
K <sup>+</sup>	1,16	1,8	1,33	1	1,1	0,092	0,645	0,95	0,095	0,73	1,01	0,307
Ca <sup>++</sup>	4,31	9,5	12,35	5,75	5,28	5	1,397	7,85	3,87	10,56	5,17	3,9
Mg <sup>++</sup>	9,76	14,08	11,3	10,19	10,17	5,47	10,98	15,29	4,97	19,27	5,67	9,008
sum cationes	71,97	67,88	40,38	37,04	45,75	49,79	25,58	41,35	31,20	53,60	34,09	21,95

aniones (%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12,86	21,30	19,36	22,06	19,32	16,29	15,48	30,34	26,31	25,22	26,45	43,86
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	12,22	10,67	28,40	15,65	17,12	14,64	40,56	13,89	16,76	11,97	19,51	14,05
Cl <sup>-</sup>	74,35	67,00	41,84	59,06	60,96	67,13	33,89	54,24	53,77	62,02	50,00	42,08
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,56	1,03	10,41	3,23	2,61	1,94	10,08	1,53	3,15	0,79	4,04	0,00
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	74,92	68,03	52,24	62,29	63,56	69,07	43,97	55,78	56,93	62,81	54,04	42,08
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes (%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	80,45	65,26	41,43	56,97	66,23	78,97	51,62	44,04	71,66	44,35	68,20	41,20
Na <sup>+</sup>	78,84	62,61	38,14	54,27	63,83	78,79	49,10	41,74	71,36	42,99	65,24	39,81
K <sup>+</sup>	1,61	2,65	3,29	2,70	2,40	0,18	2,52	2,30	0,30	1,36	2,96	1,40
Ca <sup>++</sup>	5,99	14,00	30,58	15,52	11,54	10,04	5,46	18,98	12,41	19,70	15,17	17,76
Mg <sup>++</sup>	13,56	20,74	27,98	27,51	22,23	10,99	42,92	36,98	15,93	35,95	16,63	41,03
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	48,91	23,61	11,58	20,10	26,55	426,41	19,47	18,17	234,32	31,56	22,02	28,48
rMg/rCa	2,26	1,48	0,91	1,77	1,93	1,09	7,86	1,95	1,28	1,82	1,10	2,31
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,16	0,16	0,68	0,26	0,28	0,22	1,20	0,26	0,31	0,19	0,39	0,33
rCl/rHCO <sub>3</sub>	5,78	3,14	2,16	2,68	3,16	4,12	2,19	1,79	2,04	2,46	1,89	0,96
icb	-0,15	0,02	-0,02	0,00	-0,06	-0,15	-0,03	0,18	-0,29	0,31	-0,41	0,03
Kr	6,88	12,55	8,91	7,11	7,57	7,02	3,63	10,65	6,53	12,70	7,33	7,15
INDICE SAR	21,4	12,4	4,5	7,1	10,5	17,1	5,0	5,1	10,6	6,0	9,6	3,4

Error (%)	6,21	0,28	3,21	3,23	-2,49	-2,52	6,37	1,16	-3,37	-2,99	3,25	-0,61
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.1.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 12-110m.

Coord	Fecha	02-sep-97	21-dic-97	04-nov-97			04-nov-97		04-nov-97	04-nov-97	02-sep-97	17-nov-97	
		0761 TP	0027 SE	0196 TP	0148 TP	0778 TP	0369 TP	0041 A4	0211 TP	6007 TP	0282 TP	0079 TP	0021 SE
x		451290	454910	456990	457100	451166	456728	456555	456960	457730	456280	452410	456137
y		3110810	3110186	3107207	3107389	3110718	3107403	3107079	3106960	3106940	3107140	3110740	3106980
CE $\mu$ S/cm		2930	2360	3110	2940	3830	3530	2590	2910	6800	2380	4050	2240
pH		7,43	8,32	8,46	7,24	6,47	8,13	7,88	8,41	8,3	8,16	6,97	8,53
TAC		58,9	24,2	55,5			53,5		58,6	46,8	37	74,4	30,1
DUR		1052	314	392,5			401,5		293,5	448	814,5	1456	524
TSD													

aniones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	11,78	4,04	8,65	8,475	19,393	10,7	5,754	10,67	8,36	7,41	14,89	4,77
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	4,295	7,333	5,727	5,729	6,958	5,324	7	4,916	9,497	7,097	6,079	4,031
Cl <sup>-</sup>	17,94	5,01	15,46	15,859	21,296	21,18	15,859	12,7	48,53	8,96	29,07	10,14
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,329	3,96	1,175	0,742		0,848	0,952	1,192	1,887	1,53	0,314	0,65
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	18,27	8,97	16,64	16,60	21,30	22,03	16,81	13,89	50,42	10,49	29,38	10,79
sum aniones	34,34	20,34	31,01	30,81	47,65	38,05	29,56	29,48	68,27	25,00	50,35	19,59
cationes (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	12,45	14,89	25,73	20,52	20,31	29,07	11,59	23,98	60,00	9,25	20,96	10,49
Na <sup>+</sup>	11,69	14,04	24,73	19,826	19,565	28,28	10,869	23,9	58,6	8,35	20	9,74
K <sup>+</sup>	0,76	0,85	1	0,691	0,742	0,792	0,716	0,08	1,4	0,895	0,96	0,75
Ca <sup>++</sup>	7,15	2,97	3,17	3,9	8,35	3,25	8,5	2,17	3	8,38	10,62	4,21
Mg <sup>++</sup>	13,89	3,31	4,68	5,703	18,182	4,78	9,669	3,7	5,96	7,91	18,5	6,27
sum cationes	33,49	21,17	33,58	30,12	46,84	37,10	29,76	29,85	68,96	25,54	50,08	20,97

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	34,30	19,86	27,89	27,51	40,70	28,12	19,46	36,20	12,24	29,64	29,57	24,35
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	12,51	36,05	18,47	18,60	14,60	13,99	23,68	16,68	13,91	28,39	12,07	20,58
Cl <sup>-</sup>	52,24	24,63	49,85	51,48	44,69	55,66	53,64	43,08	71,08	35,84	57,73	51,76
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,96	19,47	3,79	2,41	0,00	2,23	3,22	4,04	2,76	6,12	0,62	3,32
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	53,19	44,09	53,64	53,89	44,69	57,89	56,86	47,13	73,85	41,97	58,36	55,08
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	37,18	70,34	76,62	68,12	43,35	78,36	38,94	80,34	87,01	36,21	41,85	50,02
Na <sup>+</sup>	34,91	66,32	73,65	65,83	41,77	76,22	36,53	80,07	84,98	32,70	39,94	46,45
K <sup>+</sup>	2,27	4,02	2,98	2,29	1,58	2,13	2,41	0,27	2,03	3,50	1,92	3,58
Ca <sup>++</sup>	21,35	14,03	9,44	12,95	17,83	8,76	28,57	7,27	4,35	32,82	21,21	20,08
Mg <sup>++</sup>	41,48	15,64	13,94	18,93	38,82	12,88	32,50	12,40	8,64	30,98	36,94	29,90
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	15,38	16,52	24,73	28,71	26,38	35,71	15,18	298,75	41,86	9,33	20,83	12,99
rMg/rCa	1,94	1,11	1,48	1,46	2,18	1,47	1,14	1,71	1,99	0,94	1,74	1,49
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,24	1,46	0,37	0,36	0,33	0,25	0,44	0,39	0,20	0,79	0,21	0,40
rCl/rHCO <sub>3</sub>	1,52	1,24	1,79	1,87	1,10	1,98	2,76	1,19	5,81	1,21	1,95	2,13
icb	0,31	-1,97	-0,66	-0,29	0,05	-0,37	0,27	-0,89	-0,24	-0,03	0,28	-0,03
Kr	9,97	3,65	6,19	6,54	14,64	7,19	6,55	6,27	5,94	7,72	13,30	4,58
INDICE SAR	3,6	7,9	12,5	9,0	5,4	14,1	3,6	14,0	27,7	2,9	5,2	4,3

Error (%)	-2,52	3,98	7,95	-2,25	-1,71	-2,53	0,64	1,25	1,00	2,13	-0,54	6,80
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.2.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 125-297m.

Fecha	04-nov-97	04-nov-97	21-dic-97		04-nov-97	21-dic-97	17-nov-97	04-nov-97	17-nov-97	17-nov-97	17-nov-97	17-nov-97
	0170ACP	0855 TP	0849 TP	0079 CP	6005 TP	0793 TP	0438 CP	5935 TP	0023 SE	0030 CP	5970 TP	1320 TP
Coord x	456060	455990	450888	451191	455270	454560	452105	455730	453409	453103	451320	454734
Coord y	3106740	3106950	3109650	3109829	3106520	3107567	3108537	3107480	3106120	3105940	3108950	3105226
CE $\mu$ S/cm	2880	1898	3550	2880	2920	2970	3430	2680	1947	2020	2070	1586
pH	8,59	8,03	8,39	7,4	8,37	8,39	8,01	8,42	7,95	8,15	8,12	8,2
TAC	53,8	32,7	76,4		58,9	69,1	48,1	61,5	34,4	20,4	49,5	19,2
DUR	404	662,5	1262		460,5	292,7	988	369	337,5	318,5	606	405
TSD												

aniones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,8	6,55	13,86	9,131	10,88	12,63	9,62	11,08	6,88	4,08	9,91	3,85
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	3,929	6,633	5,244	11,063	3,8	4,556	4,225	4,069	4,17	5,718	2,671	4,436
Cl <sup>-</sup>	14,39	4,22	14,59	17,831	14,59	9,07	21,29	11,43	7,18	7,88	8,08	5,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,69	3,51	0,493	1,177	0,475	1,472	0,562	0,522	1,78	2,44	0,122	1,437
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15,08	7,73	15,08	19,01	15,07	10,54	21,85	11,95	8,96	10,32	8,20	7,24
sum aniones	28,81	20,91	34,19	39,20	29,75	27,73	35,70	27,10	20,01	20,12	20,78	15,52
cationes(meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	21,93	7,44	9,30	16,98	22,29	22,17	14,60	20,89	13,06	13,29	8,80	7,36
Na <sup>+</sup>	21,2	6,74	8,88	16,391	21,6	21,7	14,18	20,17	12,76	13	8,41	6,14
K <sup>+</sup>	0,73	0,703	0,42	0,588	0,69	0,473	0,415	0,722	0,3	0,287	0,39	1,22
Ca <sup>++</sup>	2,82	6,41	9,37	9,35	3,17	2,075	7,92	3	3,17	2,65	5,11	3,64
Mg <sup>++</sup>	5,26	6,84	15,87	12,397	6,04	3,79	11,84	4,38	3,58	3,72	7,01	4,461
sum cationes	30,01	20,69	34,54	38,73	31,50	28,04	34,36	28,27	19,81	19,66	20,92	15,46

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	34,02	31,32	40,54	23,29	36,58	45,55	26,95	40,88	34,38	20,28	47,68	24,80
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	13,64	31,72	15,34	28,22	12,78	16,43	11,84	15,01	20,84	28,42	12,85	28,58
Cl <sup>-</sup>	49,95	20,18	42,68	45,48	49,05	32,71	59,64	42,18	35,88	39,17	38,88	37,36
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,40	16,78	1,44	3,00	1,60	5,31	1,57	1,93	8,90	12,13	0,59	9,26
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	52,34	36,96	44,12	48,49	50,65	38,02	61,22	44,10	44,78	51,30	39,46	46,62
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	73,08	35,97	26,93	43,85	70,76	79,08	42,48	73,90	65,93	67,59	42,07	47,60
Na <sup>+</sup>	70,64	32,57	25,71	42,33	68,57	77,39	41,27	71,34	64,41	66,13	40,20	39,71
K <sup>+</sup>	2,43	3,40	1,22	1,52	2,19	1,69	1,21	2,55	1,51	1,46	1,86	7,89
Ca <sup>++</sup>	9,40	30,98	27,13	24,14	10,06	7,40	23,05	10,61	16,00	13,48	24,43	23,54
Mg <sup>++</sup>	17,53	33,05	45,95	32,01	19,17	13,52	34,46	15,49	18,07	18,92	33,51	28,85
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	29,04	9,59	21,14	27,87	31,30	45,88	34,17	27,94	42,53	45,30	21,56	5,03
rMg/rCa	1,87	1,07	1,69	1,33	1,91	1,83	1,49	1,46	1,13	1,40	1,37	1,23
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,27	1,57	0,36	0,62	0,26	0,50	0,20	0,36	0,58	0,73	0,33	0,76
rCl/rHCO <sub>3</sub>	1,47	0,64	1,05	1,95	1,34	0,72	2,21	1,03	1,04	1,93	0,82	1,51
icb	-0,52	-0,76	0,36	0,05	-0,53	-1,44	0,31	-0,83	-0,82	-0,69	-0,09	-0,27
Kr	6,47	6,50	12,16	9,20	7,21	6,92	9,02	7,17	5,31	3,53	7,95	3,78
INDICE SAR	10,5	2,6	2,5	5,0	10,1	12,7	4,5	10,5	6,9	7,3	3,4	3,1

Error (%)	4,08	-1,06	1,03	-1,22	5,73	1,11	-3,83	4,23	-1,00	-2,32	0,66	-0,40
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.2.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 125-297m.

Coord	Fecha	04-nov-97	17-nov-97		04-nov-97	04-nov-97	17-nov-97	04-nov-97	17-nov-97	04-nov-97	17-nov-97	15-ene-98	04-nov-97
		<b>0014 SE</b>	<b>0151 CP</b>	<b>5925 TP</b>	<b>2046 TP</b>	<b>0097 CP</b>	<b>0338 TP</b>	<b>0009ATP</b>	<b>6006 TP</b>	<b>0696 TP</b>	<b>0752 TP</b>	<b>0595 TP</b>	<b>0093 TP</b>
x		453684	452850	450101	453040	452610	454990	451750	452230	454120	453586	453960	452184
y		3106630	3105750	3107474	3105385	3105260	3104910	3105830	3107398	3104160	3104270	3104020	3104915
CE $\mu$ S/cm		3480	2280	1588	1302	1028	1798,5	1230	2210	1678	1015	2480	885
pH		8,48	8,4	6,03	8,35	8,35	8,78	7,546	8,12	8,17	8,2	8,19	8,11
TAC		72,4	22,6		22	26,8	42,3	39,5	38,6	20,2	14,6	15,1	10,9
DUR		160,5	451		200,5	180,2	195,5	130	478,5	422,5	72,5	638	42,1
TSD													

aniones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12,06	3,8	10,246	4	4,57	6,64	7,9	7,73	4,05	2,92	3,03	2,18
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	6,684	6,083	2,854	2,436	1,443	2,625	1,138	2,499	5,309	1,367	8,953	1,279
Cl <sup>-</sup>	14,28	8,08	5,549	5,41	3,55	6,51	4,14	11,43	5,8	4,53	9,26	4,81
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,779	2,155		1,27	0,252	0	0,091	0,067	1,54	0,437	3	0,359
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16,06	10,24	5,55	6,68	3,80	6,51	4,23	11,50	7,34	4,97	12,26	5,17
sum aniones	34,80	20,12	18,65	13,12	9,82	15,78	13,27	21,73	16,70	9,25	24,24	8,63
cationes(meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	34,27	12,92	5,48	9,04	6,64	13,61	10,86	11,68	8,27	7,81	11,74	7,83
Na <sup>+</sup>	33,96	12,26	5,174	8,5	6,37	13,04	10,51	11,4	7,21	7,65	10,3	7,69
K <sup>+</sup>	0,307	0,66	0,307	0,543	0,273	0,571	0,348	0,281	1,061	0,163	1,44	0,142
Ca <sup>++</sup>	1,32	3,41	5,3	1,82	1,55	1,2	1,2	4,08	3,83	0,506	5,48	0,268
Mg <sup>++</sup>	1,89	5,61	7,273	2,19	2,055	2,71	1,4	5,49	4,62	0,945	7,28	0,575
sum cationes	37,48	21,94	18,05	13,05	10,25	17,52	13,46	21,25	16,72	9,26	24,50	8,68

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	34,65	18,89	54,94	30,50	46,56	42,09	59,54	35,58	24,25	31,55	12,50	25,27
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	19,21	30,24	15,30	18,57	14,70	16,64	8,58	11,50	31,79	14,77	36,93	14,82
Cl <sup>-</sup>	41,03	40,16	29,76	41,25	36,17	41,27	31,20	52,61	34,73	48,95	38,20	55,75
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,11	10,71	0,00	9,68	2,57	0,00	0,69	0,31	9,22	4,72	12,37	4,16
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	46,14	50,87	29,76	50,93	38,74	41,27	31,89	52,92	43,95	53,67	50,57	59,91
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	91,43	58,89	30,36	69,28	64,82	77,68	80,68	54,97	49,46	84,34	47,92	90,28
Na <sup>+</sup>	90,62	55,88	28,66	65,12	62,16	74,42	78,09	53,64	43,12	82,58	42,04	88,65
K <sup>+</sup>	0,82	3,01	1,70	4,16	2,66	3,26	2,59	1,32	6,35	1,76	5,88	1,64
Ca <sup>++</sup>	3,52	15,54	29,36	13,94	15,12	6,85	8,92	19,20	22,91	5,46	22,37	3,09
Mg <sup>++</sup>	5,04	25,57	40,28	16,78	20,05	15,47	10,40	25,83	27,63	10,20	29,71	6,63
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	110,62	18,58	16,86	15,65	23,33	22,84	30,20	40,57	6,80	46,93	7,15	54,15
rMg/rCa	1,43	1,65	1,37	1,20	1,33	2,26	1,17	1,35	1,21	1,87	1,33	2,15
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,47	0,75	0,51	0,45	0,41	0,40	0,27	0,22	0,92	0,30	0,97	0,27
rCl/rHCO <sub>3</sub>	1,18	2,13	0,54	1,35	0,78	0,98	0,52	1,48	1,43	1,55	3,06	2,21
icb	-1,40	-0,60	0,01	-0,67	-0,87	-1,09	-1,62	-0,02	-0,43	-0,72	-0,27	-0,63
Kr	5,77	3,67	8,22	3,08	3,19	3,75	4,22	6,25	3,98	1,63	3,69	1,08
INDICE SAR	26,8	5,8	2,1	6,0	4,7	9,3	9,2	5,2	3,5	9,0	4,1	11,8

Error (%)	7,40	8,66	-3,25	-0,48	4,32	10,49	1,41	-2,21	0,13	0,11	1,05	0,54
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.3.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 300-495m.

Fecha	07-ago-97	11-sep-97	07-ago-97	07-ago-97	07-ago-97	07-ago-97	22-jul-97	07-ago-97	11-ago-97	07-ago-97	07-ago-97	11-ago-97
	<b>0491 TP</b>	<b>1067 TP</b>	<b>0512 TP</b>	<b>0492 TP</b>	<b>0488 TP</b>	<b>0198 TP</b>	<b>0026 CP</b>	<b>1286 TP</b>	<b>0324 TP</b>	<b>0380 TP</b>	<b>0210 TP</b>	<b>1204 TP</b>
Coord x	454100	453696	453316	452961	452606	452551	448346	452436	452326	451566	451401	451476
Coord y	3103720	3103820	3103660	3103090	3103140	3102695	3106599	3103560	3102215	3102090	3102055	3102325
CE $\mu$ S/cm	2350	2180	1655	1498	1417	972	301	2940	1245	1004	802	895
pH	8,04	7,96	8,26	8	8,05	8,08	7,85	7,65	7,88	8,08	8,21	8,1
TAC	18,9	12,6	22,3	39,6	17,7	17,3	8	8,9	26,1	17,7	15,2	16
DUR	345	901	510	483	250	112	77,7	356,5	155,5	218	67	151,5
TSD												

aniones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,78	2,52	3,95	7,91	3,54	3,45	1,59	1,77	5,22	3,53	3,03	3,2
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	2,479	12,11	11,147	4,96	5,052	2,462	0	3,521	1,837	2,929	1,835	1,83
Cl <sup>-</sup>	16,76	8,48	3,74	4,42	6,2	3,94	1,27	23,86	5,521	3,15	2,64	3,155
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,28	4,5	0,06	0,052	0,15	0,13	0,3	0,2	0,46	0,78	0,59	1
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17,04	12,98	3,80	4,47	6,35	4,07	1,57	24,06	5,98	3,93	3,23	4,16
sum aniones	23,30	27,61	18,90	17,34	14,94	9,98	3,16	29,35	13,04	10,39	8,10	9,19
cationes(meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	16,24	9,76	8,87	7,26	9,62	7,40	1,64	22,45	10,26	5,89	6,80	6,43
Na <sup>+</sup>	15,74	8,34	8,17	6,8	9,28	7,15	1,54	21,91	9,87	5,58	6,58	6,1
K <sup>+</sup>	0,5	1,42	0,7	0,463	0,34	0,254	0,097	0,537	0,385	0,313	0,222	0,33
Ca <sup>++</sup>	2,85	7,91	3,96	3,33	2,02	0,93	0,681	2,2	1,62	1,83	0,65	1,41
Mg <sup>++</sup>	4,05	10,11	6,24	6,33	2,98	1,31	0,873	4,93	1,49	2,53	0,69	1,62
sum cationes	23,14	27,78	19,07	16,92	14,62	9,64	3,19	29,58	13,37	10,25	8,14	9,46

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16,22	9,13	20,90	45,61	23,69	34,56	50,32	6,03	40,04	33,98	37,43	34,84
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	10,64	43,86	58,99	28,60	33,81	24,66	0,00	12,00	14,09	28,19	22,67	19,92
Cl <sup>-</sup>	71,93	30,71	19,79	25,49	41,49	39,47	40,19	81,29	42,35	30,32	32,61	34,35
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,20	16,30	0,32	0,30	1,00	1,30	9,49	0,68	3,53	7,51	7,29	10,89
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	73,14	47,01	20,11	25,79	42,50	40,77	49,68	81,97	45,87	37,83	39,90	45,24
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	70,18	35,13	46,51	42,92	65,80	76,77	51,30	75,89	76,73	57,48	83,54	67,97
Na <sup>+</sup>	68,02	30,02	42,84	40,18	63,47	74,14	48,26	74,08	73,85	54,42	80,82	64,48
K <sup>+</sup>	2,16	5,11	3,67	2,74	2,33	2,63	3,04	1,82	2,88	3,05	2,73	3,49
Ca <sup>++</sup>	12,32	28,47	20,77	19,68	13,82	9,64	21,34	7,44	12,12	17,85	7,98	14,90
Mg <sup>++</sup>	17,50	36,39	32,72	37,40	20,38	13,58	27,36	16,67	11,15	24,68	8,47	17,12
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	31,48	5,87	11,67	14,69	27,29	28,15	15,88	40,80	25,64	17,83	29,64	18,48
rMg/rCa	1,42	1,28	1,58	1,90	1,48	1,41	1,28	2,24	0,92	1,38	1,06	1,15
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,15	1,43	2,98	1,12	0,81	0,62	0,00	0,15	0,33	0,93	0,70	0,58
rCl/rHCO <sub>3</sub>	4,43	3,37	0,95	0,56	1,75	1,14	0,80	13,48	1,06	0,89	0,87	0,99
icb	0,03	-0,15	-1,37	-0,64	-0,55	-0,88	-0,29	0,06	-0,86	-0,87	-1,58	-1,04
Kr	3,44	3,69	3,95	5,93	2,94	2,23	1,20	1,90	3,53	2,84	1,81	2,44
INDICE SAR	8,5	2,8	3,6	3,1	5,9	6,8	1,7	11,6	7,9	3,8	8,0	5,0

Error (%)	-0,68	0,61	0,91	-2,45	-2,18	-3,44	0,98	0,77	2,48	-1,32	0,58	2,95
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.3.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 300-495m.

Fecha	11-ago-97	07-ago-97	18-ago-97	27-ago-97	11-sep-97	11-sep-97	16-sep-97	07-ago-97	27-ago-97	27-ago-97	11-sep-97	
	0769 TP	0264 TP	0442 TP	0224 CP	0262 TP	0423 TP	0986 TP	0612ATP	0473 TP	0472 TP	6060 TP	1940 TP
Coord x	450855	452001	450691	450661	451756	450301	449971	450035	450781	450696	449815	447347
Coord y	3104234	3101855	3101610	3101295	3101385	3101195	3101125	3101605	3100445	3100565	3104980	3107479
CE $\mu$ S/cm	1091	1722	1065	1248	3330	1472	766	761	3080	1129	809	341
pH	8,35	7,96	8,51	8,18	7,44	7,8	8,44	7,38	7,54	7,8	7,4	7,71
TAC	21	21,9	26,8	21,1	77,4	33,7	25,2	17,2	113,2	18,1	33,3	
DUR	157	349,5	299	444	564,5	435	253,5	167	269	295	286	
TSD												
aniones (meq/l)	meq/l	meq/l										
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,7	4,37	4,03	4,21	15,48	6,73	3,7	3,44	22,64	3,62	6,65	0,787
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1,566	3,531	3,213	5,154	17,052	4,845	1,024	1,812	8,338	2,397	0,504	0,896
Cl <sup>-</sup>	5,41	9,35	3,63	3,63	9,35	4,73	2,17	2,84	7,12	5,32	2,64	1,380
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,12	0,72	0,41	1,52	0	0,082	0,297	0,28	0	0,71	0,05	0,316
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,53	10,07	4,04	5,15	9,35	4,81	2,47	3,12	7,12	6,03	2,69	1,70
sum aniones	10,80	17,97	11,28	14,51	41,88	16,39	7,19	8,37	38,10	12,05	9,84	3,38
cationes(meq/l)	meq/l	meq/l										
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	8,36	11,49	6,68	5,68	31,31	7,63	3,38	4,85	31,36	6,52	4,48	1,69
Na <sup>+</sup>	8,09	11,04	6,2	5,17	30,21	7	3,04	4,6	30,34	6,15	4,17	1,609
K <sup>+</sup>	0,27	0,45	0,481	0,505	1,1	0,626	0,335	0,252	1,016	0,372	0,311	0,077
Ca <sup>++</sup>	1,36	2,82	2,59	3,83	5,62	3,6	2,23	1,67	2,22	2,25	2,72	0,9
Mg <sup>++</sup>	1,78	4,17	3,39	5,05	5,67	5,1	2,84	1,67	3,16	3,65	3	0,744
sum cationes	11,50	18,48	12,66	14,56	42,60	16,33	8,45	8,19	36,74	12,42	10,20	3,33
aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	34,27	24,32	35,72	29,01	36,96	41,07	51,45	41,09	59,43	30,05	67,55	23,29
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	14,51	19,65	28,48	35,51	40,71	29,57	14,24	21,64	21,89	19,90	5,12	26,51
Cl <sup>-</sup>	50,11	52,03	32,17	25,01	22,32	28,86	30,18	33,92	18,69	44,16	26,82	40,85
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,11	4,01	3,63	10,47	0,00	0,50	4,13	3,34	0,00	5,89	0,51	9,36
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	51,22	56,03	35,81	35,48	22,32	29,36	34,31	37,27	18,69	50,05	27,33	50,20
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	72,70	62,18	52,77	38,99	73,50	46,71	39,96	59,23	85,35	52,50	43,93	50,63
Na <sup>+</sup>	70,35	59,74	48,97	35,52	70,92	42,88	36,00	56,15	82,59	49,51	40,88	48,32
K <sup>+</sup>	2,35	2,44	3,80	3,47	2,58	3,83	3,97	3,08	2,77	2,99	3,05	2,30
Ca <sup>++</sup>	11,83	15,26	20,46	26,31	13,19	22,05	26,41	20,39	6,04	18,11	26,66	27,03
Mg <sup>++</sup>	15,48	22,56	26,78	34,70	13,31	31,24	33,63	20,39	8,60	29,38	29,41	22,34
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Relaciones iónicas												
rNa/rK	29,96	24,53	12,89	10,24	27,46	11,18	9,07	18,25	29,86	16,53	13,41	20,97
rMg/rCa	1,31	1,48	1,31	1,32	1,01	1,42	1,27	1,00	1,42	1,62	1,10	0,83
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,29	0,38	0,89	1,42	1,82	1,02	0,47	0,64	1,17	0,45	0,19	0,65
rCl/rHCO <sub>3</sub>	1,46	2,14	0,90	0,86	0,60	0,70	0,59	0,83	0,31	1,47	0,40	1,75
icb	-0,55	-0,23	-0,84	-0,56	-2,35	-0,61	-0,56	-0,71	-3,40	-0,23	-0,70	-0,22
Kr	2,65	3,78	3,48	4,08	11,04	5,46	3,13	2,70	10,44	3,09	4,94	0,82
INDICE SAR	6,5	5,9	3,6	2,5	12,7	3,4	1,9	3,6	18,5	3,6	2,5	1,8
Error (%)	6,32	2,79	11,51	0,28	1,70	-0,37	16,04	-2,17	-3,64	3,07	3,56	-1,49
Laboratorio	CIAGC	CIAGC										

Tabla A.4.1.4.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 500-630m.

Fecha	30-jul-97	30-jul-97	11-sep-97	11-ago-97	30-jul-97	27-ago-97	18-ago-97	18-ago-97	27-ago-97	22-jul-97	30-sep-97	11-sep-97
	1934 TP	6138 TP	0732 TP	2182 TP	0007 NA	2872 TP	4770 TP	0439 TP	0486 TP	4820 TP	0469 TP	0922 TP
Coord x	447502	447242	449596	450370	446792	449371	449546	449341	447152	447232	448881	448557
Coord y	3103895	3104887	3101060	3103482	3103850	3101380	3100760	3100620	3099800	3105659	3100645	3099610
CE $\mu$ S/cm	800	338	1394	1032	453	1210	819	583	881	297	409	500
pH	6,66	6,71	7,9	7,77	5,68	7,62	8,11	8,07	8,45	7,76	8,3	8,08
TAC	28,1	7,1	62,7	29,4	12,6	50,5	32,9	15,6	44,5	6,3	11,2	18,1
DUR	242	57	457	147	110,5	193	242,5	162,5	266,5	36,7	75,5	189
TSD												

aniones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,62	1,42	12,54	5,887	2,52	10,102	6,58	3,11	7,06	1,26	1,87	3,62
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,721	0,168	2,553	1,395	0,349	2,057	0,872	0,868	0,803	0,186	0,336	0,767
Cl <sup>-</sup>	2,56	1,58	4,22	3,943	1,77	3,943	2,17	1,97	1,66	1,55	1,58	1,07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,105	0,1	0	0	0,33	0	0,1	0,34	0	0,1	0,172	0,69
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,67	1,68	4,22	3,94	2,10	3,94	2,27	2,31	1,66	1,65	1,75	1,76
sum aniones	9,01	3,27	19,31	11,23	4,97	16,10	9,72	6,29	9,52	3,10	3,96	6,15
cationes(meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	3,83	2,05	9,58	8,15	2,61	12,59	4,53	2,95	5,93	2,23	2,91	2,15
Na <sup>+</sup>	3,45	1,82	8,99	7,93	2,39	12,06	4,2	2,7	5,52	2,168	2,67	1,85
K <sup>+</sup>	0,38	0,23	0,588	0,218	0,22	0,533	0,334	0,252	0,406	0,065	0,24	0,303
Ca <sup>++</sup>	2,51	0,55	3,73	1,02	0,99	1,66	1,9	1,31	1,99	0,318	0,73	1,64
Mg <sup>++</sup>	2,33	0,59	5,41	1,92	1,22	2,2	2,95	1,94	3,34	0,416	0,78	2,14
sum cationes	8,67	3,19	18,72	11,09	4,82	16,45	9,38	6,20	11,26	2,97	4,42	5,93

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	62,40	43,45	64,93	52,45	50,71	62,74	67,68	49,46	74,14	40,70	47,25	58,89
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	8,01	5,14	13,22	12,43	7,02	12,77	8,97	13,80	8,43	6,01	8,49	12,48
Cl <sup>-</sup>	28,43	48,35	21,85	35,13	35,62	24,49	22,32	31,33	17,43	50,06	39,92	17,41
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,17	3,06	0,00	0,00	6,64	0,00	1,03	5,41	0,00	3,23	4,35	11,22
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	29,59	51,41	21,85	35,13	42,26	24,49	23,35	36,74	17,43	53,29	44,26	28,63
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	44,18	64,26	51,17	73,48	54,15	76,54	48,32	47,60	52,65	75,26	65,84	36,29
Na <sup>+</sup>	39,79	57,05	48,03	71,52	49,59	73,30	44,76	43,53	49,04	73,07	60,41	31,18
K <sup>+</sup>	4,38	7,21	3,14	1,97	4,56	3,24	3,56	4,06	3,61	2,19	5,43	5,11
Ca <sup>++</sup>	28,95	17,24	19,93	9,20	20,54	10,09	20,25	21,12	17,68	10,72	16,52	27,64
Mg <sup>++</sup>	26,87	18,50	28,90	17,32	25,31	13,37	31,44	31,28	29,67	14,02	17,65	36,07
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	9,08	7,91	15,29	36,38	10,86	22,63	12,57	10,71	13,60	33,35	11,13	6,11
rMg/rCa	0,93	1,07	1,45	1,88	1,23	1,33	1,55	1,48	1,68	1,31	1,07	1,30
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,28	0,11	0,60	0,35	0,20	0,52	0,40	0,44	0,48	0,12	0,21	0,72
rCl/rHCO <sub>3</sub>	0,46	1,11	0,34	0,67	0,70	0,39	0,33	0,63	0,24	1,23	0,84	0,30
icb	-0,50	-0,30	-1,27	-1,07	-0,47	-2,19	-1,09	-0,50	-2,57	-0,44	-0,84	-1,01
Kr	4,30	1,04	8,37	3,28	1,85	5,53	4,35	2,33	4,63	0,80	1,37	2,78
INDICE SAR	2,2	2,4	4,2	6,5	2,3	8,7	2,7	2,1	3,4	3,6	3,1	1,3

Error (%)	-3,80	-2,42	-3,13	-1,23	-3,04	2,16	-3,54	-1,38	16,68	-4,26	11,03	-3,54
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.4.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 500-630m.

Fecha	07-oct-97	11-sep-97	18-ago-97	03-sep-97	16-sep-97	21-oct-97	11-ago-97	18-ago-97	30-sep-97	03-sep-97	27-ago-97	11-sep-97
	0331 TP	0981 TP	1353 TP	0985 TP	0724 TP	0988 TP	0990 TP	1664 TP	0300 CP	0887 TP	1403 TP	0382 TP
Coord x	449816	450281	448626	450161	449961	448532	448706	447702	448906	449716	447912	449676
Coord y	3100610	3099940	3100970	3099290	3099760	3100405	3101195	3099800	3099280	3100080	3099750	3099350
CE $\mu$ S/cm	660	694	554	351	491	1022	558	1009	341	340	694	290
pH	8,12	8,07	7,87	8,18	8,38	8,53	8,11	8,5	8,32	8,89	8,12	8,18
TAC	14,8	16,8	10	12,6	10,6	17,2	13,5	48,4	9,4	16	31,4	10,9
DUR	132	224	126,8	84	139	262,5	122	308,5	77,5	120,5	216	81,7
TSD												

aniones (meq/l)	meq/l											
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,95	3,36	2	2,525	2,09	2,54	2,69	7,51	1,57	2,64	6,27	2,18
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1,494	0,7	1,301	0,25	0,65	4,462	0,3	1,319	0,589	0,108	0,615	0,173
Cl <sup>-</sup>	1,58	2,36	2,25	1,436	1,57	1,66	2,563	1,66	1,07	1,07	1,66	0,67
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,662	1,35	0,35	0,01	0,457	0,207	0,45	0	0,392	0,055	0	0,24
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,24	3,71	2,60	1,45	2,03	1,87	3,01	1,66	1,46	1,13	1,66	0,91
sum aniones	6,69	7,77	5,90	4,22	4,77	8,87	6,00	10,49	3,62	3,87	8,55	3,26
cationes(meq/l)	meq/l											
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	4,27	3,43	3,17	2,60	2,32	4,50	3,43	6,11	2,27	2,04	4,00	1,61
Na <sup>+</sup>	4,04	3	2,95	2,34	2	4,15	3,26	5,7	2,04	1,74	3,65	1,37
K <sup>+</sup>	0,225	0,434	0,223	0,264	0,319	0,346	0,167	0,414	0,23	0,3	0,345	0,238
Ca <sup>++</sup>	1,17	1,88	1,015	0,71	1,23	2,58	1,09	2,45	0,76	1,09	1,75	0,76
Mg <sup>++</sup>	1,47	2,6	1,52	0,97	1,55	2,67	1,35	3,72	0,79	1,32	2,57	0,873
sum cationes	6,91	7,91	5,71	4,28	5,10	9,75	5,87	12,28	3,82	4,45	8,32	3,24

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	44,12	43,24	33,89	59,82	43,84	28,64	44,81	71,60	43,36	68,16	73,38	66,81
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	22,35	9,01	22,05	5,92	13,64	50,31	5,00	12,58	16,27	2,79	7,20	5,30
Cl <sup>-</sup>	23,63	30,37	38,13	34,02	32,93	18,72	42,70	15,83	29,55	27,63	19,43	20,53
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,90	17,37	5,93	0,24	9,59	2,33	7,50	0,00	10,83	1,42	0,00	7,36
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	33,53	47,75	44,06	34,26	42,52	21,05	50,19	15,83	40,38	29,05	19,43	27,89
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	61,77	43,39	55,59	60,78	45,48	46,13	58,41	49,77	59,42	45,84	48,05	49,61
Na <sup>+</sup>	58,51	37,91	51,68	54,62	39,22	42,58	55,57	46,40	53,40	39,10	43,90	42,27
K <sup>+</sup>	3,26	5,48	3,91	6,16	6,26	3,55	2,85	3,37	6,02	6,74	4,15	7,34
Ca <sup>++</sup>	16,94	23,76	17,78	16,57	24,12	26,47	18,58	19,94	19,90	24,49	21,05	23,45
Mg <sup>++</sup>	21,29	32,85	26,63	22,64	30,40	27,40	23,01	30,28	20,68	29,66	30,91	26,94
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	17,96	6,91	13,23	8,86	6,27	11,99	19,52	13,77	8,87	5,80	10,58	5,76
rMg/rCa	1,26	1,38	1,50	1,37	1,26	1,03	1,24	1,52	1,04	1,21	1,47	1,15
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,95	0,30	0,58	0,17	0,41	2,69	0,12	0,79	0,55	0,10	0,37	0,26
rCl/rHCO <sub>3</sub>	0,54	0,70	1,13	0,57	0,75	0,65	0,95	0,22	0,68	0,41	0,26	0,31
icb	-1,70	-0,46	-0,41	-0,81	-0,48	-1,71	-0,34	-2,68	-1,12	-0,91	-1,41	-1,40
Kr	2,17	2,77	1,60	1,65	1,75	2,55	1,99	5,17	1,23	1,97	4,10	1,53
INDICE SAR	3,5	2,0	2,6	2,6	1,7	2,6	3,0	3,2	2,3	1,6	2,5	1,5

Error (%)	3,22	1,84	-3,33	1,48	6,73	9,42	-2,29	15,76	5,35	13,87	-2,73	-0,68
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.5.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 660-820m.

Fecha	24-jul-97	27-ago-97	30-jul-97	27-ago-97	11-sep-97	18-ago-97	11-sep-97	16-sep-97	11-sep-97	03-sep-97	27-ago-97	27-ago-97
	1377 TP	0895 TP	2339 TP	0843 TP	5923 TP	0823 TP	0967 TP	0995 TP	2730 TP	2877 TP	0503 TP	0737 TP
Coord x	445752	450571	446302	448062	449191	447122	448820	448672	448272	448567	446327	446747
Coord y	3104649	3099610	3102670	3100600	3099825	3100135	3099500	3099430	3099545	3098681	3099700	3099560
CE $\mu$ S/cm	335	521	319	269	481	511	311	371	486	354	672	662
pH	7,95	7,92	7,79	9,98	8,09	8,34	8,12	8,48	8,15	8,08	8,37	7,87
TAC	7,9	12,6	6,3	10	13,4	19,3	8,9	13,5	25,2	17,9	23,5	29,5
DUR	88	125,5	73,5	74,3	151,5	141	94,4	111,5	182	118	190	233,5
TSD												

aniones (meq/l)	meq/l											
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,57	2,52	1,26	1,344	2,68	3,19	1,77	2,36	5,04	3,575	3,54	5,9
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0	0,687	0,344	0,143	1,293	0,557	0,387	0,39	0,288	0,077	1,125	0,315
Cl <sup>-</sup>	1,38	1,77	1,18	1,183	0,87	1,46	0,87	0,48	0,67	1,014	1,86	1,97
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,39	0,35	0,29	0	0,58	0,04	0,44	0,249	0,022	0,111	0,1	0
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,77	2,12	1,47	1,18	1,45	1,50	1,31	0,73	0,69	1,13	1,96	1,97
sum aniones	3,34	5,33	3,07	2,67	5,42	5,25	3,47	3,48	6,02	4,78	6,63	8,19
cationes(meq/l)	meq/l											
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	1,54	2,89	1,59	1,90	2,35	2,68	1,59	1,53	2,41	2,29	4,02	3,50
Na <sup>+</sup>	1,47	2,65	1,44	1,79	2	2,44	1,3	1,28	2,072	1,95	3,72	3,11
K <sup>+</sup>	0,065	0,241	0,147	0,109	0,353	0,243	0,285	0,25	0,335	0,337	0,302	0,391
Ca <sup>++</sup>	0,73	0,92	0,77	0,815	1,36	1,42	0,887	0,96	1,59	1,2	1,99	1,94
Mg <sup>++</sup>	1,03	1,59	0,7	0,67	1,67	1,4	1	1,27	2,05	1,16	1,81	2,73
sum cationes	3,30	5,40	3,06	3,38	5,38	5,50	3,47	3,76	6,05	4,65	7,82	8,17

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	47,01	47,31	40,99	50,34	49,42	60,80	51,05	67,84	83,72	74,84	53,43	72,08
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,00	12,90	11,19	5,36	23,84	10,62	11,16	11,21	4,78	1,61	16,98	3,85
Cl <sup>-</sup>	41,32	33,23	38,39	44,31	16,04	27,83	25,09	13,80	11,13	21,23	28,08	24,07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	11,68	6,57	9,43	0,00	10,70	0,76	12,69	7,16	0,37	2,32	1,51	0,00
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	52,99	39,80	47,82	44,31	26,74	28,59	37,78	20,95	11,50	23,55	29,58	24,07
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	46,59	53,53	51,91	56,12	43,71	48,76	45,65	40,69	39,80	49,21	51,42	42,85
Na <sup>+</sup>	44,61	49,06	47,11	52,90	37,15	44,34	37,44	34,04	34,26	41,96	47,56	38,06
K <sup>+</sup>	1,97	4,46	4,81	3,22	6,56	4,42	8,21	6,65	5,54	7,25	3,86	4,79
Ca <sup>++</sup>	22,15	17,03	25,19	24,08	25,26	25,80	25,55	25,53	26,29	25,82	25,44	23,74
Mg <sup>++</sup>	31,26	29,44	22,90	19,80	31,02	25,44	28,80	33,78	33,90	24,96	23,14	33,41
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	22,62	11,00	9,80	16,42	5,67	10,04	4,56	5,12	6,19	5,79	12,32	7,95
rMg/rCa	1,41	1,73	0,91	0,82	1,23	0,99	1,13	1,32	1,29	0,97	0,91	1,41
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,00	0,39	0,29	0,12	1,49	0,38	0,44	0,81	0,43	0,08	0,60	0,16
rCl/rHCO <sub>3</sub>	0,88	0,70	0,94	0,88	0,32	0,46	0,49	0,20	0,13	0,28	0,53	0,33
icb	-0,11	-0,63	-0,34	-0,61	-1,70	-0,84	-0,82	-2,19	-2,59	-1,26	-1,16	-0,78
Kr	1,22	1,80	1,07	1,14	2,14	2,44	1,41	1,75	3,43	2,48	2,92	4,07
INDICE SAR	1,6	2,4	1,7	2,1	1,6	2,1	1,3	1,2	1,5	1,8	2,7	2,0

Error (%)	-1,36	1,38	-0,55	23,59	-0,74	4,76	0,14	7,76	0,45	-2,76	16,57	-0,17
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.5.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 660-820m.

Fecha	18-ago-97	11-sep-97	11-sep-97	03-sep-97	30-jul-97	11-ago-97	18-ago-97	03-sep-97	24-jul-97	11-sep-97	18-ago-97	09-dic-97
	6135 TP	1148 TP	1370 TP	0845 TP	3398 TP	3317 TP	0656ATP	0426 TP	5612 TP	1454 TP	3144 TP	3404 TP
Coord x	445615	447847	449061	448167	444862	445757	445347	448022	444722	447742	446502	445317
Coord y	3099290	3099080	3098566	3098511	3103170	3101935	3099325	3098286	3102730	3098785	3100340	3101900
CE $\mu$ S/cm	681	379	476	448	282	431	382	195	195	778	582	321
pH	8,56	7,97	7,94	8,12	7,94	8,03	8,19	8,11	7,78	8,03	8,56	8,33
TAC	31,7	18,9	17,6	22,7	8,5	7,5	11,8	6,7	5,8	20,6	22,6	7,8
DUR	195	139,5	177,5	180	77,5	108	109	47	44,2	289,5	185	81,5
TSD												

aniones (meq/l)	meq/l											
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	3,77	3,52	4,542	1,69	1,508	2,35	1,344	1,16	4,11	3,19	1,41
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,821	0,242	0,502	0,283	0,179	0,572	0,575	0,026		0,652	0,594	0,233
Cl <sup>-</sup>	1,18	0,87	0,87	1,183	0,9	1,38	1,07	0,619	0,79	4,03	1,66	0,79
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	0,093	0,258	0,24	1,03	0,28	0,122	0,1	0,57		0,685
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,18	0,87	0,96	1,44	1,14	2,41	1,35	0,74	0,89	4,60	1,66	1,48
sum aniones	7,00	4,88	4,99	6,27	3,01	4,49	4,28	2,11	2,05	9,36	5,44	3,12
cationes(meq/l)	meq/l											
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	4,18	1,93	1,37	2,75	1,39	2,18	1,72	1,23	1,10	3,37	2,79	1,70
Na <sup>+</sup>	4	1,67	1	2,17	1,27	2,03	1,51	1,04	1	2,93	2,38	1,46
K <sup>+</sup>	0,176	0,262	0,37	0,583	0,124	0,145	0,208	0,185	0,098	0,439	0,409	0,241
Ca <sup>++</sup>	2	1,09	1,8	1,6	0,83	1	1,18	0,48	0,5	2,49	1,97	0,731
Mg <sup>++</sup>	1,9	1,7	1,75	2	0,72	1,16	1	0,46	0,384	3,3	1,73	0,9
sum cationes	8,08	4,72	4,92	6,35	2,94	4,34	3,90	2,17	1,98	9,16	6,49	3,33

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	71,42	77,22	70,61	72,49	56,16	33,59	54,97	63,67	56,59	43,90	58,60	45,22
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	11,73	4,96	10,07	4,52	5,95	12,74	13,45	1,23	0,00	6,96	10,91	7,47
Cl <sup>-</sup>	16,85	17,82	17,45	18,88	29,91	30,73	25,03	29,32	38,54	43,05	30,49	25,34
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,00	1,87	4,12	7,98	22,94	6,55	5,78	4,88	6,09	0,00	21,97
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16,85	17,82	19,32	23,00	37,89	53,67	31,58	35,10	43,41	49,13	30,49	47,31
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	51,71	40,91	27,85	43,33	47,35	50,17	44,07	56,58	55,40	36,78	42,98	51,05
Na <sup>+</sup>	49,53	35,37	20,33	34,16	43,14	46,83	38,74	48,04	50,45	31,99	36,68	43,82
K <sup>+</sup>	2,18	5,55	7,52	9,18	4,21	3,34	5,34	8,55	4,94	4,79	6,30	7,23
Ca <sup>++</sup>	24,76	23,08	36,59	25,18	28,19	23,07	30,27	22,17	25,23	27,19	30,36	21,94
Mg <sup>++</sup>	23,53	36,00	35,57	31,48	24,46	26,76	25,65	21,25	19,37	36,03	26,66	27,01
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas												
rNa/rK	22,73	6,37	2,70	3,72	10,24	14,00	7,26	5,62	10,20	6,67	5,82	6,06
rMg/rCa	0,95	1,56	0,97	1,25	0,87	1,16	0,85	0,96	0,77	1,33	0,88	1,23
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,70	0,28	0,58	0,24	0,20	0,41	0,54	0,04	0,00	0,16	0,36	0,29
rCl/rHCO <sub>3</sub>	0,24	0,23	0,25	0,26	0,53	0,92	0,46	0,46	0,68	0,98	0,52	0,56
icb	-2,54	-1,22	-0,57	-1,33	-0,55	-0,58	-0,61	-0,98	-0,39	0,16	-0,68	-1,15
Kr	3,68	2,49	2,81	3,21	1,33	1,32	1,87	0,95	0,88	3,48	2,72	1,13
INDICE SAR	2,9	1,4	0,8	1,6	1,4	2,0	1,4	1,5	1,5	1,7	1,7	1,6

Error (%)	14,26	-3,33	-1,31	1,38	-2,18	-3,51	-9,23	2,53	-3,37	-2,19	17,51	6,64
Laboratorio	CIAGC											

Tabla A.4.1.5.a.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 823-1598m.

Fecha							08-feb-01	17-nov-97		
Coord	Pozo	0272CCP	5474 TP	1063 TP	0917 TP	1942 TP	1425 TP	0909 TP	0944 TP	3084 TP
Coord	x	444837	445412	446277	445032	444542	444858	445162	443962	444327
Coord	y	3099242	3101317	3100360	3100695	3099205	3101310	3100085	3101380	3101580
	CE $\mu$ S/cm	501	355	375	441	253	231	298	246	262
	pH	7,74	7,73	7,69	8,26	7,76	7,66	7,96	8,14	7,43
	TAC								5,4	
	DUR								46,5	
	TSD									

aniones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,443	1,508	2,246	3,918	1,9183	1,049	2,328	1,08	1,098	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,875	1	0,813	0,5	0,667	0,563	0,625	0,169	0,688	
Cl <sup>-</sup>	0,676	1,268	1,380	0,986	0,676	0,592	0,986	0,59	0,676	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0,581	0,327		0,187	0,168	0	0,177	0,323	
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,68	1,85	1,71	0,99	0,86	0,76	0,99	0,77	1,00	
sum aniones	6,99	4,36	4,77	5,40	3,45	2,37	3,94	2,02	2,78	

cationes(meq/l)	meq/l									
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	2,12	1,53	1,75	2,69	1,15	0,87	1,42	1,01	0,78	
Na <sup>+</sup>	1,913	1,348	1,652	2,435	1	0,739	1,217	0,88	0,652	
K <sup>+</sup>	0,205	0,179	0,102	0,256	0,153	0,128	0,205	0,126	0,128	
Ca <sup>++</sup>	2,35	1,55	1,3	1,65	1,45	0,95	1,55	0,671	1,15	
Mg <sup>++</sup>	2,231	1,157	1,570	1,157	0,909	0,661	0,909	0,26	0,827	
sum cationes	6,70	4,23	4,62	5,50	3,51	2,48	3,88	1,94	2,76	

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	77,82	34,62	47,12	72,50	55,63	44,25	59,10	53,57	39,45	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	12,51	22,95	17,05	9,25	19,34	23,72	15,87	8,38	24,69	
Cl <sup>-</sup>	9,67	29,10	28,96	18,24	19,61	24,95	25,03	29,27	24,28	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	13,33	6,87	0,00	5,43	7,07	0,00	8,78	11,58	
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,67	42,43	35,83	18,24	25,03	32,02	25,03	38,05	35,86	
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	31,61	36,06	37,94	48,94	32,84	34,99	36,64	51,94	28,30	
Na <sup>+</sup>	28,56	31,83	35,72	44,29	28,47	29,83	31,37	45,43	23,66	
K <sup>+</sup>	3,05	4,23	2,21	4,65	4,37	5,16	5,27	6,50	4,64	
Ca <sup>++</sup>	35,08	36,61	28,11	30,01	41,28	38,33	39,94	34,64	41,72	
Mg <sup>++</sup>	33,31	27,33	33,95	21,05	25,88	26,68	23,42	13,42	29,98	
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Relaciones iónicas										
rNa/rK	9,35	7,53	16,15	9,52	6,52	5,78	5,95	6,98	5,10	
rMg/rCa	0,95	0,75	1,21	0,70	0,63	0,70	0,59	0,39	0,72	
rSO <sub>4</sub> /rCl	1,29	0,79	0,59	0,51	0,99	0,95	0,63	0,29	1,02	
rCl/rHCO <sub>3</sub>	0,12	0,84	0,61	0,25	0,35	0,56	0,42	0,55	0,62	
icb	-2,13	-0,20	-0,27	-1,73	-0,71	-0,47	-0,44	-0,71	-0,15	
Kr	4,11	1,52	1,87	2,94	1,75	1,02	2,03	0,92	1,12	
INDICE SAR	1,3	1,2	1,4	2,1	0,9	0,8	1,1	1,3	0,7	

Error (%)	-4,30	-2,85	-3,01	1,72	1,86	4,42	-1,48	-4,00	-1,01
Laboratorio	CIAGC								

Tabla A.4.1.5.b.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos a cotas 823-1598m.

Fecha	17-nov-97		27-feb-01						
	1263ATP	5386 TP	1263BTP	1879 TP	1125 TP	5500 TP	1234 TP	1157 TP	5363 TP
Coord x	443530	443452	443352	443442	442553	442688	443292	442263	441203
Coord y	3100580	3100800	3100135	3099970	3100195	3100920	3099380	3099965	3099330
CE $\mu$ S/cm	273	235	238	241	148	206	202	184	169,9
pH	8,17	8,22	7,66	8,12	7,17	7,81	7,63	8,18	7,87
TAC	6,8								
DUR	53,2								
TSD									

aniones (meq/l)	meq/l								
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,37	1,836	1,607	2,082	1,033	1,672	1,836	1,689	1,443
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,118	0,604	0,604	0,375	0,479	0,313	0,438	0,479	0,354
Cl <sup>-</sup>	0,59	0,592	0,845	0,592	0,394	0,619	0,619	0,394	0,535
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,403	0,134	0,226	0,177	0,149	0,2	0,129	0,121	0,140
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,99	0,73	1,07	0,77	0,54	0,82	0,75	0,52	0,68
sum aniones	2,48	3,17	3,28	3,23	2,05	2,80	3,02	2,68	2,47

cationes(meq/l)	meq/l								
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	1,28	1,65	1,41	1,46	0,73	0,95	1,04	1,52	0,77
Na <sup>+</sup>	1,12	1,522	1,261	1,304	0,652	0,826	0,913	1,391	0,696
K <sup>+</sup>	0,163	0,128	0,154	0,153	0,077	0,128	0,128	0,128	0,077
Ca <sup>++</sup>	0,634	0,85	1,05	0,95	0,8	0,95	1,2	0,7	1
Mg <sup>++</sup>	0,431	0,579	0,827	0,744	0,579	0,909	0,744	0,413	0,744
sum cationes	2,35	3,08	3,29	3,15	2,11	2,81	2,98	2,63	2,52

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	55,22	58,00	48,96	64,54	50,26	59,63	60,75	62,93	58,35
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	4,76	19,09	18,41	11,62	23,32	11,14	14,48	17,86	14,33
Cl <sup>-</sup>	23,78	18,69	25,75	18,34	19,19	22,10	20,50	14,70	21,65
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16,24	4,23	6,88	5,50	7,23	7,13	4,27	4,51	5,68
Cl <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	40,02	22,92	32,63	23,84	26,42	29,23	24,77	19,21	27,32
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	54,64	53,59	42,98	46,26	34,59	33,91	34,87	57,71	30,70
Na <sup>+</sup>	47,70	49,44	38,32	41,39	30,95	29,37	30,59	52,85	27,65
K <sup>+</sup>	6,94	4,15	4,66	4,87	3,64	4,55	4,28	4,86	3,05
Ca <sup>++</sup>	27,00	27,61	31,91	30,14	37,96	33,77	40,20	26,59	39,74
Mg <sup>++</sup>	18,36	18,79	25,11	23,60	27,45	32,32	24,92	15,70	29,56
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas									
rNa/rK	6,87	11,90	8,22	8,50	8,50	6,46	7,14	10,88	9,07
rMg/rCa	0,68	0,68	0,79	0,78	0,72	0,96	0,62	0,59	0,74
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,20	1,02	0,71	0,63	1,22	0,50	0,71	1,22	0,66
rCl/rHCO <sub>3</sub>	0,43	0,32	0,53	0,28	0,38	0,37	0,34	0,23	0,37
icb	-1,17	-1,79	-0,67	-1,46	-0,85	-0,54	-0,68	-2,85	-0,44
Kr	1,06	1,42	1,39	1,60	0,95	1,38	1,59	1,26	1,28
INDICE SAR	1,5	1,8	1,3	1,4	0,8	0,9	0,9	1,9	0,7

Error (%)	-5,51	-2,80	0,28	-2,33	2,52	0,31	-1,25	-1,90	1,76
Laboratorio	CIAGC								

Tabla A.4.1.6.- Análisis químicos y relaciones iónicas de los puntos visitados en 2006.

Fecha	25-abr-06	25-abr-06	09-may-06	25-abr-06	25-abr-06	09-may-06	25-abr-06	25-abr-06	25-abr-06	09-may-06	25-abr-06	25-abr-06	25-abr-06
	0007 NA	0438 CP	0696 TP	0439 TP	0849 TP	1159 TP	1263 TP	1263BTP	1425 TP	2182 TP	2339 TP	5749 TP	0488 TP
Coord x	446780	452105	454120	449341	450888	445760	443548	443352	444858	450370	446302	442800	452780
Coord y	3103970	3108537	3104160	3100620	3109650	3097691	3100600	3100135	3101310	3103482	3102670	3102680	3103200
CE $\mu$ S/cm	434	2050	1745	539	2560	695	369	299	233	902	354	256	1261
pH	5,65	6,65	8,32	7,16	6,44	7,61	7,13	7,42	7,88	7,27	7,28	8	6,96
TAC	2,22	9,22	2,22	2,99	15,12	2,14	1,15	0,97	1,46	6,63	1,31	2,02	3,45
DUR	155,11	901,12	580,69	182,53	1228,06	277,28	151,19	114,12	81,81	132,25	127,97	82,76	284,16
TSD													

aniones (meq/l)	meq/l												
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,22	9,21	2,22	2,99	15,11	2,14	1,15	0,97	1,45	6,63	1,31	2,02	3,49
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,38	4,1	6,99	0,97	6,71	2,59	0,87	0,53	0,25	0,34	0,75	0,06	6,11
Cl <sup>-</sup>	1,92	19,8	8,01	1,96	22,49	1,44	1,49	1,39	0,65	3,99	1,31	0,63	6,73
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,4	0,36	1,82	0,49	0,89	1,44	0,62	0,41	0,23	0,05	0,78	0,16	0,01
Cl+NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,32	20,16	9,83	2,45	23,38	2,88	2,11	1,80	0,88	4,04	2,09	0,79	6,74
sum aniones	4,92	33,47	19,04	6,41	45,20	7,61	4,13	3,30	2,58	11,01	4,15	2,87	16,34

cationes(meq/l)	meq/l												
Na+ + K+	2,45	12,26	7,33	3,05	18,07	1,77	1,37	1,17	1,39	6,25	1,81	1,59	9,84
Na+	2,22	11,93	6,3	2,81	17,52	1,52	1,2	1,04	1,21	6,07	1,64	1,41	9,5
K+	0,23	0,33	1,03	0,24	0,55	0,25	0,17	0,13	0,18	0,18	0,17	0,18	0,34
Ca <sup>++</sup>	1,61	7,78	5,02	1,71	10,53	2,72	1,87	1,45	0,97	0,8	1,37	0,98	2,26
Mg <sup>++</sup>	1,49	10,23	6,58	1,94	14,01	2,82	1,15	0,83	0,66	1,85	1,18	0,68	3,42
sum cationes	5,55	30,27	18,93	6,70	42,61	7,31	4,39	3,45	3,02	8,90	4,36	3,25	15,52

aniones(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	45,12	27,52	11,66	46,65	33,43	28,12	27,85	29,39	56,20	60,22	31,57	70,38	21,36
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	7,72	12,25	36,71	15,13	14,85	34,03	21,07	16,06	9,69	3,09	18,07	2,09	37,39
Cl <sup>-</sup>	39,02	59,16	42,07	30,58	49,76	18,92	36,08	42,12	25,19	36,24	31,57	21,95	41,19
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8,13	1,08	9,56	7,64	1,97	18,92	15,01	12,42	8,91	0,45	18,80	5,57	0,06
Cl+NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	47,15	60,23	51,63	38,22	51,73	37,84	51,09	54,55	34,11	36,69	50,36	27,53	41,25
sum aniones	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

cationes(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na+ + K+	44,14	40,50	38,72	45,52	42,41	24,21	31,21	33,91	46,03	70,22	41,51	48,92	63,40
Na+	40,00	39,41	33,28	41,94	41,12	20,79	27,33	30,14	40,07	68,20	37,61	43,38	61,21
K+	4,14	1,09	5,44	3,58	1,29	3,42	3,87	3,77	5,96	2,02	3,90	5,54	2,19
Ca <sup>++</sup>	29,01	25,70	26,52	25,52	24,71	37,21	42,60	42,03	32,12	8,99	31,42	30,15	14,56
Mg <sup>++</sup>	26,85	33,80	34,76	28,96	32,88	38,58	26,20	24,06	21,85	20,79	27,06	20,92	22,04
sum cationes	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Relaciones iónicas													
rNa/rK	9,65	36,15	6,12	11,71	31,85	6,08	7,06	8,00	6,72	33,72	9,65	7,83	27,94
rMg/rCa	0,93	1,31	1,31	1,13	1,33	1,04	0,61	0,57	0,68	2,31	0,86	0,69	1,51
rSO <sub>4</sub> /rCl	0,20	0,21	0,87	0,49	0,30	1,80	0,58	0,38	0,38	0,09	0,57	0,10	0,91
rCl/rHCO <sub>3</sub>	0,86	2,15	3,61	0,66	1,49	0,67	1,30	1,43	0,45	0,60	1,00	0,31	1,93
icb	-0,28	0,38	0,08	-0,56	0,20	-0,23	0,08	0,16	-1,14	-0,57	-0,38	-1,52	-0,46
Kr	1,99	8,71	2,91	2,48	13,40	2,32	1,35	1,11	1,27	3,28	1,33	1,59	3,02
INDICE SAR	1,8	4,0	2,6	2,1	5,0	0,9	1,0	1,0	1,3	5,3	1,5	1,5	5,6

Error (%)	12,03	-10,04	-0,58	4,42	-5,90	-4,02	6,10	4,44	15,71	-21,20	4,94	12,42	-5,15
Laboratorio	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA	CAASA

DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

Figura A.4.2.1. CAPTACIONES A COTAS 12-110m (1997)

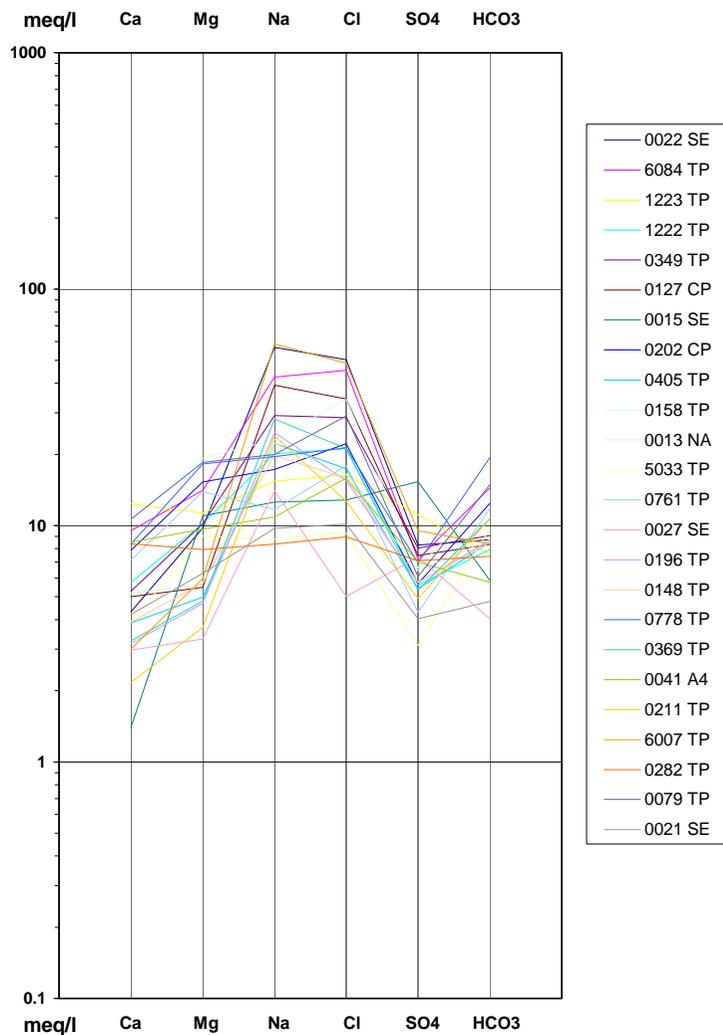


DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

Figura A.4.2.2. CAPTACIONES A COTAS 125-297m (1997)

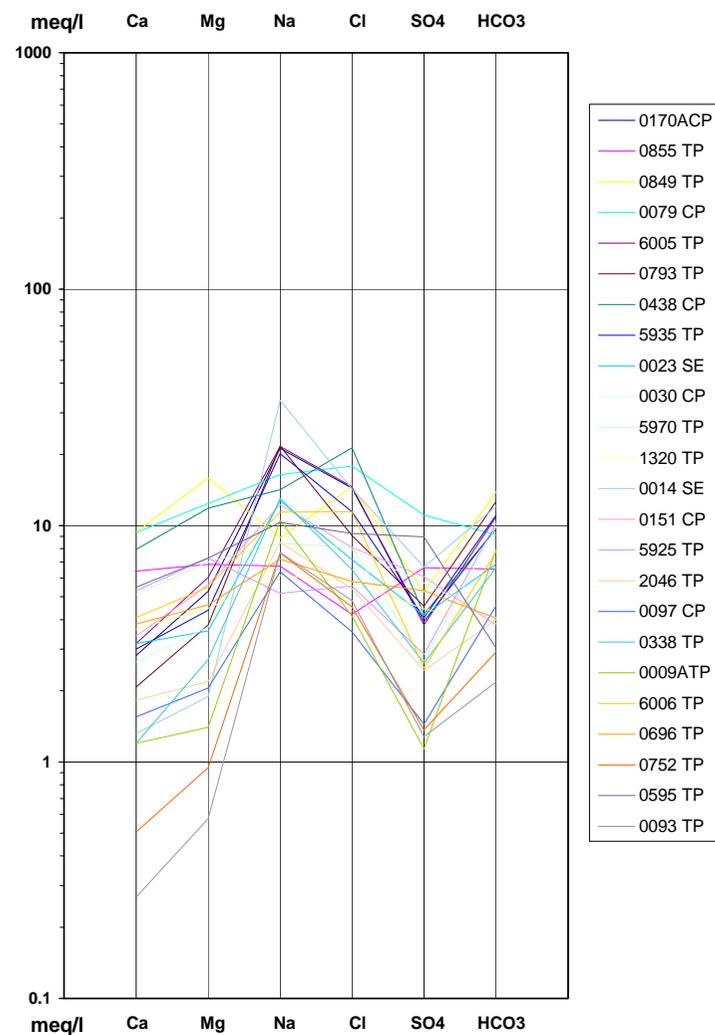


DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

Figura A.4.2.3. CAPTACIONES A COTAS 300-495m (1997)

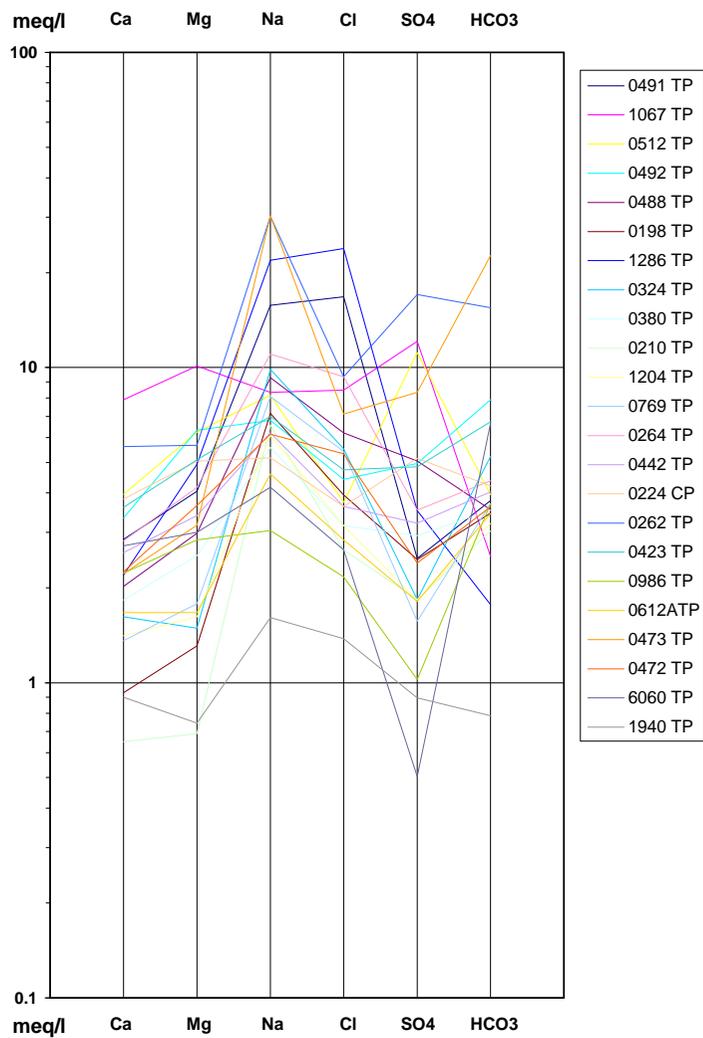


DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

Figura A.4.2.4. CAPTACIONES A COTAS 500-630m (1997)

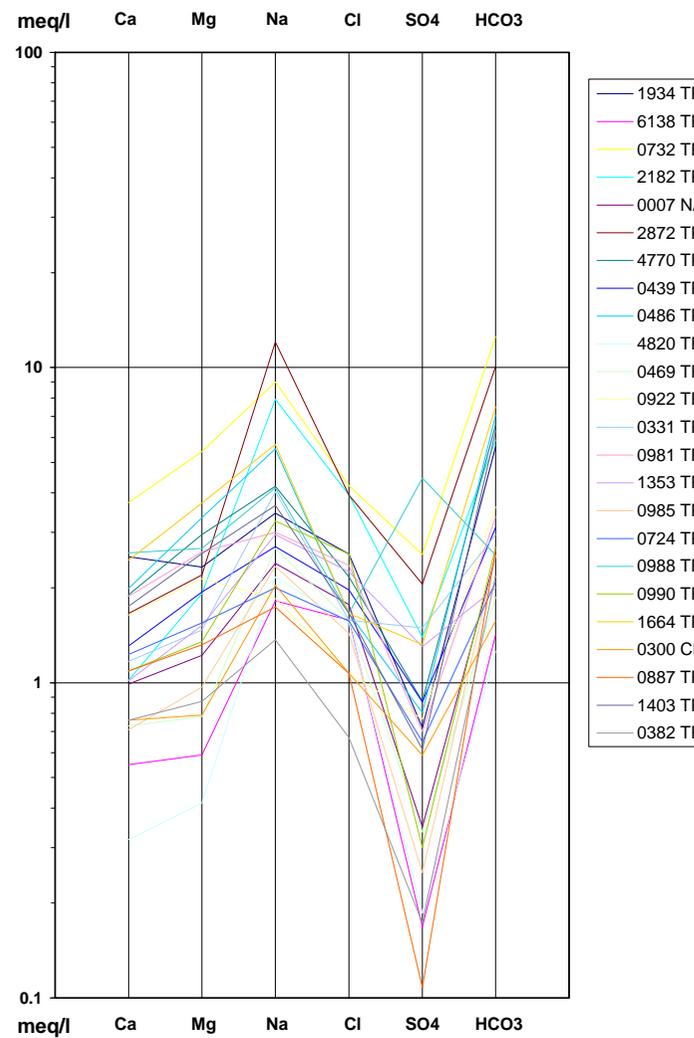


DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

Figura A.4.2.5. CAPTACIONES A COTAS 660-820m (1997)

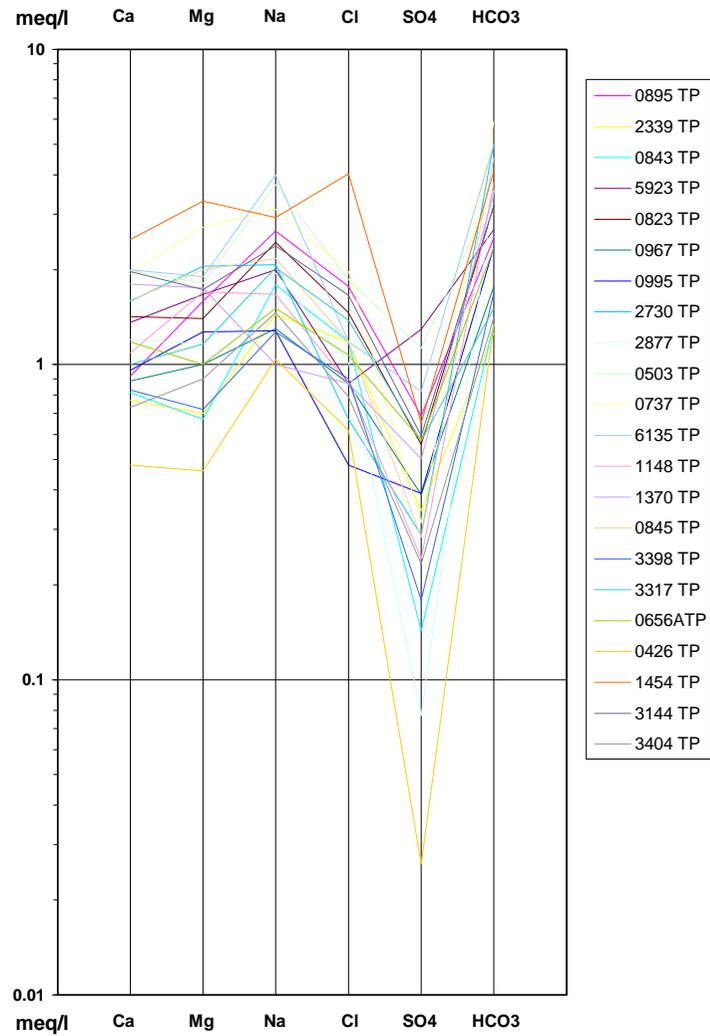
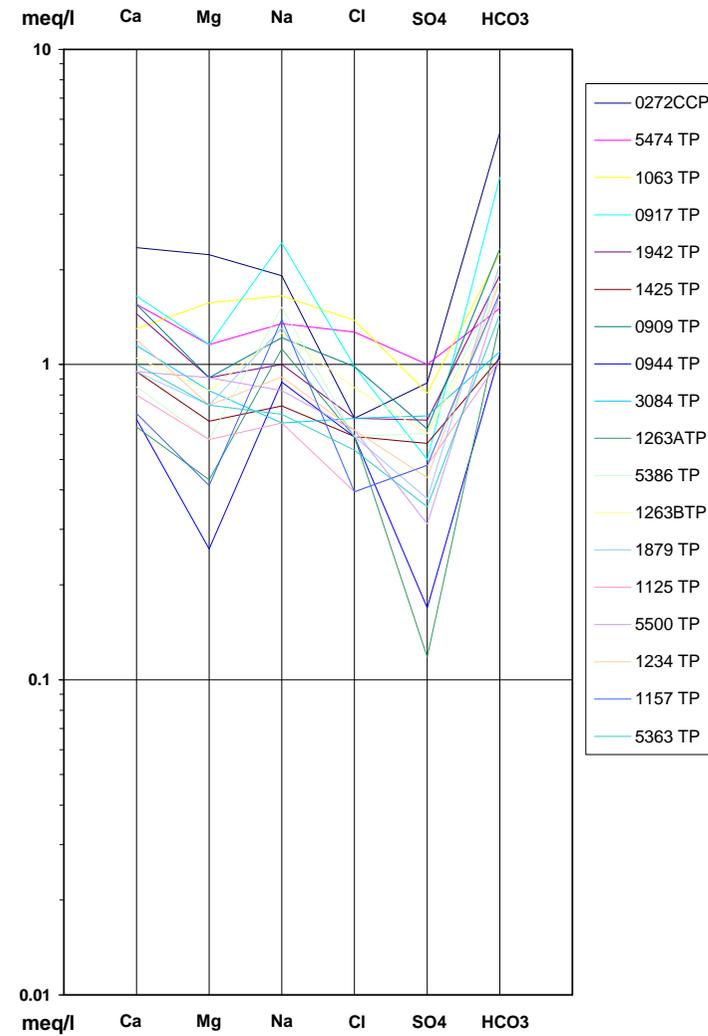


DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

Figura A.4.2.6. CAPTACIONES A COTAS 823-1598m (1997)



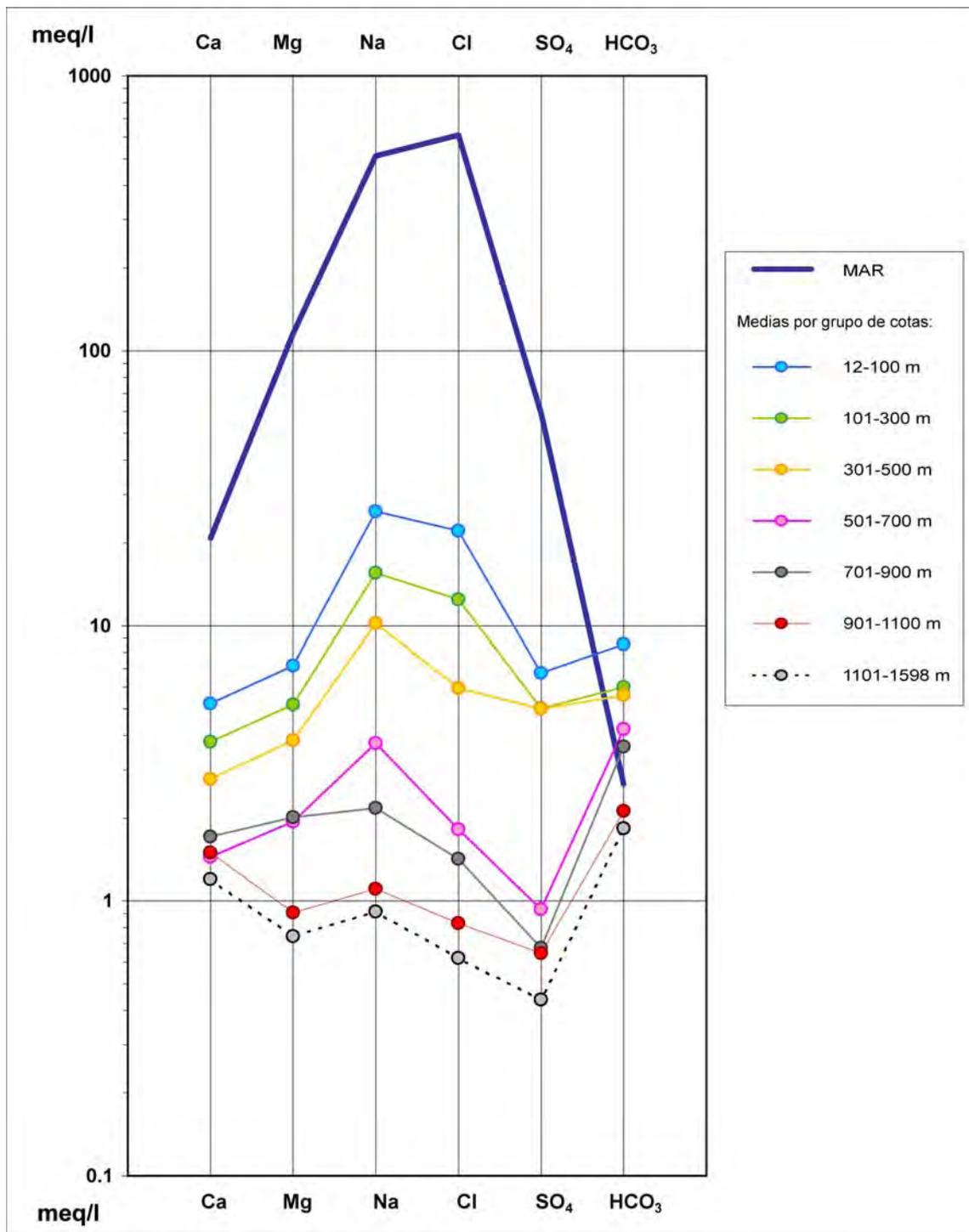


Figura A.4.2.7.- Diagrama Schöeller-Berkaloff donde se representa la media por grupos de cotas en la cuenca del barranco Guinguada.

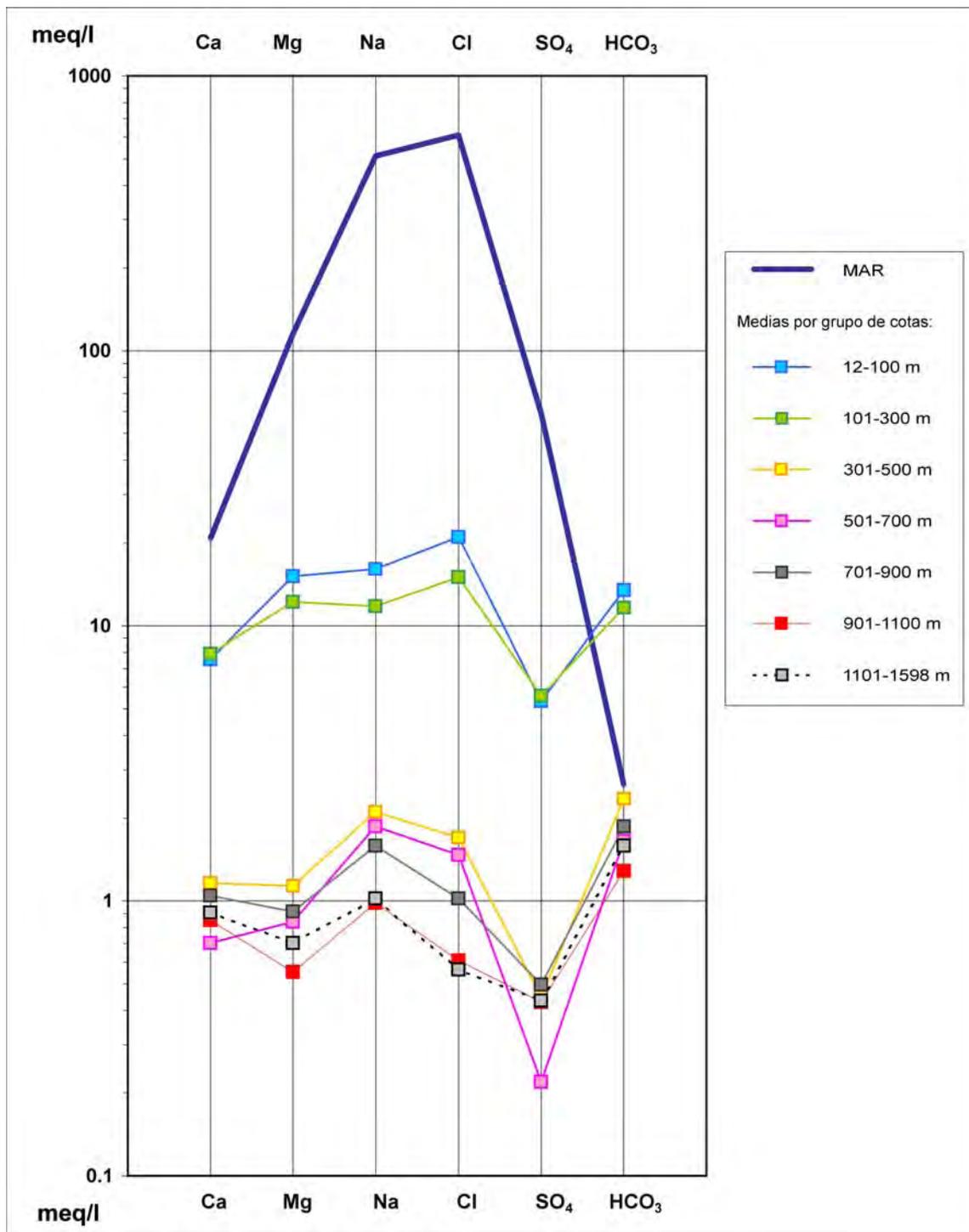


Figura A.4.2.8.- Diagrama Schöeller-Berkaloff donde se representa la media por grupos de cotas en la cuenca del barranco Tenoya.

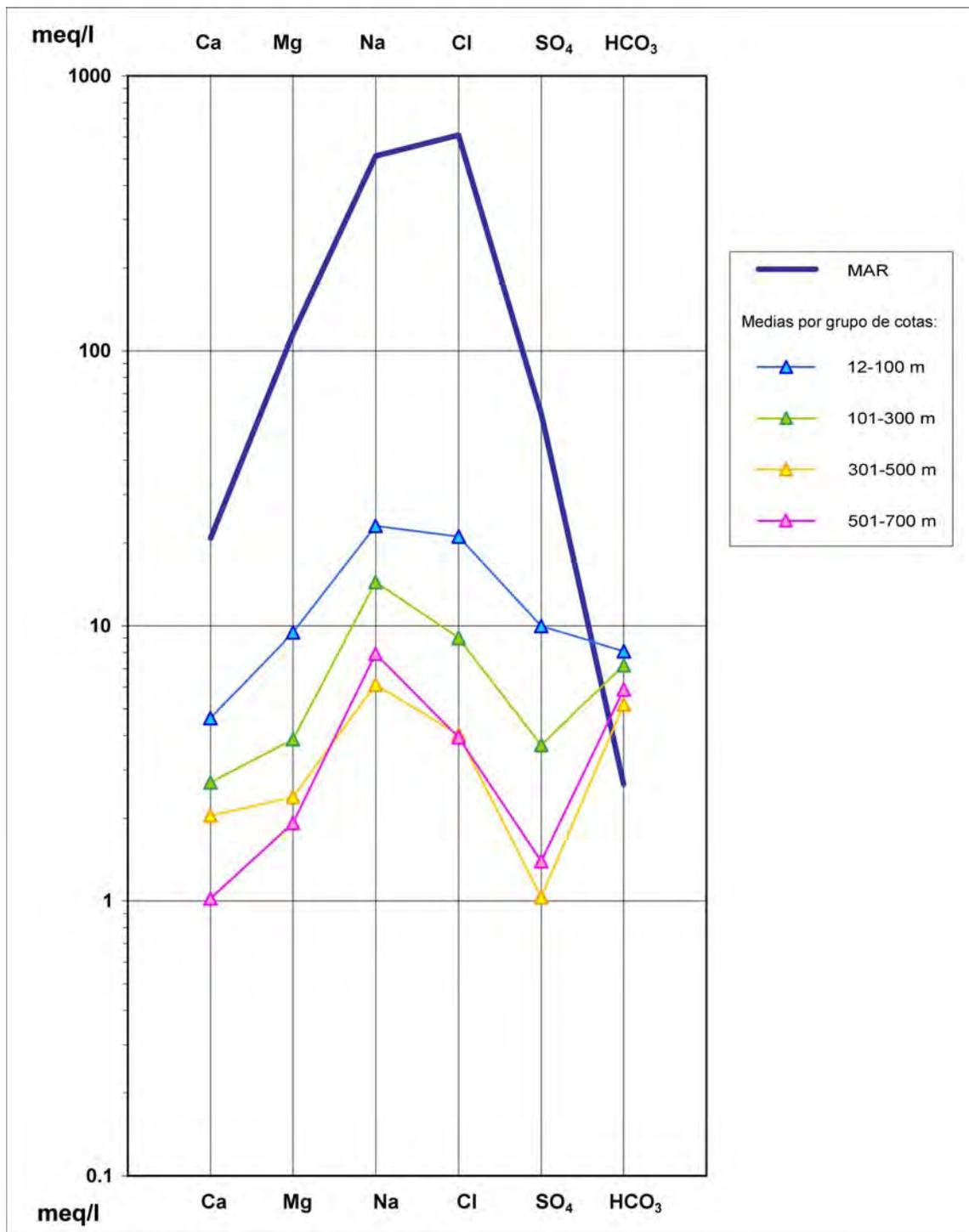


Figura A.4.2.9.- Diagrama Schöeller-Berkaloff donde se representa la media por grupos de cotas en el interfluvio de las cuencas de los barrancos Guinguada y Tenoya.

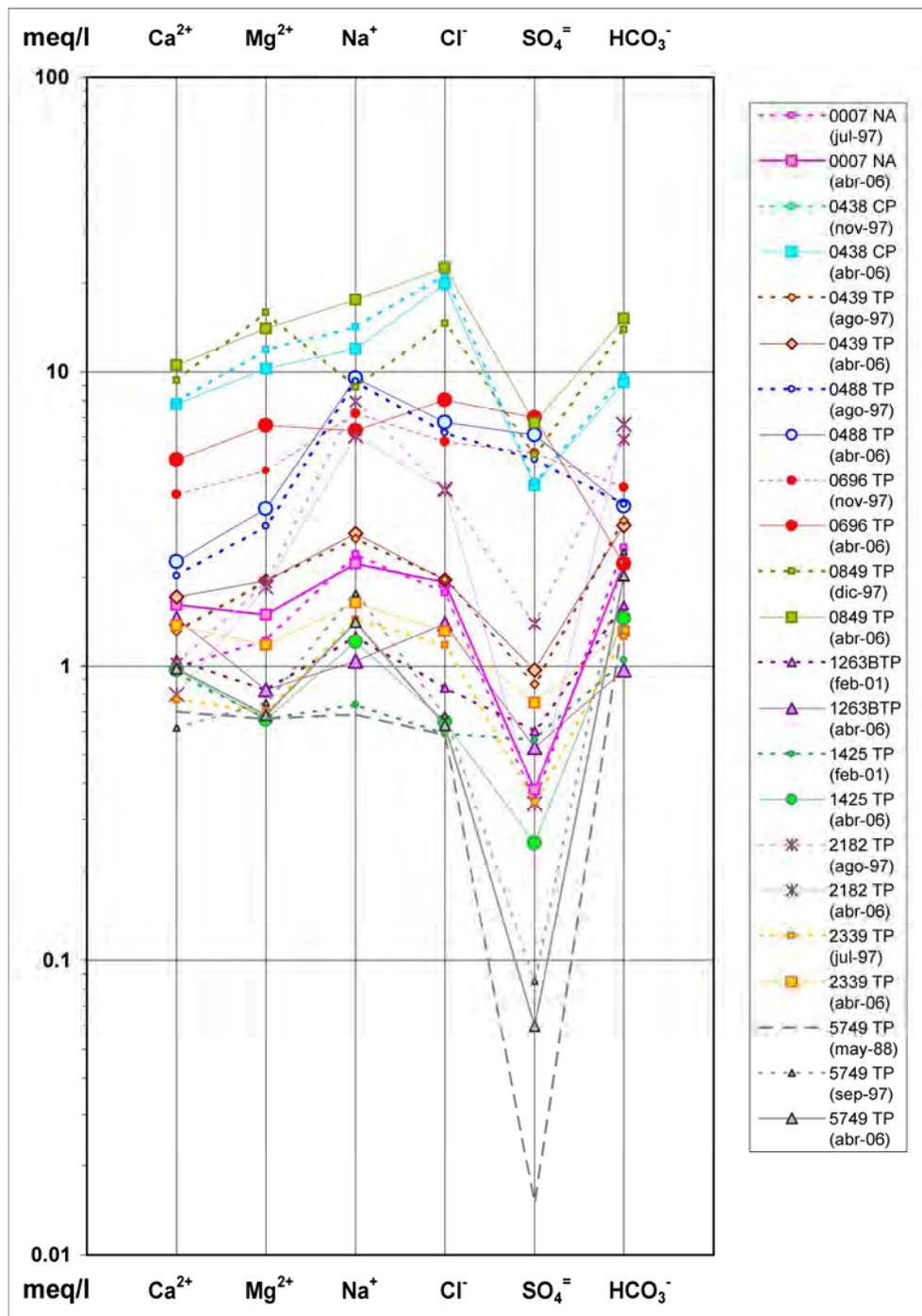


Figura A.4.2.10.- Diagrama Schöeller-Berkaloff donde se representa la variación temporal de los puntos muestreados en 2006.

Tablas A.4.3.1.- Balance de masas con mezclas de aguas marina y dulce (cotas bajas)

Iones (meq/l)	MAR	Agua Dulce (5500 TP) promedio	Agua dulce evaporada	0022 SE (z = 12m)	Exceso/defecto (meq/l)	Mezcla conservativa sin evap.	Exceso/defecto (meq/l)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,471	1,496	117,179	8,700	-108,479	1,581	7,119
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	63,309	0,199	15,614	8,266	-7,348	5,690	2,576
Cl <sup>-</sup>	571,067	0,642	50,290	50,290	0,000	50,269	0,021
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,113	8,820	0,380	-8,440	0,103	0,277
Na <sup>+</sup>	484,629	0,917	71,834	56,740	-15,094	43,000	13,740
K <sup>+</sup>	10,383	0,110	8,611	1,160	-7,451	1,004	0,156
Ca <sup>2+</sup>	21,825	0,655	51,287	4,310	-46,977	2,497	1,813
Mg <sup>2+</sup>	122,207	0,777	60,824	9,760	-51,064	11,341	-1,581

Iones (meq/l)	MAR	Agua Dulce (5500 TP) promedio	Agua dulce evaporada	6084 TP (z = 14m)	Exceso/defecto (meq/l)	Mezcla conservativa sin evap.	Exceso/defecto (meq/l)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,471	1,496	105,668	14,420	-91,248	1,573	12,847
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	63,309	0,199	14,080	7,220	-6,860	5,122	2,098
Cl <sup>-</sup>	571,067	0,642	45,350	45,350	0,000	45,135	0,215
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,113	7,953	0,700	-7,253	0,104	0,596
Na <sup>+</sup>	484,629	0,917	64,778	42,500	-22,278	38,647	3,853
K <sup>+</sup>	10,383	0,110	7,765	1,800	-5,965	0,911	0,889
Ca <sup>2+</sup>	21,825	0,655	46,249	9,500	-36,749	2,306	7,194
Mg <sup>2+</sup>	122,207	0,777	54,849	14,080	-40,769	10,248	3,832

Tablas A.4.3.2.- Balance de masas con mezclas de aguas marina y dulce (cotas medias)

Iones (meq/l)	MAR	Agua Dulce (5500 TP) promedio	Agua dulce evaporada	0262 TP (z = 430m)	Exceso/defecto (meq/l)	Mezcla conservativa sin evap.	Exceso/defecto (meq/l)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,471	1,496	21,786	15,480	-6,306	1,511	13,969
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	63,309	0,199	2,903	17,052	14,149	1,146	15,906
Cl <sup>-</sup>	571,067	0,642	9,350	9,350	0,000	9,199	0,151
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,113	1,640	0,000	-1,640	0,111	-0,111
Na <sup>+</sup>	484,629	0,917	13,355	30,210	16,855	8,173	22,037
K <sup>+</sup>	10,383	0,110	1,601	1,100	-0,501	0,264	0,836
Ca <sup>2+</sup>	21,825	0,655	9,535	5,620	-3,915	0,973	4,647
Mg <sup>2+</sup>	122,207	0,777	11,308	5,670	-5,638	2,598	3,072

Iones (meq/l)	MAR	Agua Dulce (5500 TP) promedio	Agua dulce evaporada	0473 TP (z = 480m)	Exceso/defecto (meq/l)	Mezcla conservativa sin evap.	Exceso/defecto (meq/l)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,471	1,496	16,590	22,640	6,050	1,507	21,133
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	63,309	0,199	2,211	8,338	6,127	0,894	7,444
Cl <sup>-</sup>	571,067	0,642	7,120	7,120	0,000	6,917	0,203
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,113	1,249	0,000	-1,249	0,111	-0,111
Na <sup>+</sup>	484,629	0,917	10,170	30,340	20,170	6,238	24,102
K <sup>+</sup>	10,383	0,110	1,219	1,016	-0,203	0,223	0,793
Ca <sup>2+</sup>	21,825	0,655	7,261	2,220	-5,041	0,888	1,332
Mg <sup>2+</sup>	122,207	0,777	8,611	3,160	-5,451	2,113	1,047

Iones (meq/l)	MAR	Agua Dulce (5500 TP) promedio	Agua dulce evaporada	0887 TP (z = 622m)	Exceso/defecto (meq/l)	Mezcla conservativa sin evap.	Exceso/defecto (meq/l)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,471	1,496	2,493	2,640	0,147	1,497	1,143
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	63,309	0,199	0,332	0,108	-0,224	0,247	-0,139
Cl <sup>-</sup>	571,067	0,642	1,070	1,070	0,000	1,070	0,000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,113	0,188	0,055	-0,133	0,113	-0,058
Na <sup>+</sup>	484,629	0,917	1,528	1,740	0,212	1,280	0,460
K <sup>+</sup>	10,383	0,110	0,183	0,300	0,117	0,118	0,182
Ca <sup>2+</sup>	21,825	0,655	1,091	1,090	-0,001	0,671	0,419
Mg <sup>2+</sup>	122,207	0,777	1,294	1,320	0,026	0,868	0,452

Tablas A.4.3.3.- Balance de masas con mezclas de aguas marina y dulce (cotas altas)

Iones (meq/l)	MAR	Agua Dulce (5500 TP) promedio	Agua dulce evaporada	6135 TP (z = 745m)	Exceso/defecto (meq/l)	Mezcla conservativa sin evap.	Exceso/defecto (meq/l)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,471	1,496	2,749	5,000	2,251	1,497	3,503
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	63,309	0,199	0,366	0,821	0,455	0,259	0,562
Cl <sup>-</sup>	571,067	0,642	1,180	1,180	0,000	1,178	0,002
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,113	0,207	0,000	-0,207	0,113	-0,113
Na <sup>+</sup>	484,629	0,917	1,686	4,000	2,314	1,372	2,628
K <sup>+</sup>	10,383	0,110	0,202	0,176	-0,026	0,120	0,056
Ca <sup>2+</sup>	21,825	0,655	1,203	2,000	0,797	0,675	1,325
Mg <sup>2+</sup>	122,207	0,777	1,427	1,900	0,473	0,891	1,009

Iones (meq/l)	MAR	Agua Dulce (5500 TP) promedio	Agua dulce evaporada	6135 TP (z = 792m)	Exceso/defecto (meq/l)	Mezcla conservativa sin evap.	Exceso/defecto (meq/l)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,471	1,496	9,390	4,110	-5,280	1,502	2,608
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	63,309	0,199	1,251	0,652	-0,599	0,574	0,078
Cl <sup>-</sup>	571,067	0,642	4,030	4,030	0,000	4,031	-0,001
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,113	0,707	0,570	-0,137	0,112	0,458
Na <sup>+</sup>	484,629	0,917	5,756	2,930	-2,826	3,791	-0,861
K <sup>+</sup>	10,383	0,110	0,690	0,439	-0,251	0,171	0,268
Ca <sup>2+</sup>	21,825	0,655	4,110	2,490	-1,620	0,781	1,709
Mg <sup>2+</sup>	122,207	0,777	4,874	3,300	-1,574	1,498	1,802

## **ANEJO A-5. PARÁMETROS HIDRÁULICOS Y BALANCE HÍDRICO.**

- A.5.1 Ensayos de bombeo y recuperación
- A.5.2 Tablas balance hídrico

Tabla A.5.1.1.- Ensayo de bombeo en el sondeo 3 expediente 6084 TP

FECHA	HORA	t (min)	Q (l/s)	Profundidad	s (m)				
30/01/1985	15:32	<b>0</b>	27,27	<b>3,68</b>	Sondeo 1	<b>t1</b>			
	15:48	16	27,27	4,16	0,48				
	15:50	18	27,27	4,22	0,54				
	15:52	20	27,27	4,32	0,64				
	15:54	22	27,27	4,41	0,73				
	15:56	24	27,27	4,49	0,81				
	15:58	26	27,27	4,55	0,87				
	16:00	28	27,27	4,61	0,93				
	16:03	31	27,27	4,71	1,03				
	16:05	33	27,27	4,74	1,06				
	16:06	34	27,27	4,75	1,07				
	16:08	36	27,27	4,79	1,11				
	16:10	38	27,27	4,82	1,14				
	16:12	40	27,27	4,86	1,18				
	16:14	42	27,27	4,89	1,21				
	16:16	44	27,27	4,92	1,24				
	16:18	46	27,27	4,95	1,27				
	16:20	48	27,27	4,98	1,30				
	16:22	50	27,27	5,01	1,33				
	16:24	52	27,27	5,03	1,35				
16:26	54	27,27	5,06	1,38					
16:50	78	27,27	5,31	1,63					
17:33	121	27,27	5,61	1,93					
18:00	148	27,27	5,72	2,04					
18:39	187	27,27	5,85	2,17					
19:30	238	27,27	5,95	2,27					
31/01/1985	8:05	993	27,27	6,15	2,47	<b>t2</b>			
	12:15	1243	27,27	6,16	2,48				
	15:56	1464	27,27	6,17	2,49				
<b>31/01/1985</b>	<b>16:00</b>	<b>0</b>	<b>27,27</b>	<b>6,15</b>	Sondeo 1	<b>t (min)</b>	<b>(t-t1)/(t-t2)</b>	<b>s(m)</b>	
	16:02	2		6,14	0,01	1466	733,00	2,48	
	16:04	4		6,12	0,03	1468	367,00	2,46	
	16:06	6		6,08	0,07	1470	245,00	2,42	
	16:08	8		5,98	0,17	1472	184,00	2,32	
	16:10	10		5,91	0,24	1474	147,40	2,25	
	16:13	13		5,79	0,36	1477	113,62	2,13	
	16:17	15		5,60	0,55	1479	98,60	1,94	
	16:22	20		5,40	0,75	1484	74,20	1,74	
	16:25	23		5,22	0,93	1487	64,65	1,56	
	16:36	34		5,01	1,14	1498	44,06	1,35	
	16:46	44		4,83	1,32	1508	34,27	1,17	
	17:15	73		4,50	1,65	1537	21,05	0,84	
	18:00	88		4,26	1,89	1552	17,64	0,60	
	18:30	118		4,14	2,01	1582	13,41	0,48	
	19:00	148		4,07	2,08	1612	10,89	0,41	
	20:05	183		3,98	2,17	1647	9,00	0,32	
	<b>01/02/1985</b>	5:28	746		3,78	2,37	2210	2,96	0,12
		8:56	954		3,77	2,38	2418	2,53	0,11
		9:23	981		3,76	2,39	2445	2,49	0,10
9:55		1013		3,76	2,39	2477	2,45	0,10	

FECHA	HORA	t (min)	Q (l/s)	Profundidad	s (m)			
	10:28	1046		3,76	2,39	2510	2,40	0,10
	10:58	1066		3,76	2,39	2530	2,37	0,10
	11:31	1099		3,76	2,39	2563	2,33	0,10
	12:00	1128		3,76	2,39	2592	2,30	0,10
	12:30	1158		3,76	2,39	2622	2,26	0,10
	13:01	1189		3,76	2,39	2653	2,23	0,10
30/01/1985	<b>15:32</b>	<b>0</b>	27,27	<b>4,24</b>	Sondeo 2			
	15:33	1	27,27	6,48	2,24			
	15:34	2	27,27	7,53	3,29			
	15:35	3	27,27	8,60	4,36			
	15:36	4	27,27	9,70	5,46			
	15:37	5	27,27	10,40	6,16			
	15:38	6	27,27	10,89	6,65			
	15:39	7	27,27	11,02	6,78			
	15:43	11	27,27	11,35	7,11			
	15:44	12	27,27	12,50	8,26			
	15:45	13	27,27	12,60	8,26			
	15:50	18	27,27	12,90	8,36			
	16:00	20	27,27	13,14	8,66			
	16:15	35	27,27	13,37	8,90			
	16:30	65	27,27	13,56	9,13			
	16:50	85	27,27	13,68	9,32			
	17:30	125	27,27	13,90	9,44			
	18:02	157	27,27	14,03	9,66			
	18:36	193	27,27	14,06	9,79			
	19:34	251	27,27	14,10	9,86			
31/01/1985	2:15	652	27,27	14,34	10,10			
	12:20	1257	27,27	14,36	10,12			
	15:22	1439	27,27	14,36	10,12	<b>t2</b>		
<b>31/01/1985</b>	<b>15:56</b>	<b>0</b>	27,27	<b>14,36</b>	Sondeo 2	<b>t (min)</b>	<b>(t-t1)/(t-t2)</b>	<b>s(m)</b>
	15:57	1		12,50	1,86	1440	1440,00	8,26
	15:57	1,5		12,00	2,36	1440,5	960,33	7,76
	15:58	2		11,00	3,36	1441	720,50	6,76
		2,5		10,00	4,36	1441,5	576,60	5,76
		5		8,52	5,84	1444	288,80	4,28
		6,5		7,53	6,83	1445,5	222,38	3,29
		8		6,89	7,47	1447	180,88	2,65
		10		6,49	7,87	1449	144,90	2,25
		15		5,95	8,41	1454	96,93	1,71
		25		6,05	8,31	1464	58,56	1,81
		30		6,00	8,36	1469	48,97	1,76
		40		5,70	8,66	1479	36,98	1,46
		50		5,56	8,80	1489	29,78	1,32
		60		5,48	8,88	1499	24,98	1,24
		90		5,38	8,98	1529	16,99	1,14
		120		5,20	9,16	1559	12,99	0,96
		150		4,97	9,39	1589	10,59	0,73
		180		4,87	9,49	1619	8,99	0,63
		240		4,76	9,60	1679	7,00	0,52
	20:58	300		4,71	9,65	1739	5,80	0,47
31/01/1985	8:35	997		4,32	10,04	2436	2,44	0,08

FECHA	HORA	t (min)	Q (l/s)	Profundidad	s (m)			
	9:15	1037		4,31	10,05	2476	2,39	0,07
	9:35	1057		4,30	10,06	2496	2,36	0,06
	10:05	1087		4,295	10,07	2526	2,32	0,05
	10:35	1117		4,295	10,07	2556	2,29	0,05
	11:05	1147		4,295	10,07	2586	2,25	0,05
	11:35	1177		4,295	10,07	2616	2,22	0,05
	12:25	1227		4,285	10,08	2666	2,17	0,04
	12:35	1237		4,285	10,08	2676	2,16	0,04
	13:06	1268		4,285	10,08	2707	2,13	0,04
<b>30/01/1985</b>	<b>15:32</b>	<b>0</b>	<b>27,27</b>	<b>4,19</b>	Sondeo 3			
		1	27,27	25,50	21,31			
		2	27,27	27,28	23,09			
		2,5	27,27	32,40	28,21			
		3	27,27	33,00	28,81			
		5	27,27	35,75	31,56			
		6	27,27	38,25	34,06			
		7	27,27	39,76	35,57			
		8	27,27	40,37	36,18			
	16:10	46	27,27	40,43	36,24			
	18:04	160	27,27	40,43	36,24			
	19:40	256	27,27	40,43	36,24			
	20:10	286	27,27	40,46	36,27			
	20:25	301	27,27	40,43	36,24			
	21:13	349	27,27	40,43	36,24			
						<b>t2</b>		
<b>31/01/1985</b>	<b>7:08</b>	<b>0</b>	<b>27,27</b>	<b>6,16</b>	Sondeo 3	<b>t (min)</b>	<b>(t-t1)/(t-t2)</b>	<b>s (m)</b>
	17:19	611		5,19	0,97	1661	2,72	35,27

Tabla A.5.1.2.- Ensayo de bombeo en el sondeo 2 expediente 6084 TP

FECHA	HORA	t (min)	Q (l/s)	Profundidad	s (m)				
04/02/1985	16:13	0	30,44	3,71	Sondeo 1	t1			
		1	30,44	3,72	0,01				
		2,5	30,44	3,75	0,04				
		4,5	30,44	3,80	0,09				
		6,5	30,44	3,85	0,14				
		9,75	30,44	3,90	0,19				
		13,75	30,44	4,04	0,33				
		18,75	30,44	4,22	0,51				
		25,25	30,44	4,43	0,72				
		33,25	30,44	4,69	0,98				
		43,25	30,44	4,88	1,17				
		58,25	30,44	5,08	1,37				
		78,25	30,44	5,42	1,71				
		108,25	30,44	5,62	1,91				
		153,25	30,44	5,90	2,19				
		208,25	30,44	5,97	2,26				
		268,25	30,44	6,74	3,03				
		06/02/1985	15:36	0	30,44		6,87	Sondeo 1	t2
2	6,84			0,03	1500,25	750,13	3,12		
3	6,84			0,03	1501,25	40,30	3,12		
4	6,80			0,07	1502,25	39,27	3,08		
5	6,75			0,12	1503,25	38,30	3,03		
7	6,63			0,24	1505,25	36,49	2,91		
11	6,51			0,36	1509,25	33,35	2,79		
15	6,35			0,52	1513,25	30,73	2,63		
20	6,19			0,68	1518,25	27,99	2,47		
30	5,96			0,91	1528,25	23,79	2,24		
40	5,69			1,18	1538,25	20,72	1,97		
50	5,37			1,50	1548,25	18,38	1,65		
70	5,10			1,77	1568,25	15,04	1,38		
110	4,79			2,08	1608,25	11,15	1,07		
165	4,57			2,30	1663,25	8,35	0,85		
240	4,42			2,45	1738,25	6,34	0,70		
980	4,00			2,87	2478,25	2,44	0,28		
1210	3,90			2,97	2708,25	2,18	0,18		
1420	3,88	2,99	2918,25	2,01	0,16				
2230	3,83	3,04	3728,25	1,65	0,11				
2650	3,72	3,15	4148,25	1,55	0,00				
2950	3,78	3,09	4448,25	1,49	0,06				
04/02/1985	16:15	0	30,44	4,17	Sondeo 2				
		10	30,44	25,60	21,43				
		20	30,44	26,33	22,16				
		60	30,44	27,05	22,88				
		740	30,44	27,66	23,49				
		1535	30,44	28,20	24,03				
		1750	30,44	28,25	24,08				

FECHA	HORA	t (min)	Q (l/s)	Profundidad	s (m)			
		1935	30,44	28,34	24,17			
		2105	30,44	28,53	24,36			
		2975	30,44	28,51	24,34			
		3380	30,44	28,39	24,22			
						<b>t2</b>		
06/02/1985	15:36	0	30,44	<b>28,39</b>	Sondeo 2	<b>t (min)</b>	<b>(t-t1)/(t-t2)</b>	<b>s (m)</b>
		10		6,56		3390	339,00	2,39
		40		5,32		3420	85,50	1,15
		85		4,98		3465	40,76	0,81
07/02/1985	8:53	265		4,49		3645	13,75	0,32
		520		4,35		3900	7,50	0,18
	18:32	730		4,39		4110	5,63	0,22
08/02/1985	18:10	2150		4,32		5530	2,57	0,15
09/02/1985	15:15	3415		4,20		6795	1,99	0,03
		3725		4,28		7105	1,91	0,11
11/02/1985	8:20	5155		4,21		8535	1,66	0,04

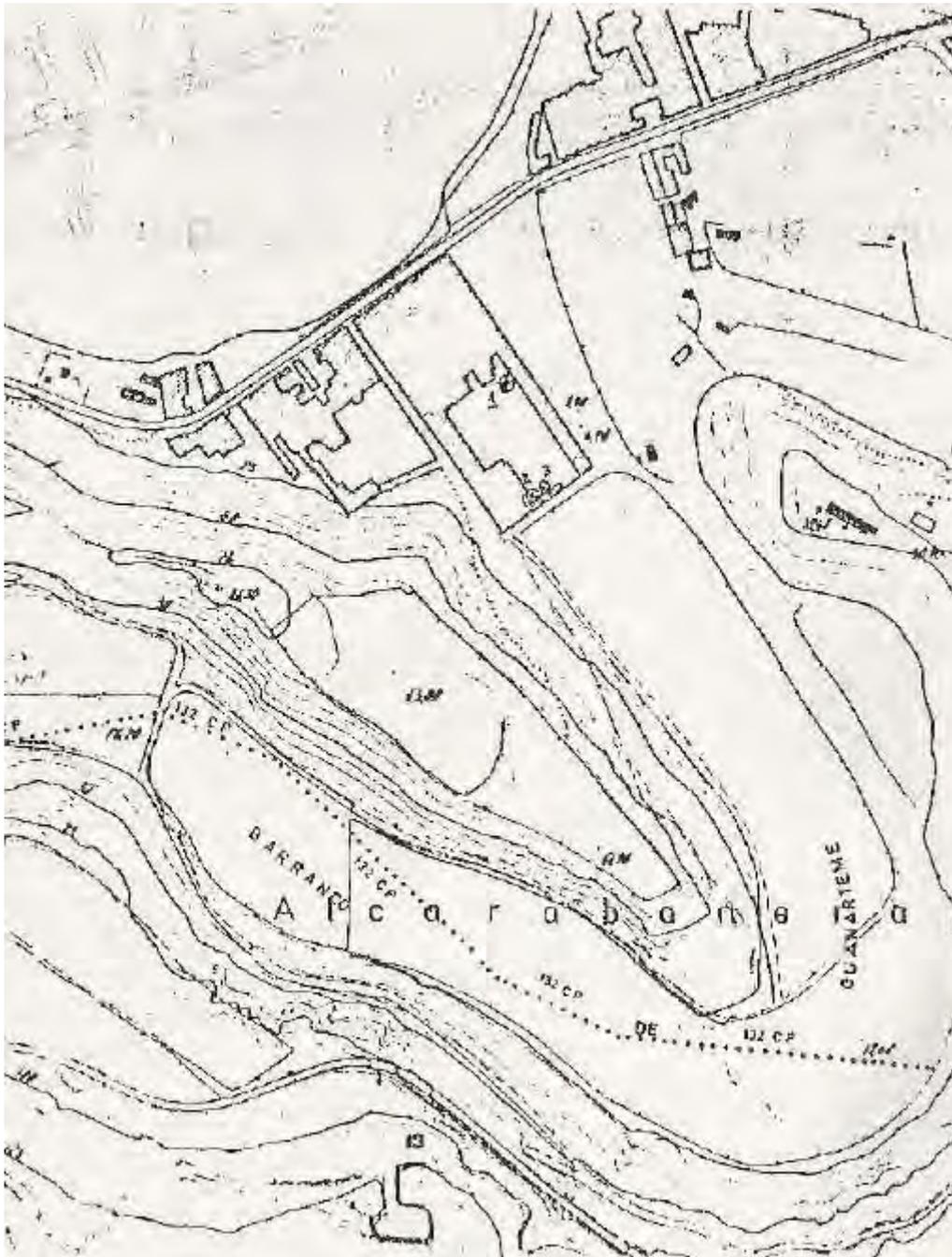


Figura A.5.1.- Plano de situación (sin escala) de los sondeos 1, 2 y 3 del expediente 6084TP (Registro de Aguas del CIAGC)

NOTAS: El plano carece de escala ya que ha sido escaneado del expediente original. Los datos que se indican en el dicho expediente son las distancias a la línea de costa de los distintos sondeos: Sondeo 1 dista de la línea de costa 125m, los Sondeos 2 y 3 distan ambos 220m de dicha línea. Dice además, que en el recinto existen unos pozos previos a los sondeos (sin especificar el número), cercanos a los mismos y no productivos.

Tabla A.5.1.3.- Ensayo de bombeo y recuperación expediente 0756 TP

FECHA	HORA	t (min)	Q (l/s)	Profundidad	s (m)				
13/07/1992	8:00	<b>0</b>	10,00	<b>114,67</b>		<b>t1</b>			
		0,5	10,00	114,68	0,01				
		1	10,00	114,68	0,01				
		2	10,00	114,69	0,02				
		4	10,00	114,70	0,03				
		8	10,00	114,73	0,06				
		15	10,00	114,78	0,11				
		30	10,00	114,93	0,26				
		45	10,00	114,95	0,28				
		60	10,00	115,07	0,40				
		75	10,00	115,16	0,49				
		90	10,00	115,26	0,59				
		105	10,00	115,40	0,73				
		120	10,00	115,50	0,83				
		135	10,00	115,58	0,91				
		150	10,00	115,69	1,02				
		165	10,00	115,79	1,12				
		180	10,00	115,90	1,23				
			11:30	210	10,00		116,10	1,43	<b>t2</b>
	13/07/1992	11:30	<b>0</b>	<b>10,00</b>	<b>116,10</b>		<b>t (min)</b>	<b>(t-t1)/(t-t2)</b>	<b>s (m)</b>
0,5				116,10	0,00	210,5	421,00	1,43	
1				116,09	0,01	211	211,00	1,42	
2				116,09	0,01	212	106,00	1,42	
4				116,09	0,01	214	53,50	1,42	
8				116,08	0,02	218	27,25	1,41	
15				116,08	0,02	225	15,00	1,41	
30				116,07	0,03	240	8,00	1,40	
45				116,05	0,05	255	5,67	1,38	
60				116,04	0,06	270	4,50	1,37	
75				116,03	0,07	285	3,80	1,36	
90				116,02	0,08	300	3,33	1,35	
105				116,00	0,10	315	3,00	1,33	
120				115,98	0,12	330	2,75	1,31	
150				115,92	0,18	360	2,40	1,25	
180				115,86	0,24	390	2,17	1,19	
210				115,82	0,28	420	2,00	1,15	
240				115,77	0,33	450	1,88	1,10	
480				115,49	0,61	690	1,44	0,82	
720				115,17	0,93	930	1,29	0,50	
960				114,90	1,20	1170	1,22	0,23	
		1210		114,67	1,43	1420	1,17	0,00	

Tabla A.5.2.1.- Cálculo de la recarga por infiltración directa de agua de lluvia en la zona de estudio.

Para hallar la recarga se ha utilizado la hoja de cálculo EASY BAL 3.0, facilitado por la Fundación Curso Internacional de Hidrología Subterránea. Se ha tomado una serie de datos de lluvia y temperatura de 9 años, desde 1996 hasta 2004. Para ejecutar el programa se parte de los datos anteriormente calculados, dándonos como paso previo al cálculo de la recarga la Reserva útil en mm (Ru).

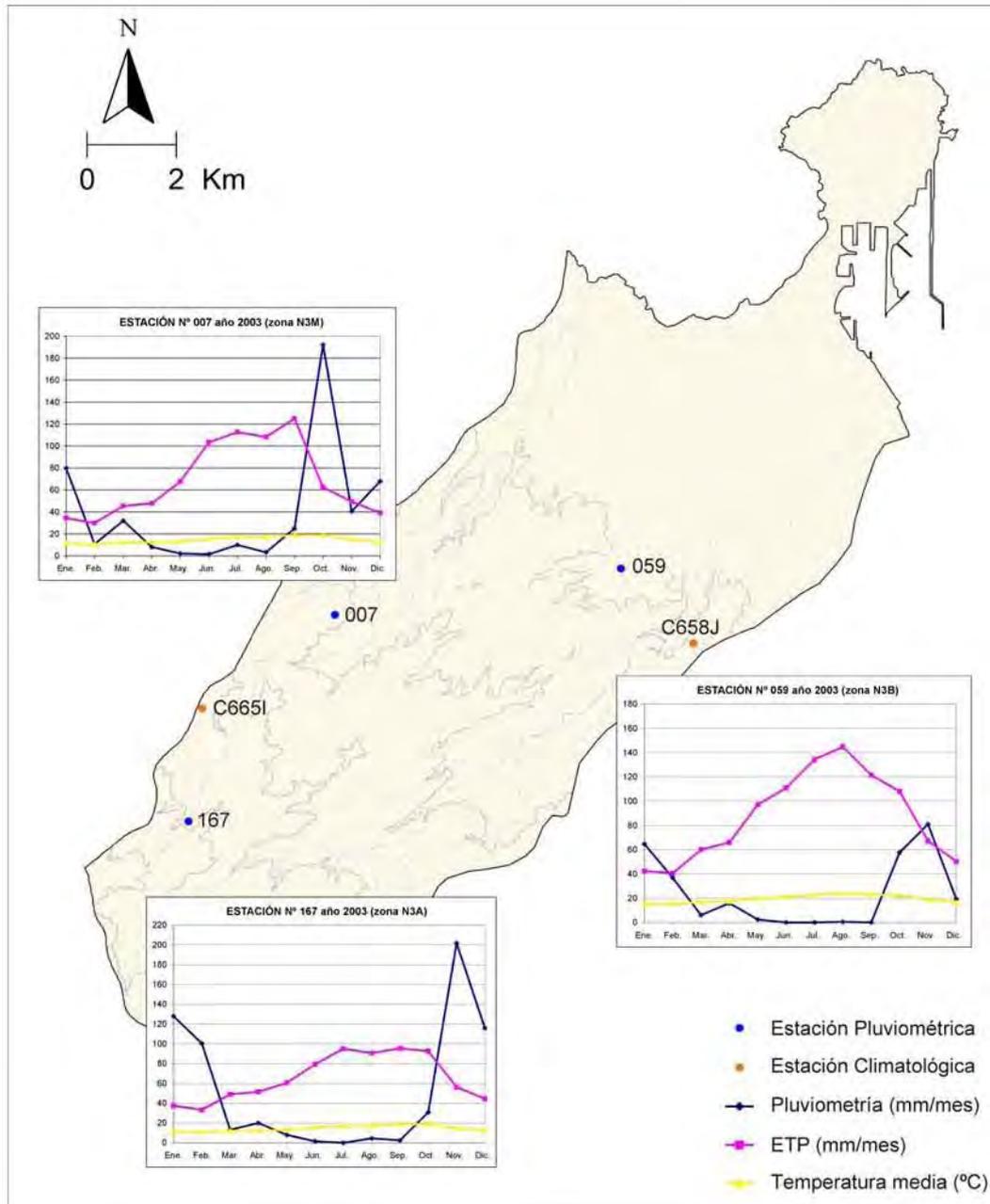


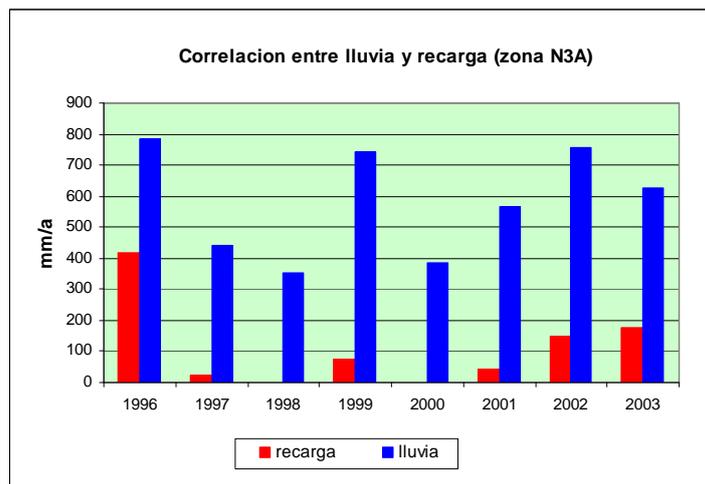
Figura A.5.2.1.- Estaciones de datos pluviométricos y meteorológicos utilizados para el cálculo de la recarga en la zona de estudio.

A partir de los datos climatológicos de partida y los parámetros del suelo calculados en el Anejo A-1, el programa calcula la ETP usando el método de Thornthwaite, y de ahí realiza el balance para hallar la recarga, obteniéndose los siguientes datos para las diferentes zonas:

- **LA ZONA ALTA (N3A)** posee una superficie de 43,45 km<sup>2</sup> y está situada entre las cotas de 1900 y 900 m. Para evaluar la recarga se han utilizado los datos pluviométricos de la estación nº 167 y los datos de temperatura de la estación meteorológica C665I cuya situación se representa en la figura A.5.2.1.b.

Capacidad de Campo (en volumen)	0,247
Humedad Inicial (en volumen)	0,247
Espesor suelo (m)	1,5
P.M.P.	0,133
VALOR LAMINACIÓN (mm)	50
Reserva Útil (mm)	172,55
Reserva Inicial (mm)	172,55

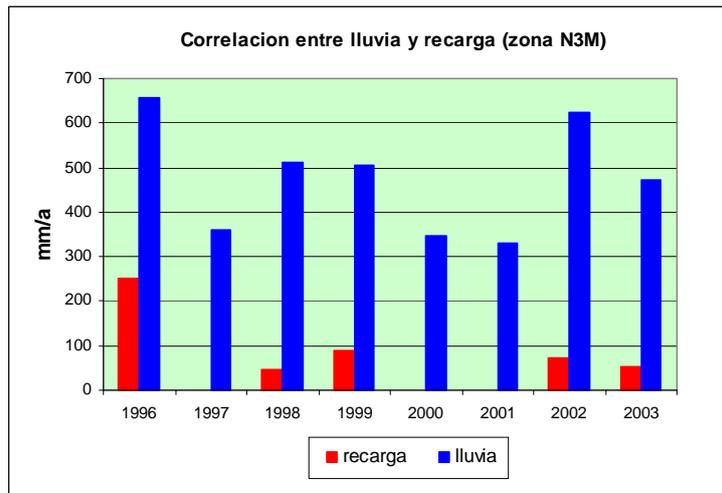
Año	Recarga (mm/a)	Lluvia (mm/a)
1996	418,7	786,0
1997	23,2	441,2
1998	0	350,3
1999	74,8	742,2
2000	0	384,9
2001	42,7	563,7
2002	147,9	754,9
2003	175,5	626,9
<b>media</b>	<b>110</b>	<b>581</b>



- **LA ZONA MEDIA (N3M)** posee una superficie de 58,35 km<sup>2</sup> y esta situada entre las cotas de 900 y 400 m. Para evaluar la recarga se han utilizado los datos de la estación pluviométrica nº 007 y de la estación meteorológica de C665I (figura A.5.2.1.b).

Capacidad de Campo (en volumen)	0,232
Humedad Inicial (en volumen)	0,232
Espesor suelo (m)	1
P.M.P.	0,122
VALOR LAMINACIÓN (mm)	28,58
Reserva Útil (mm)	109,57
Reserva Inicial (mm)	109,57

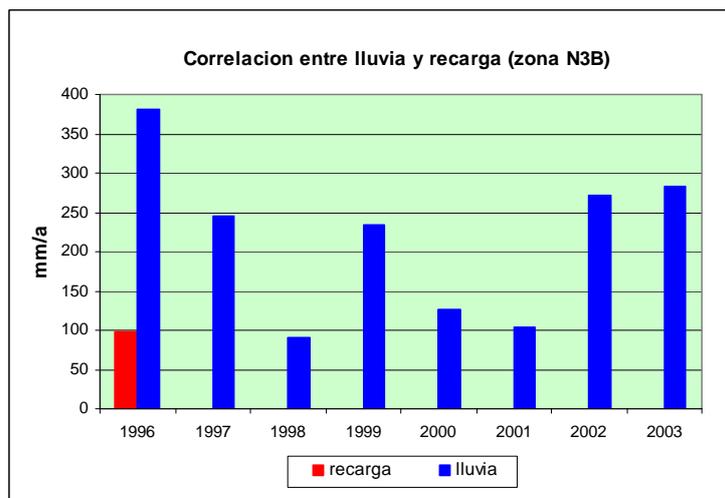
Año	Recarga (mm/a)	Lluvia (mm/a)
1996	251,8	658,1
1997	0	359,0
1998	45,4	511,7
1999	88,5	505,2
2000	0	347,3
2001	0	329,3
2002	73,7	624,2
2003	52,1	472,9
<b>media</b>	<b>64</b>	<b>476</b>



- **LA ZONA BAJA (N3B)** posee una superficie de 63,43 km<sup>2</sup> y está situada entre las cotas de 400 y 0 m. Para evaluar la recarga se han utilizado los datos de la estación pluviométrica nº 059 y de la estación meteorológica de C658J (figura A.5.2.1.b).

Capacidad de Campo (en volumen)	0,428
Humedad Inicial (en volumen)	0,428
Espesor suelo (m)	1
P.M.P.	0,248
VALOR LAMINACIÓN (mm)	26,17
Reserva Útil (mm)	180,00
Reserva Inicial (mm)	180,00

Año	Recarga (mm/a)	Lluvia (mm/a)
1996	97,3	380,2
1997	0	244,8
1998	0	89,7
1999	0	233,2
2000	0	125,7
2001	0	104,4
2002	0	271,8
2003	0	283,9
<b>media</b>	<b>12</b>	<b>217</b>



Se ha de tener en cuenta que los valores tan altos de recarga por infiltración de agua de lluvia para el primer año son debidos por un lado, a ser un año bastante lluvioso (1996) y por otro al

valor tan alto de reserva útil inicial que estima el programa, sobredimensionando de esta manera ese primer valor de recarga.

Con respecto a los valores de recarga (igual a cero para algunos años) considerados como anómalos, se ha de entender que se trata de una zona con un funcionamiento hídrico diferente, donde la climatología, orografía y la respuesta del suelo debido a su origen volcánico hacen que haya años donde no se produzca recarga por infiltración de agua de lluvia y otros en los cuales si se recargue el acuífero. De manera que lo que se puede considerar como incomprensible para unas condiciones determinadas para otras se considera un comportamiento normal.

Tabla A.5.2.2.- Cálculo de la infiltración por pérdida de escorrentía en los barrancos.

Para poder calcular la infiltración producida por la pérdida de escorrentía en los cauces de los barrancos (Rq) de la zona de estudio, se han utilizado los datos aportados por el Proyecto SPA-15, donde se estimaron las pérdidas de escorrentía en los cauces de los barrancos en función de la lluvia caída en un período de 3 años consecutivos (1970-1973) y de las características de las zonas hidrológicas.

La zona hidrológica de dicho proyecto que se corresponde con la actual zona de estudio es la Zona II y sus correspondientes subdivisiones A<sub>H</sub>, A<sub>L</sub>, B<sub>N</sub>, C<sub>H</sub> y C<sub>L</sub> (figura A.5.2.2.1).

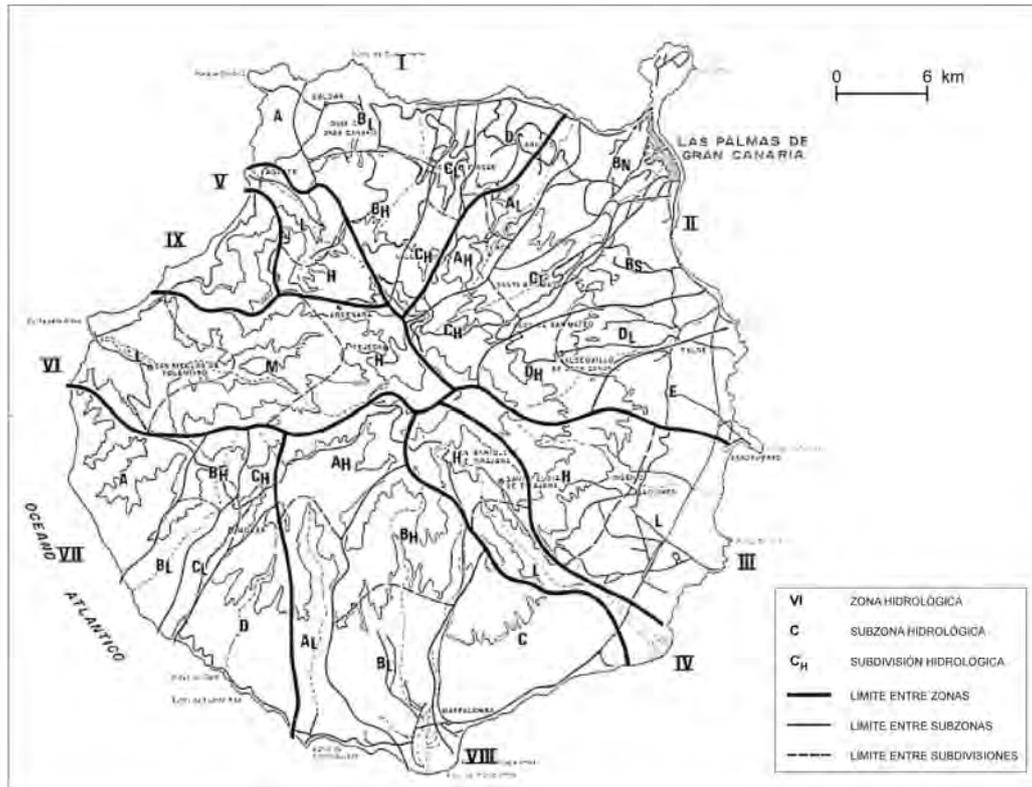


Figura A.5.2.2.1.- Zonificación hidrológica establecida en el Proyecto SPA-15 (1975).

Determinando el porcentaje de precipitación que se infiltra como pérdida de escorrentía en el cauce del barranco y suponiendo que las características del mismo no han variado, se obtiene el siguiente coeficiente de infiltración:

Tabla A.5.2.2.1.- Porcentaje de infiltración por pérdida de escorrentía en los cauces de los barrancos en la zona hidrológica II (SPA-15).

Zona SPA-15	S (km <sup>2</sup> )	P				Rq									
		70/71	71/72	72/73	Media	70/71			71/72			72/73		Media	
		mm	mm	mm	mm/a	mm	hm <sup>3</sup>	% P	mm	hm <sup>3</sup>	% P	mm	hm <sup>3</sup>	% P	% P
IIA	40.1	674	486	483	547.67	13	0.521	1.93	4	0.16	0.82	4	0.16	0.83	1.19
IIB	107.9	422	289	280	330.33	14	1.51	3.32	5	0.539	1.73	7	0.755	2.50	2.52
IIC	56.1	765	625	622	670.67	10	0.561	1.31	6	0.337	0.96	5	0.281	0.80	1.02

Para poder aplicar dicho coeficiente de infiltración se debe adaptar las superficies de las cuencas hidrológicas establecidas en el SPA-15, a las consideradas en el presente proyecto, determinadas por el Consejo Insular de Agua de G.C. (figura A.5.2.2.2), partiendo de la suposición de que las características del suelo en los cauces son las mismas.

Las cuencas de estudio, correspondientes al barranco Guinguada y al barranco de Tenoya, están comprendidas dentro de las siguientes zonas hidrológicas:

Tabla A.5.2.2.2.- Adaptación de los coeficientes de infiltración en barrancos a las cuencas de los barrancos principales de la zona de estudio (datos de superficie del SPA-15).

Zona SPA-15	S (km <sup>2</sup> )	% P	Cuenca principales barrancos	S cuenca (km <sup>2</sup> )	% P
IIA (A <sub>L</sub> + A <sub>H</sub> )	40.1	1.19	Tenoya (A <sub>L</sub> + A <sub>H</sub> )	39.3	1.17
IIB (B <sub>N</sub> + B <sub>S</sub> )	107.9	2.52	Interfluvio (B <sub>N</sub> )	59.2	1.38
IIC (C <sub>L</sub> + C <sub>H</sub> )	56.1	1.02	Guinguada (C <sub>L</sub> + C <sub>H</sub> )	66.8	1.21

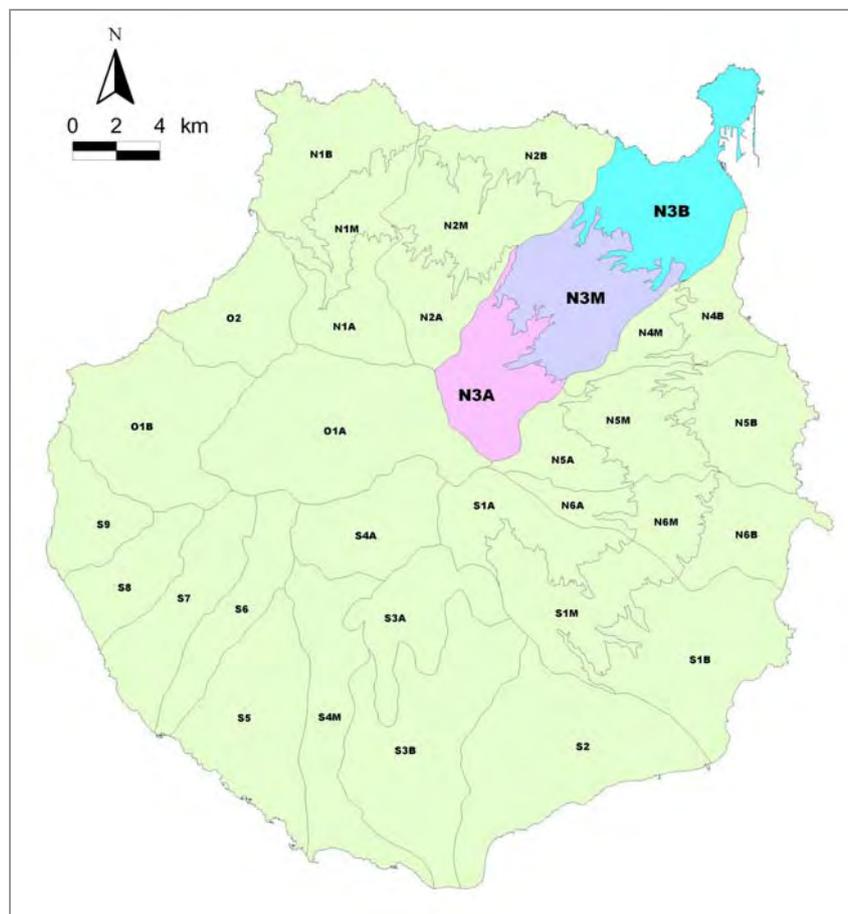


Figura A.5.2.2.2.- Zonificación Hidrológica del Consejo Insular de Aguas de G.C.

Si se hace un promedio de los coeficientes de infiltración correspondientes a cada subdivisión hidrológica del SPA-15 que comprende cada una de las zonas (N3A, N3B y N3M), en función de las superficies de las mismas, se obtiene los coeficientes equivalentes aplicables en la zona de estudio:

Tabla A.5.2.2.3.- Coeficientes de infiltración en barrancos aplicables a la superficie de las subdivisiones de la zona de estudio N3.

Zona (CIAGC)	S (km <sup>2</sup> )	Equivalencia zona SPA-15	% P
<b>N3A</b>	43.45	IIA <sub>H</sub> + IIC <sub>H</sub>	1.19
<b>N3M</b>	58.35	IIB <sub>N</sub> + IIA <sub>L</sub> + IIC <sub>L</sub>	1.25
<b>N3B</b>	63.43	IIB <sub>N</sub> + IIA <sub>L</sub> + IIC <sub>L</sub>	1.25

Una obtenido el coeficiente de infiltración como porcentaje de la pluviometría, se calcula el valor de la recarga por pérdida de escorrentía en los cauces de los barrancos de la zona de estudio N3. Así, con los datos de pluviometría obtenidos de las diferentes estaciones seleccionadas (ver tabla A.5.2.1, figura A.5.2.1) se tienen los siguientes valores Rq de recarga en los barrancos (tabla A.5.2.2.4):

Tabla A.5.2.2.4.- Recarga por pérdida de escorrentía en los barrancos (Rq) en función de la pluviometría (P) de la zona de estudio (1996-2003).

Zona (CIAGC)	S (km <sup>2</sup> )	P		Rq	
		mm/a	hm <sup>3</sup> /a	mm/a	hm <sup>3</sup> /a
<b>N3A</b>	43,45	581	25,24	6,92	0,30
<b>N3M</b>	58,35	476	27,77	5,97	0,35
<b>N3B</b>	63,43	217	13,76	2,72	0,17
Total ZDE	165,23	1.274	66,78	15,6	0,82

Tabla A.5.2.3.- Cálculo de las extracciones por bombeo en los pozos de la zona de estudio.

EXPEDIENTE	HORAS Bombeo	Q (l/s)	Días/Mes	Meses/Año	BOMBA Caudal Nominal (l/s)	Q(l/s) medio extraído continuo al año
0009ATP		3,00			3,00	3,00
0022 SE	12,00	6,00	5,00	12,00	6,00	0,50
0023 SE	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00	0,09
0027 SE	5,00	5,00	30,00	12,00	5,00	1,04
0849 TP					13,00	13,00
0041 A4	5,00	10,00	30,00	12,00	10,00	2,08
0079 CP	1,50	10,00	1,00	12,00		0,02
0079 TP	5,00	5,00				1,04
0127 CP	24,00	5,00	30,00	12,00	3,00	5,00
0148 TP	2,00	3,50	30,00	12,00	3,50	0,29
0158 TP	6,00	10,00	30,00	12,00	10,00	2,50
0196 TP	22,00	6,00	30,00	12,00	6,00	5,50
0211 TP	2,50	10,00	30,00	12,00	3,00	1,04
0272CCP	24,00	2,00	30,00	12,00		2,00
0338 TP	2,00	8,00	2,00	12,00		0,04
0349 TP		14,00		6,00		7,00
0369 TP	2,00	2,00	30,00	12,00	2,00	0,17
0405 TP	7,00	11,00	30,00	12,00		3,21
0438 CP	10,00	15,00	30,00	12,00	15,00	6,25
0595 TP	2,00	8,00	30,00	12,00	10,00	0,67
0696 TP	1,60	8,00	30,00	12,00	8,00	0,53
0752 TP	0,30	7,00	10,00	12,00	7,00	0,03
0778 TP	24,00	24,00	30,00	12,00	30,00	24,00
0793 TP	3,00	4,00		12,00	4,00	0,50
0855 TP	0,48	10,00	30,00	12,00	10,00	0,20
0909 TP	0,75	4,00	30,00	12,00	4,00	0,13
0917 TP	11,00	3,50	30,00	12,00	3,50	1,60
3404 TP	0,30	4,00		9,00	4,00	0,04
1063 TP	2,00	31,00	30,00	12,00	3,00	2,58
1125 TP	4,00	31,20	8,00	12,00		1,39
1157 TP	4,00	10,00	12,00	12,00	10,00	0,67
1222 TP	20,00	2,00	30,00	12,00		1,67
1223 TP	6,00	6,00	12,00	12,00	6,00	0,60
1234 TP	1,00	12,00	12,00	12,00	4,00	0,20
1263BTP	3,00	7,00	30,00	12,00		0,88
1320 TP	3,00	8,00	30,00	12,00	8,00	1,00
1425 TP	16,00	6,50	30,00	12,00		4,33
1879 TP		0,76	30,00	12,00		0,76
1942 TP	24,00	2,00	30,00	12,00		2,00
2046 TP	6,00	20,00	5,00	7,00	20,00	0,49
3084 TP	7,00	10,00	30,00	12,00	10,00	2,21
3931 TP	10,00	5,00	30,00	12,00	5,00	2,08
5033 TP	24,00	17,00	30,00	12,00		17,00
5363 TP	3,50	12,00	30,00	12,00	12,00	1,75

Tabla A.5.2.3.- (Continuación 1) Cálculo de las extracciones por bombeo en los pozos de la zona de estudio.

EXPEDIENTE	HORAS Bombeo	Q (l/s)	Días/Mes	Meses/Año	BOMBA Caudal Nominal (l/s)	Q(l/s) medio extraído continuo al año
5363 TP	3,50	12,00	30,00	12,00	12,00	1,75
5386 TP	10,00	2,30	30,00	12,00		2,10
5474 TP	8,00	5,00	30,00	12,00	5,00	1,67
5500 TP	5,00	5,50	30,00	12,00	5,50	1,16
5925 TP	24,00	7,22	30,00	12,00		7,22
5935 TP	24,00	6,00	30,00	12,00	10,00	6,00
5970 TP	12,00	6,00	30,00	12,00	6,00	3,00
6005 TP	24,00	8,00	30,00	12,00	10,00	8,00
6006 TP	24,00	9,00	30,00	12,00	8,00	9,00
6007 TP					8,00	6,34
0198 TP	3,00	6,00	30,00	9,00		0,56
0210 TP	1,25	7,00	30,00	11,00		0,33
0224 CP	0,50	2,00	4,00	6,00		0,00
0262 TP	2,00	2,50	30,00	12,00		0,21
0264 TP	23,00	4,00	30,00	12,00		3,83
0272ACP	24,00	0,10	30,00	12,00		0,10
0300 CP	1,50	10,00	30,00	12,00		0,63
0324 TP	6,00	10,00	30,00	12,00		2,50
0331 TP	0,10	5,00	30,00	12,00		0,02
0380 TP	1,50	10,00	30,00	12,00		0,63
0382 TP	2,25	10,00	30,00	12,00		0,94
0416 TP	2,00	10,00	30,00	11,00		0,76
0423 TP	8,00	10,00	30,00	12,00		3,33
0426 TP	12,00	5,00	30,00	12,00		2,50
0439 TP	8,00	5,00	30,00	12,00		1,67
0442 TP	3,50	5,00	4,00	12,00		0,10
0469 TP	0,25	5,00	30,00	12,00		0,05
0472 TP	2,00	2,00	30,00	12,00		0,17
0473 TP	3,00	8,00	30,00	11,00		0,92
0486 TP	14,25	7,10	30,00	12,00		4,22
0488 TP	4,00	15,00	30,00	11,00		2,29
0491 TP	20,00	3,00	30,00	6,00		1,25
0492 TP	5,00	8,00	30,00	12,00		1,67
0503 TP	2,00	8,30	30,00	12,00		0,69
0512 TP	1,66	10,00	30,00	12,00		0,69
0612ATP	0,25	5,00	30,00	12,00		0,05
0656ATP	24,00	1,00	30,00	12,00		1,00
0724 TP	0,08	2,00	10,00	12,00		0,00
0732 TP	18,00	14,00	30,00	12,00		10,50
0737 TP	5,00	10,00	30,00	12,00		2,08
0769 TP	3,00	8,40	30,00	12,00		1,05
0887 TP	2,00	7,00	30,00	10,00		0,49
0895 TP			30,00	12,00		0,64

Tabla A.5.2.3.- (Continuación 2) Cálculo de las extracciones por bombeo en los pozos de la zona de estudio.

EXPEDIENTE	HORAS Bombeo	Q (l/s)	Días/Mes	Meses/Año	BOMBA Caudal Nominal (l/s)	Q(l/s) medio extraído continuo al año
0922 TP	4,00	3,50	10,00	12,00		0,19
0967 TP	0,50	10,00	30,00	12,00		0,21
0981 TP	0,40	10,00	30,00	12,00		0,17
0985 TP	4,00	12,50	30,00	12,00		2,08
0986 TP	2,50	5,00	30,00	12,00		0,52
0988 TP	23,00	8,00	8,00	12,00		2,04
0990 TP	6,00	10,00	25,00	12,00		2,08
0995 TP	2,50	15,00	30,00	12,00		1,56
1067 TP	3,00	10,00	15,00	12,00		0,63
1148 TP	8,00	6,50	30,00	12,00		2,17
1204 TP						0,27
1286 TP	1,30	12,00	30,00	12,00		0,65
1353 TP	1,00	5,00	10,00	5,00		0,03
1370 TP	1,50	5,00	4,00	12,00		0,04
1377 TP	8,00	3,20	30,00	12,00		1,07
1403 TP	6,24	7,00	30,00	12,00		1,82
1454 TP	20,00	9,00	30,00	12,00		7,50
1664 TP	2,30	5,00	30,00	12,00		0,48
1934 TP	16,00	4,80	30,00	12,00		3,20
2182 TP	16,00	2,00	30,00	12,00		1,33
2339 TP	4,00	15,00	30,00	12,00		2,55
2730 TP	2,50	7,50	30,00	12,00		0,78
2872 TP	11,00	10,00	30,00	12,00		4,58
2877 TP	13,00	5,00	30,00	12,00		2,71
3064 TP	2,50	8,00	8,00	12,00	12,00	0,22
3144 TP	2,30	5,00	24,00	12,00		0,67
3317 TP	2,00	11,60	30,00	12,00		0,97
3398 TP	13,00	7,50	30,00	12,00		4,06
4770 TP	24,00	14,00	30,00	12,00		14,00
5612 TP	24,00	0,72	30,00	12,00		0,72
5923 TP	0,50	5,00	12,00	12,00		0,04
6060 TP	24,00	11,00	30,00	12,00		11,00

**TOTAL (l/s) = 281,781**

**TOTAL (hm<sup>3</sup>/año) = 8,89**

Tabla A.5.2.4.- Cálculo de los retornos de riego según cultivos en la zona de estudio (datos web Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias)

T.M.	Cultivos	Superficie (ha)	Dotación (m <sup>3</sup> /ha/año)	Demanda (m <sup>3</sup> /año)	Retorno (15% demanda)	Retorno (5% demanda)
Las Palmas de G.C.	Papa	197.2	3,500	690,200	103,530	34,510
	Platanera	135.94	12,500	1,699,250	254,888	84,963
	Hortalizas	96.81	4,000	387,240	58,086	19,362
	Huerto Familiar (Hortalizas y papas)	33.53	4,000	134,120	20,118	6,706
	Cítricos	33.14	6,500	215,410	32,312	10,771
	Viña	28.02	2,600	72,852	10,928	3,643
	Hortalizas o Papa	24.69	4,000	98,760	14,814	4,938
	Tomate	20.88	3,300	68,904	10,336	3,445
	Flores y Plantas Ornamentales	20.31	8,000	162,480	24,372	8,124
	Frutales Subtropicales	9.19	6,500	59,735	8,960	2,987
	Asociación Cítricos-Papa	2.58	5,000	12,900	1,935	645
	Asociación Cítricos-Hortalizas	1.46	5,300	7,738	1,161	387
	Asociación Templados-Papa	3.14	4,000	12,560	1,884	628
	Asociación Viña-Papa	2.28	3,050	6,954	1,043	348
	Frutales Templados	1.74	4,500	7,830	1,175	392
	Cereales, Leguminosas y Pastizales	1.59	250	398	60	20
	Platanera Invernadero	24.63	12,500	307,875	46,181	15,394
	Flores Invernadero	4.12	7,500	30,900	4,635	1,545
	Frutales Subtropicales Invernadero	2.58	6,500	16,770	2,516	839
Hortalizas Invernadero	1.96	10,500	20,580	3,087	1,029	
Santa Brígida	Papa	149.55	3,500	523,425	78,514	26,171
	Hortalizas	98.26	4,000	393,040	58,956	19,652
	Cítricos	68.86	4,500	309,870	46,481	15,494
	Viña	54.19	2,600	140,894	21,134	7,045
	Huerto Familiar	39.41	4,000	157,640	23,646	7,882
	Asociación Cítricos-Hortalizas	4.69	4,300	20,167	3,025	1,008
	Asociación Cítricos-Papa	4.52	4,000	18,080	2,712	904
	Frutales Subtropicales	8.89	4,500	40,005	6,001	2,000
	Frutales Templados	8.37	3,500	29,295	4,394	1,465
	Asociación Templados-Papa	7.18	3,500	25,130	3,770	1,257
	Cereales, Leguminosas y Pastizales	5.47	250	1,368	205	68
	Flores y Plantas Ornamentales	4.16	8,000	33,280	4,992	1,664
	Hortalizas o Papa	2.81	4,000	11,240	1,686	562
	Tomate	1.4	3,300	4,620	693	231
	Asociación Viña-Cítricos	0.89	3,400	3,026	454	151
	Asociación Viña-Hortalizas	0.29	3,200	928	139	46
	Platanera	0.14	10,000	1,400	210	70
	Frutales Subtropicales Invernadero	2.34	6,500	15,210	2,282	761
	Flores Invernadero	0.6	7,500	4,500	675	225
Hortalizas Invernadero	0.42	10,500	4,410	662	221	
Teror	Papa	205.66	3,500	719,810	107,972	35,991
	Hortalizas o Papa	102.93	4,000	411,720	61,758	20,586
	Cítricos	33.73	4,500	151,785	22,768	7,589
	Frutales Templados	25.53	3,500	89,355	13,403	4,468
	Huerto Familiar	17.12	4,000	68,480	10,272	3,424
	Cereales, Leguminosas y Pastizales	13.14	250	3,285	493	164
	Hortalizas	5.14	4,000	20,560	3,084	1,028

Tabla A.5.2.4.- (Continuación) Cálculo de los retornos de riego según cultivos en la zona de estudio (datos web Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias)

T.M.	Cultivos	Superficie (ha)	Dotación (m <sup>3</sup> /ha/año)	Demanda (m <sup>3</sup> /año)	Retorno (15% demanda)	Retorno (5% demanda)
Teror (continuación)	Asociación Cítricos-Papa	2.54	4,000	10,160	1,524	508
	Asociación Cítricos-Hortalizas	0.69	4,300	2,967	445	148
	Platanera	2.63	10,000	26,300	3,945	1,315
	Flores y Plantas Ornamentales	1.38	8,000	11,040	1,656	552
	Asociación Templados-Papa	1.25	3,500	4,375	656	219
	Frutales Subtropicales	0.43	4,500	1,935	290	97
	Viña	0.25	2,600	650	98	33
	Hortalizas Invernadero	0.03	10,500	315	47	16
Valleseco	Papa	208.9	3,500	731,150	109,673	36,558
	Cereales, Leguminosas y Pastizales	71.07	250	17,768	2,665	888
	Cítricos	59.11	2,500	147,775	22,166	7,389
	Frutales Templados	54.25	1,500	81,375	12,206	4,069
	Huerto Familiar	22.49	4,000	89,960	13,494	4,498
	Hortalizas	10.58	4,000	42,320	6,348	2,116
	Asociación Templados-Papa	2.25	2,500	5,625	844	281
	Hortalizas o Papa	1.12	4,000	4,480	672	224
	Flores y Plantas Ornamentales	0.42	8,000	3,360	504	168
	Asociación Cítricos-Papa	0.24	3,000	720	108	36
	Frutales Subtropicales	0.11	2,500	275	41	14
	Hortalizas Invernadero	0.42	10,500	4,410	662	221
	Flores Invernadero	0.22	7,500	1650	247.5	82.5
Vega de San Mateo	Papa	326.12	3,000	978,360	146,754	48,918
	Cereales, Leguminosas y Pastizales	210.68	200	42,136	6,320	2,107
	Frutales Templados	113	1,500	169,500	25,425	8,475
	Asociación Templados-Papa	99.82	2,500	249,550	37,433	12,478
	Hortalizas	56.64	4,000	226,560	33,984	11,328
	Viña	41.55	2,600	108,030	16,205	5,402
	Huerto Familiar	32.54	4,000	130,160	19,524	6,508
	Cítricos	26.28	2,500	65,700	9,855	3,285
	Asociación Cítricos-Papa	7.87	3,000	23,610	3,542	1,181
	Asociación Cítricos-Hortalizas	1.41	3,300	4,653	698	233
	Hortalizas o Papa	6.57	4,000	26,280	3,942	1,314
	Flores y Plantas Ornamentales	3.5	8000	28,000	4,200	1,400
	Tomate	2.21	3,300	7,293	1,094	365
	Asociación Viña -Papa	2.02	2,800	5,656	848	283
	Frutales Subtropicales	0.4	2,500	1,000	150	50
	Flores Invernadero	0.54	7,500	4,050	608	203
	Hortalizas Invernadero	0.29	10,500	3,045	457	152
<b>TOTAL RETORNO RIEGO (m<sup>3</sup>/año) =</b>					<b>1,571,726</b>	<b>523,909</b>
TOTAL (hm <sup>3</sup> /año) =					1.57	0.52