

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA
ZONA SUR DE GRAN CANARIA.
SUBSISTEMAS ACUIFEROS 83/S/2 Y 83/S/3.**

TOMO I. MEMORIA

Este estudio ha sido realizado por la Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia del Instituto Tecnológico GeoMinero de España, con la colaboración de Geomecánica y Aguas. S.A.

Han intervenido en el presente trabajo:

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

- D. Agustín Navarro Alvargonzález
Subdirector General de Aguas Subterráneas
- D. Armando Ballester Rodríguez
Jefe del Area de Infraestructura Hidrogeológica
- D. Emilio La Moneda González
Director del Proyecto

GEOMECANICA Y AGUAS, S.A.

- D. Cayetano Lucena Bonny
- D. Vicente Ruiz Fdez. de La Lopa
- D^a M^a Teresa Maestro Salmerón
- D. Silvino Castaño Castaño
- D. Santiago Adanez Corral
- D^a Angeles Arandilla Astigarraga

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA ZONA SUR DE GRAN CANARIA
SUBSISTEMAS ACUIFEROS 83/S/2 Y 83/S/3

INDICE

TOMO I MEMORIA

	Pág.
1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES	1
2. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	4
3. GEOLOGIA	12
3.1. Estratigrafía	13
3.1.1. Formación Basaltos Antiguos	13
3.1.2. Formación Sálca	15
3.1.3. Formación sedimentaria posterior al ciclo I	17
3.1.4. Formación Roque-Nublo	18
3.1.5. Formación Detrítica posterior al Roque-Nublo	20
3.1.6. Formación Post Roque-Nublo	21
3.1.7. Formaciones sedimentarias recientes	22
3.2. Tectónica	23
3.3. Volcanología	24
3.4. Petrología	25
3.4.1. Formación Basaltos Antiguos	26
3.4.2. Formación Sálca	26
3.4.3. Formación Roque-Nublo	27
3.4.4. Formación Post Roque-Nublo	28
3.5. Historia geológica	28

4. DEMANDA DE AGUA	31
4.1. Demanda de la población estable	31
4.1.1. Sistema de abastecimiento	32
4.2. Demanda de la población flotante (turismo)	36
4.2.1. Sistema de abastecimiento	39
4.3. Demanda agrícola	40
4.4. Resumen de demanda y consumo en la zona de estudio	43
5. PRODUCCION DE AGUA POR SISTEMAS NO CONVENCIONALES	44
5.1. Desaladoras	44
5.2. Estaciones depuradoras de aguas residuales EDAR	47
6. ESTUDIO CLIMATOLOGICO E HIDROLOGICO	50
6.1. Climatología	53
6.1.1. Pluviometría	53
6.1.2. Temperatura	54
6.1.3. Regimen de vientos	55
6.1.4. Evaporación y evapotranspiración potenciales	56
6.2. Hidrología	57
7. HIDROGEOLOGIA	63
7.1. Análisis de los datos de inventario	64
7.2. Cortes hidrogeológicos	65
7.3. Piezometría	76
7.3.1. Piezometría correspondiente al SPA-15 (1971-72)	76
7.3.2. Piezometría correspondiente al MAC-21 (1979-80)	77
7.3.3. Piezometría correspondiente a 1990-91	77

7.3.4. Evolución piezométrica	78
7.3.5. Gradientes	79
7.4. Comportamiento hidrogeológico de las formaciones	80
7.5. Parámetros hidráulicos	83
7.6. Conclusiones hidrogeológicas	87
8. HIDROQUIMICA	89
8.1. Análisis de los datos existentes	89
8.2. Características hidrogeoquímicas generales. Diagrama de Piper	89
8.3. Tipos de aguas subterráneas. Diagramas de Schöeller-Berkaloff	96
8.4. Influencia de las desaladoras y depuradoras de aguas residuales en la composición global	104
8.5. Distribución espacial de la calidad	107
8.5.1. Mapas de isolíneas	109
8.5.2. Relaciones iónicas asociadas a intrusión marina	115
8.6. Evolución en el tiempo de la composición química del agua subterránea	122
9. BALANCE	126
BIBLIOGRAFIA	129

INDICE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1.	Situación de la zona de estudio	2
Figura 6.1.	División en sectores	61
Figura 7.1.	Leyenda general	66
Figura 7.2.	Leyenda geológica	68
Figura 8.1.	Distribución espacial de los puntos muestreados entre agosto de 1992 y marzo de 1993	93
Figura 8.2.	Diagrama de Piper de las aguas subterráneas del sur de Gran Canaria	95
Figura 8.3.	Diagrama de Schöeller-Berkaloff del sector Las Tederas-Fataga	97
Figura 8.4.	Diagrama de Schöeller-Berkaloff del sector Artedara-Aldea Blanca	98
Figura 8.5.	Diagrama de Schöeller-Berkaloff del sector Montaña de la Sabineta-Juan Grande	99
Figura 8.6.	Diagrama de Schöeller-Berkaloff del sector El Tablero-Castillo del Romeral	100
Figura 8.7.	Diagrama de Schöeller-Berkaloff del sector Maspalomas-Playa Corral de Espino	101
Figura 8.8.	Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra nº 3, tomada al sur de Fataga	102
Figura 8.9.	Situación de las desaladoras y depuradoras de aguas residuales en relación con los puntos muestreados	105
Figura 8.10.	Tipos de aguas subterráneas del sur de Gran Canaria	108
Figura 8.11.	Mapa de isovalores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	110
Figura 8.12.	Mapa de isovalores de cloruros (mg/l)	111
Figura 8.13.	Mapa de isovalores de sulfatos (mg/l)	112
Figura 8.14.	Mapa de isovalores de bicarbonatos (mg/l)	113
Figura 8.15.	Mapa de isovalores de nitratos (mg/l)	114
Figura 8.16.	Mapa de isovalores de $r \text{ Cl}/r \text{ HCO}_3$ ($r = \text{meq}/\text{l}$)	119
Figura 8.17.	Mapa de isovalores de $r \text{ SO}_4/r \text{ HCO}_3$ ($r = \text{meq}/\text{l}$)	120
Figura 8.18.	Mapa de isovalores de $r \text{ Na}/r \text{ Cl}$ ($r = \text{meq}/\text{l}$)	121
Figura 8.19.	Variación en el tiempo de los valores de conductividad, cloruros, sulfatos y bicarbonatos	124

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA ZONA SUR DE GRAN CANARIA
SUBSISTEMAS ACUIFEROS 83/S/2 Y 83/S/3

INDICE

TOMO II ANEJOS Y PLANOS

PLANOS

Plano 1.	Plano Geológico 1:50.000
Plano 2.1.	Plano Geológico. Zona Norte. 1:25.000
Plano 2.2.	Plano Geológico. Zona Sur. 1:25.000
Plano 3.	Situación de desaladoras y depuradoras
Plano 4.	Situación de las estaciones meteorológicas base
Plano 5.	Isoyetas e infiltración
Plano 6.	Situación de los cortes
Plano 7.	Piezometría. 71-72 (E. 1:50.000)
Plano 8.	Piezometría. 79-80 (E. 1:50.000)
Plano 9.	Piezometría. 90-91 (E. 1:50.000)
Plano 10.	Evolución piezométrica

ANEJOS

0.	Inventario de puntos
I.	Distribución de cultivos
II.	Fichas de producción de agua por sistemas no convencionales
III.	Datos climatológicos y de presas
III.1.	Datos meteorológicos
III.2.	Presas
IV.	Cortes hidrogeológicos
IV-1.	Corte I-I"
IV-2.	Corte II-II"
IV-3.	Cortes III-III', IV-IV' y V-V'
IV-4.	Corte VI-VI"
V.	Ensayos de bombeo
A.	Ensayo Barranco Hondo
V-1.	Fichas
V-2.	Datos
B.	Ensayo Cañada de las Arenas
V-3.	Fichas
V-4.	Datos
VI.	Análisis químicos

MEMORIA

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

La zona sur de Gran Canaria presenta una gran complejidad para la gestión de los recursos hídricos al incluirse en dicha zona un área de fuerte expansión turística y otras catalogadas como espacios naturales protegidos.

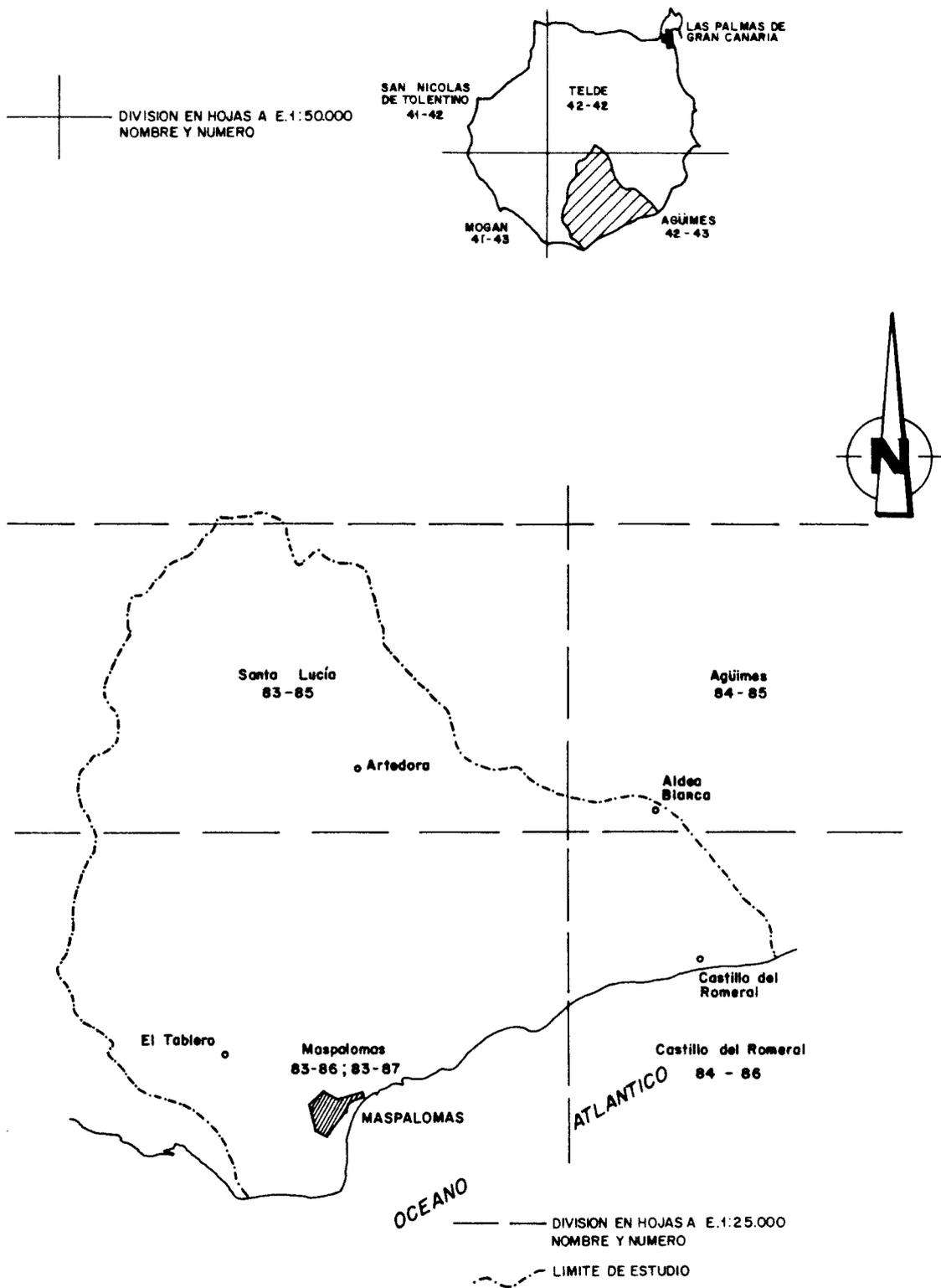
La zona de estudio, que ocupa una superficie de unos 233 km², está comprendida entre la divisoria de la margen derecha del Barranco de Tirajana, la divisoria de la margen izquierda del Barranco de Arguineguín y la costa. Corresponde a los sectores 2 y 3 de la zona sur de la zonificación del PHGC (Fig. 1.1.).

Esta zona, que comprende los núcleos turísticos más importantes de la isla, con una capacidad superior a las 120.000 plazas y con perspectivas de incrementarse en unas 60.000 plazas más, tiene una fuerte y creciente demanda de agua para el turismo y agricultura que está siendo satisfecha, no sin problemas, mediante unos recursos hídricos propios, diversificados y escasos, el trasvase de agua de otras zonas y la producción de agua por desalación, resultando de una considerable complejidad su gestión y manejo.

La zona ha sido incluida en los estudios de ámbito insular (SPA-15, MAC-21, Avance del Plan Hidrológico) y no ha sido objeto de estudios específicos, aunque sí se han efectuado estudios en algunos de sus sectores: Amurga (Servicio Hidráulico) y Barranco de Maspalomas (PCGA del ITGE).

El ITGE, a petición y en coordinación con la Oficina del Plan Hidrológico de Gran Canaria (PHGC), dependiente de la Dirección General de Aguas (DGAA) de la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias (COPVA) y del Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, se ha planteado con el presente estudio la homogeneización y actualización de la información existente con vistas a la realización de un modelo de flujo subterráneo para la adecuada planificación y gestión hídrica del área considerada.

El presente estudio, que realiza Geomecánica y Aguas, S.A. para el ITGE, ha contado, por tanto, con la colaboración de la DGAA de la COPVA y del Cabildo de Gran Canaria a través del PHGC, que ha aportado un inventario exhaustivo de captaciones, una serie de análisis físico-químicos del agua de estas captaciones, y la información de base climatológica e hidrológica, además de toda la información de carácter general elaborada sobre la isla.



SITUACION DE LA ZONA

FIGURA 1.1

Para conseguir el objetivo final propuesto, este estudio alcanza los objetivos parciales siguientes:

- Obtención de la información geológica e hidrogeológica detallada de la zona y su adecuación para la realización de un futuro modelo de flujo subterráneo.
- Planteamiento de los problemas de demanda, calidad, dotaciones y explotación de los recursos hídricos de la zona y sus posibles soluciones.
- Dotación a la Administración de los conocimientos necesarios para la mejora de las infraestructuras y la gestión de los recursos hídricos.

Como documentos de referencia se han tenido en cuenta los trabajos realizados para los proyectos SPA-15 y MAC-21, los del IRYDA, la base geológica elaborada recientemente por el ITGE dentro del Plan Magna a escala 1:25.000 así como la Actualización del Conocimiento Hidrogeológico de la isla de Gran Canaria (1991) del PHGC que incluye el levantamiento de columnas geológicas de detalle en algunos pozos de la zona.

Como base de partida para la realización de este proyecto se han unificado los inventarios de puntos de agua preexistentes, asignándoles el número correspondiente al inventario del ITGE y se han cargado en la B.A.C. (Base de Aguas de Canarias) quedando así el inventario actualizado e informatizado.

Los planos de situación del inventario figuran en el Anejo 0.

2. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La zona de estudio se sitúa al sur de Gran Canaria con una extensión de unos 230 km² y corresponde a los sectores S-2 y S-3 de la Zona Sur en la zonificación del PHGC.

Geológicamente los materiales existentes se pueden identificar como pertenecientes a las siguientes formaciones que se definen estratigráfica y petrográficamente:

- Fm. Basaltos Antiguos
- Fm. Sálica
- Fm. Roque-Nublo
- Fm. Detrítica del Roque-Nublo
- Fm. Post Roque-Nublo
- Fm. sedimentarias recientes

Es necesario señalar que la Fm. Basaltos Antiguos no aflora en la zona aunque constituye el zócalo y figura en los cortes.

El fenómeno tectónico más importante es la Caldera de Tejeda, aunque no se puede identificar en superficie como consecuencia del relleno de emisiones posteriores. Existen otras pequeñas fracturas como consecuencia de ajustes tectónicos distensivos.

La secuencia de fenómenos que da lugar a las distintas formaciones y materiales se inició en el Mioceno con una emisión rápida (entre 13,8 y 13,2 m.a.) de un gran volumen de materiales (1.000 km³) que constituyen la Fm. Basaltos Antiguos. Posteriormente se produjo la formación de la Caldera de Tejeda y su posterior relleno con coladas riolítico-traquíticas y mantos ignimbríticos hasta desbordar al dominio extracaldera radialmente y con una distribución condicionada por la asimetría y fracturación del borde de la caldera, se produce como consecuencia una gran acumulación en el Macizo de Amurga.

El primer período constructivo finaliza con la emisión de materiales fonolíticos desde centros de emisión que emigran hacia el NE. Simultáneamente se produce la intrusión sienítica y la formación de cone-sheet en la caldera.

Finalizado el primer ciclo, la inactividad volcánica subsiguiente condiciona un período erosivo, que dura unos 200.000 años, en el que se dismantelan los grandes relieves, se originan profundos barrancos y se depositan materiales clásticos en la zona costera.

Como precursora del segundo ciclo volcánico se produce, en la zona de estudio, la emisión de la Fm. El Tablero y a continuación el ciclo Roque-Nublo que, aunque es el más representativo de la isla, está representando en la zona únicamente por emplazamiento de brechas y algún centro de emisión aislado.

La demanda de agua en la zona viene determinada por (Cuadro 2.1.):

- Baja demanda de población estable (23.000 habitantes) que no experimenta variaciones significativas en el tiempo; con pérdidas en la red del 20-25% y dotaciones netas de 100-120 l por habitante y día.
- Alta demanda de población flotante con una ocupación media del 70% estable. Sus redes de distribución pierden el 16% y su dotación neta oscila entre los 189 y los 210 l por habitante y día.
- Demanda agraria en disminución como consecuencia del abandono de cultivos y la mejora de los sistemas de riego, con una superficie cultivada del orden de las 1.000 ha y un consumo de 7 hm³/año.

	Consumo (hm ³ /año)	Pérdidas	Dotación l/h.d
Urbana	1,88	20-25%	100-120
Turística	13,00	16%	189-210
Agraria	7,00		
TOTAL	21,88		

Cuadro 2.1. Distribución del consumo actual

En resumen, los consumos actuales de población estable (1,88 hm³/año), de población flotante (13 hm³/año), y agrícola (7 hm³/año) pasarían a ser en el futuro de 2,1, 15 y 7 hm³/año respectivamente teniendo en cuenta dotaciones más adecuadas (entre 200 y 250 l por habitante y día), mejor ocupación turística y escaso crecimiento agrícola.

Los retornos correspondientes al consumo actual que son pérdidas en el abastecimiento de la población estable (0,376 hm³/año), pérdidas en el abastecimiento de la población flotante (2,08 hm³/año) y retornos de regadío (1,4 hm³/año), totalizan 3,856 hm³/año y con las previsiones de demanda pasarán a ser de 4,23 hm³/año.

La producción de agua por sistemas no convencionales tiene una creciente importancia en la zona y la producción de las desaladoras (8,48 hm³/año) ampliable a 11,86 hm³/año con un funcionamiento al 100% de las instalaciones, representa actualmente el 50% del consumo.

La depuración de aguas residuales, con una capacidad instalada de 7 hm³/año, produce actualmente 6,75 hm³/año utilizándose para diversos usos 1,8 hm³/año.

La climatología de la zona de estudio ha puesto de manifiesto los grandes contrastes existentes, en los parámetros analizados, entre la zona del interior montañosa y la zona costera. Ha sido necesario tener en cuenta el régimen diario de precipitaciones para poder comprender y valorar los efectos que la topografía y el régimen de aguaceros tiene sobre la lluvia útil y en consecuencia sobre la infiltración.

La metodología de estudio comprende la recopilación de documentación, el análisis y depuración de datos, y la elaboración de resultados.

Se ha tomado como período representativo el correspondiente a 1980-1990, aunque los datos de partida corresponden a un período más amplio (1952-1990).

Se han considerado como estaciones base, las trece (13) seleccionadas en el área de estudio por el P.H.G.C. de entre las cincuenta existentes en la zona y sus alrededores.

A partir del análisis de la pluviometría se deduce que las precipitaciones se producen fundamentalmente entre Octubre y Marzo, que están fuertemente afectadas por la topografía y que la precipitación media, obtenida a partir de la media de las estaciones, es de 173,5 mm. Con un análisis detallado de las isoyetas se ha calculado una precipitación en la zona de 30,3 hm³/año.

Considerando el régimen de precipitaciones y la evapotranspiración se obtiene una lluvia útil de 12,7 hm³/año que según la hipótesis adoptada, se distribuye en 2,5 hm³/año de utilización y 10,2 hm³/año de esorrentía.

Teniendo en cuenta que el 5% de la esorrentía no regulada se infiltra por el cuaternario, tendremos una infiltración adicional de 0,354 hm³/año, lo que totaliza una infiltración de 2,854 hm³/año.

Hidrogeológicamente, el acuífero principal se sitúa en los materiales de la formación sálica (ignimbritas, riolítico-traquíticas, coladas piroclásticas, tobas y coladas peralcalinas) aunque en determinados puntos, como el borde sur del macizo de Amurga o la zona de Castillo del Romeral, existe la sospecha de que el acuífero explotado se sitúa en materiales de la formación Basaltos Antiguos.

Es necesario recordar que dada la naturaleza de los acuíferos explotados, en los que la circulación se realiza por zonas preferentes (mayor porosidad y fracturación), la presencia de diques puede jugar un papel ambivalente como zona preferente o barrera impermeable, e incluso, la posible existencia de acuíferos colgados, dificulta enormemente las interpretaciones.

- Se trata de un acuífero multicapa, heterogéneo y anisótropo donde alguno de los parámetros hidráulicos varía hasta en tres órdenes de magnitud.
- El flujo es radial de cumbres a costa y el gradiente relativamente homogéneo y elevado (80-100‰) en la zona centro y norte del estudio. En la franja costera baja a 20-50‰.
- Existe una franja costera, de más de 5 km de anchura, donde se concentran las explotaciones con el nivel regional por debajo del nivel del mar. Esta depresión alcanza su máximo en la zona oriental de dicha franja (zona de Aldea Blanca).
- La evolución piezométrica pone de manifiesto una estabilidad en el tiempo de los niveles en la zona norte y centro y la permanente alteración en la

franja sur. En esta zona los niveles descienden sistemáticamente, durante los últimos 20 años, alcanzando valores zonales mayores de 75 m de descenso y ampliándose la superficie de las zonas afectadas.

- Los parámetros hidráulicos que se han podido obtener durante la ejecución del estudio tienen un carácter puntual no extrapolable para la zona ($T = 40 \text{ m}^2/\text{d}$, $S = 1,4 \times 10^{-5}$, $q_w = 0,2 \text{ l/s}\cdot\text{m}$). De los estudios anteriores se deduce una transmisividad muy variable, entre 10 y 1.000 m^2/d , y un coeficiente de almacenamiento en torno a $2 \cdot 10^{-5}$.

- El estudio hidroquímico se basa en los análisis realizados en 35 muestras de agua tomadas entre agosto de 1992 y marzo de 1993, dentro de este proyecto, si bien, se han tenido en cuenta los datos analíticos existentes en la Base de Datos (procedentes de diversas campañas de muestreo desde 1981 a 1993) para analizar la evolución que experimenta la composición química del agua subterránea a lo largo del tiempo.

Las aguas subterráneas del sur de Gran Canaria presentan una zonificación en la composición química que refleja la litología presente, pero depende, sobre todo, de la posición del punto de muestreo (dentro del sistema de flujo) con relación al mar. Geográficamente, se distribuyen en cinco sectores:

- Las Tederas-Fataga
- Artedara-Aldea Blanca
- Montaña de La Sabineta-Juan Grande
- El Tablero-Castillo del Romeral
- Maspalomas-Playa Corral de Espino

En general, la salinidad aumenta en los distintos barrancos a medida que disminuye la distancia al mar, encontrándose, como cabía esperar, los valores más altos cerca de la costa.

Existen puntos anómalos que no siguen esta tendencia general. Así sucede con las muestras nº 3 (424320032), 25 (424360018) y 27 (424370001). Sería necesario llevar a cabo un estudio exhaustivo de dichas anomalías para analizar su procedencia, aunque en el caso de las muestras nº 25 y 27 parecen estar relacionadas con los materiales que explotan (presumiblemente la Formación Basaltos Antiguos).

A partir del estudio de la distribución espacial de la calidad del agua subterránea se deduce que la zona afectada por la invasión de agua del mar abarca una extensión elevada, desde Maspalomas hasta la Playa Corral de Espino (desembocadura de Barranco Hondo), y es más acusada en las inmediaciones de la Cañada de Morro Besudo, donde se concentra la mayor parte de los bombeos para abastecimiento de los complejos turísticos de la isla.

Los resultados analíticos almacenados en la Base de Datos (correspondientes a cada uno de los pozos muestreados en este estudio), han servido para analizar la variación que experimenta la composición química del agua subterránea:

- Es prácticamente constante a lo largo del tiempo en gran parte de la zona de estudio. Los distintos constituyentes analizados apenas experimentan ligeras variaciones entre muestreos consecutivos.
- En las inmediaciones de la costa (Barranco de Tirajana) se observa una tendencia creciente en los valores de los distintos parámetros a lo largo del tiempo. No obstante, los puntos de mayor interés para el análisis del avance de la intrusión marina (inmediaciones de la Cañada de Morro Besudo), no disponen de un registro suficientemente amplio, lo que imposibilita dicho estudio.

Del análisis de los datos del **Balance** se obtienen las siguientes **conclusiones**:

- Por tratarse de un régimen variable, para cuyo análisis se precisa de una modelización del flujo, se ha optado por establecer un balance con hipótesis favorables y desfavorables.
- Las entradas, que se producen fundamentalmente por infiltración del agua de lluvia, aportes laterales y retornos de regadío, se han cuantificado entre 4,43 y 6,55 hm³/año.
- Las salidas, que se producen por bombeos y hacia el mar, representan entre 13,9 y 15,7 hm³/año.

En el mejor de los casos (con entradas máximas y salidas mínimas), el déficit en la zona se puede cuantificar en unos 7,35 hm³/año.

El sistema actualmente está en déficit y éste previsiblemente aumentará implicando mayor intrusión marina, peor calidad general y mayores costes de bombeo y tratamiento del agua.

Para mejor conocimiento de la zona estudiada será necesario tener en cuenta las siguientes **recomendaciones**:

- Para el mejor conocimiento del estado climatológico e hidrológico de la zona serían recomendable el desarrollo de los siguientes puntos:
 - Instalación de una estación termométrica o climática completa en la parte alta de la zona de estudio, preferentemente en las estaciones 009 y 032.
 - Instalación de al menos una estación para la medición del régimen de vientos.
 - Instalación de estaciones de aforo en las cuencas más representativas, en particular en Maspalomas y Barranco de Juan Grande.

- Establecimiento de medidores de Evaporación al menos en algunos de los embalses de la zona, en particular en la cuenca de Ayagaures.
- Sería necesario además mejorar el conocimiento de las características edafológicas de la zona con objeto de definir con mayor precisión la retención de agua en el suelo.
- Para un mejor conocimiento del funcionamiento hidrogeológico será necesario:
 - Realizar más ensayos de bombeo que permitan determinar con mayor precisión la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento y sus variaciones espaciales.
 - Establecer una serie de redes de control (piezométrico, de calidad, de intrusión) fiables y operativas que permitan conocer la evolución de los niveles, calidades e intrusión marina.
 - Para una mayor precisión en los datos del balance y en consecuencia mejor información del funcionamiento hidráulico, se recomienda la realización de un modelo de flujo.
- Para un mejor conocimiento de las condiciones futuras del sistema, será preciso analizar los planes de expansión turística y prever las fuentes de suministro alternativas (potabilización, depuración, regulación, etc.).

3. GEOLOGIA

El presente capítulo tiene por objeto ofrecer una síntesis de la geología de la zona en estudio como base para su hidrogeología.

Para ello se ha partido de la cartografía geológica existente (Plan Magna del ITGE) a escalas 1:25.000 y 1:100.000, que ha sido complementada con algunos reconocimientos geológicos de campo y de captaciones.

En la síntesis efectuada (Plano 1 y Plano 2) se han agrupado formaciones y materiales teniendo en cuenta fundamentalmente su comportamiento hidrogeológico, para lo que se han considerado factores tales como las características texturales y estructurales de los materiales (s.l.), sus grados de alteración y compactación, potencia, relaciones estructurales, etc.

En la zona de estudio existen dos grandes grupos de materiales, los magmáticos y los sedimentarios.

Las unidades magmáticas diferenciadas son las siguientes:

- **Formación Basaltos Antiguos:** equivalente a la formación basáltica del Ciclo I, está constituida por lavas y piroclastos basálticos y traquibasálticos. Aunque no aflora en la zona, constituye el zócalo regional y aparece en los cortes hidrogeológicos.
- **Formación Sálca:** se incluyen en ella los materiales del dominio extracaldera riolítico-traquíticos y fonolíticos con que finaliza el Ciclo I.
- **Formación Roque Nublo:** incluye las coladas y piroclastos basálticos con que se inicia la etapa (Formación El Tablero) y las brechas Roque-Nublo en sus facies deslizadas.
- **Formación Post Roque-Nublo:** muy pobremente representada, en la zona del Barranco del Rodeo, por coladas de basanitas.

Los materiales sedimentarios de la zona sur son fundamentalmente las formaciones posteriores a la Sálica y al Roque Nublo, es decir la Formación Detrítica de Las Palmas en sus miembros inferior y superior, y otros sedimentos subrecientes y recientes (derrubios, depósitos de barranco, dunas y playas).

En el cuadro 3.1. se correlacionan las unidades antes descritas para la zona con las del Magna y diversos autores.

Un análisis más detallado de estas formaciones se realiza en las páginas siguientes, dentro del apartado de estratigrafía, teniendo en cuenta las agrupaciones de materiales que se han considerado.

3.1. Estratigrafía

La secuencia estratigráfica está definida por la sucesión de episodios volcánicos y sedimentarios. En los primeros se producen las emisiones que caracterizan cada ciclo y en los períodos de inactividad los fenómenos erosivos dan lugar a los episodios sedimentarios.

3.1.1. Formación Basaltos Antiguos

La Formación Basaltos Antiguos subyace en toda la zona sur constituyendo el zócalo. Aunque no aflora, se tienen indicios de que se alcanza en algunas perforaciones y se ha representado en los cortes hidrogeológicos.

Esta formación está constituida por un apilamiento de coladas basálticas y traquibasálticas generalmente delgadas (2 a 4 m), con algunos depósitos piroclásticos intercalados, de escasa potencia y con poca continuidad lateral.

Los materiales corresponderán al tramo superior, de los tres definidos en otras zonas, caracterizado por lavas tipo "aa", piroclastos rojos y escasa presencia de diques.

FUSTER et al. (1968)	LIETZ y SCHMINCKE (1975); MC DOUGALL y SCHMINCKE (1976); SCHMINCKE (1976, 1987)	EDAD M.a.	MAPA GEOLOGICO E. 1:25.000 ITGE (1991)		SINTESIS HIDROGEOLOGICA (1991)	FORMACIONES CORRESPONDIENTES EN ESTE ESTUDIO
SERIE BASALTICA IV	FASE III F. La Calderilla, F. Basanitas Cuaternarias		CICLO RECIENTE		SEDIMENTOS ACTUA.	SEDIMENTOS ACTUALES
SERIE BASALTICA III	F. Post Los Llanos, F. Los Pechos	0,6	SUP.	CICLO POST ROQUE-NUBLO	SEDIM. POST. R.N.	
			MEDIO		F. POST ROQUE-NUBLO	
SERIE BASALTICA II	F. Los Llanos de la Paz		INF.			
SERIE ORDANCHITICA	FASE II GRUPO ROQUE-NUBLO F. Tenteniguada	3,4	MIEMBRO SUP. F.D.P.	CICLO ROQUE- NUBLO	SEDIM. R-N	MIEMBRO SUPERIOR F.D.P.
SERIE ROQUE NUBLO	F. Ayacata, F. San Andrés, F. Presa de los Hornos	4,4	COLADAS BASALTICAS		F. ROQUE NUBLO	ROQUE NUBLO
SERIE PRE-ROQUE NUBLO	F. Los Listos, F. Mesa del Junquillo, F. Las Palmas	5	MIEMBRO MED. F.D.P.			
FORMACION EL TABLERO			F. PRE ROQUE-NUBLO			
SERIE FONOLITICA	FASE I F. Fagata, F. Montaña del Horno, F. Arguineguín, F. Cruz Grande	8,7	MIEMBRO INF. F.D.P.	FORMACION FONOLITICA	SEDIMENTOS F. SALICA	MIEMBRO INFERIOR F.D.P.
			LAVAS IGNIMBR.		FORMACION SALICA	SALICA DOMINIO EXTRACALDERA
COMPLEJO TRAQUI-SIENITICO	F. Tejeda, F. Montaña del Horno, F. Mogán	13	F. TRAQUI-RIOLITICA			
SERIE BASALTICA I	F. Horgazales, F. Güigüi		F. BASALTICA		F. BASALTOS ANTIGUOS	BASALTOS ANTIGUOS

Cuadro 3.1.

3.1.2. Formación Sálca

Los materiales más antiguos aflorantes en la zona de estudio corresponden al final del Ciclo I y constituyen la Formación Sálca.

Esta formación representa un ciclo volcánico completo y se inicia con la creación de la Caldera de Tejada que se rellena con la emisión de lavas riolítico-traquíticas e ignimbritas. La acumulación de material desborda el dominio intracaldera por aquellos bordes relativamente más bajos o fracturados originándose una salida de los mismos hacia el dominio extracaldera como ocurre en toda la zona sur objeto de estudio.

Los materiales que constituyen las emisiones extracaldera son:

- **Ignimbritas (riolítico-traquíticas o fonolíticas), coladas piroclásticas, tobas y coladas peralcalinas**

Se han agrupado cartográficamente estas unidades con objeto de sintetizar, y dado que los materiales agrupados tienen un comportamiento hidrogeológico similar.

Se trata de apilamientos de ignimbritas más o menos soldadas en unidades de 5 a 10 m, que originan una morfología característica escalonada, que se inicia con unos 60 m de las de carácter riolítico-traquítico que ocupan los fondos de los Barrancos de Chamoriscán, La Data, La Negra y Los Vicentes. Presentan coloraciones grises y marrones, fragmentos líticos de 2 a 5 cm y flamas.

Las ignimbritas de carácter fonolítico ocupan una mayor extensión y tienen potencias de hasta 400 m y el tránsito con las riolítico-traquíticas es paulatino y sólo definible con criterios geoquímicos.

Las ignimbritas fonolíticas forman potentes apilamientos en los que se intercalan lavas fonolíticas que generalmente presentan disyunción columnar. Las ignimbritas presentan colores gris-verdosos; perfiles más convexos, un cierto flameado y cristales individuales de feldespato.

Intercalándose en estas potentes series se han descrito niveles de brechas fonolíticas de tipo "block and ash" asociados a ignimbritas no soldadas del tipo "ash and pumice flow" que destacan por sus colores crema y blanquecino en el conjunto gris-verdoso.

Las brechas están constituidas por fragmentos de fonolitas sin selección interna y las ignimbritas no soldadas por fragmentos de pómez de 8-12 cm y líticos (fragmentos de lavas fonolíticas y feldespatos).

Estas intercalaciones piroclásticas están motivadas por momentos de mayor explosividad en las emisiones ignimbríticas.

- **Lavas fonolíticas**

Finalizando la secuencia de la Formación Sállica y coronando los relieves, afloran las lavas fonolíticas que ocupan una gran extensión en la parte este de la zona de estudio, el macizo de Amurga y una menor extensión y potencia a partir del Barranco de Fataga hacia el oeste.

El volumen de materiales emitidos fue muy importante y la duración de la emisión se ha calculado en 2,5 m.a. en función de las dataciones realizadas.

Esta unidad está constituida por un apilamiento de coladas de color verdoso o gris-verdoso, con disyunción columnar y en general afaníticas. Las potencias individuales son variables, entre 3-4 m como mínimo y 20-25 m como máximo. Las bases tienen carácter fragmentario y presentan coloraciones blanquecinas de alteración. La zona masiva es verde oscura, satinada brillante y jaspeada en fresco y marrón-cobrizo o beige en alteración.

La potencia total de la serie en la parte oriental alcanza los 500 m (Cumbres de Amurga) mientras que en la zona occidental disminuye cuanto más al oeste: entre Fataga y Los Vicentes, 280 m; entre los Vicentes y la Data (Lomos de la Gorra), 140 m; entre Chamoriscán y la Negra (Lomo de Ataja), 70 m.

Dentro de esta unidad es necesario señalar la presencia de diques fonolíticos que aunque no son muy numerosos indican una probable zona de ubicación de los centros de emisión de la formación fonolítica.

Se sitúan entre los parajes de Pino de San Antonio y Degollada de Llano Hidalgo con direcciones preferentes ONO-ESE y potencias variables entre 0,8 y 6 m.

En la Cuesta de Fataga aflora otro pequeño grupo de diques de direcciones E-O y NNO-SSE. Son fonolitas afaníticas, de color verdoso, con fractura concoide y bordes de enfriamiento característicos.

3.1.3. Formación sedimentaria posterior al Ciclo I

Finalizado el ciclo sálico con las emisiones fonolíticas, se produce un período de inactividad de unos 5,4 m.a. hasta las siguientes emisiones correspondientes al Ciclo Roque-Nublo. Durante este período se generan unos potentes depósitos sedimentarios conocidos como Miembro Inferior de la Formación Detrítica de Las Palmas.

Aflora en la hoja de Maspalomas (1114-III) en la zona suroeste entre el Barranco de Arguineguín y el Barranquillo de la Tabaquera. En la zona de estudio sólo aflora al sur de la presa de los Betancores.

Estratigráficamente constituye el tramo superior de la formación fonolítica observándose localmente paleorelieves en la base rellenos por conglomerados fonolíticos. En el Lomo del Hornillo se sitúa sobre esta unidad el Miembro Superior, pero en la zona de estudio se depositaron las coladas nefelínicas del inicio del Roque-Nublo (Formación El Tablero).

En las columnas levantadas se puede observar una secuencia típica de sedimentos conglomeráticos aluviales en facies canalizada. Estos conglomerados son fonolíticos, con cantos decimétricos y matriz arenosa.

Los sedimentos finos tienen secuencias positivas con bases erosivas pasando de microconglomerados a arenas y arcillas. El conjunto representa un esquema de "fan delta" en el que las facies de canal son las proximales y las distales llegan al mar.

Aunque su potencia es pequeña (25-30 m) y su extensión reducida en la zona, es una formación significativa por marcar el tránsito entre dos grandes ciclos de emisión.

3.1.4. Formación Roque-Nublo

El período de inactividad antes comentado se interrumpe con el inicio de un nuevo ciclo volcánico, el Roque-Nublo. Dicho ciclo es completo, ya que se inicia con lavas nefelínicas que evolucionan a tefríticas y finalizan siendo fonolíticas.

Este ciclo se caracteriza además por las violentas erupciones que ocasionan la formación de potentes mantos de brecha que posteriormente se rompen y deslizan.

En la zona de estudio afloran los materiales con que se inicia el ciclo, lavas nefelínicas de la denominada Formación El Tablero, y las brechas, características de la unidad, en sentido estricto o en facies deslizadas.

La descripción de estos materiales es la siguiente:

- **Lavas y piroclastos nefelínicos, basaníticos y basálticos, coladas basaníticas y conos de tefra**

La emisión de las primeras coladas del ciclo se realizaron desde los edificios piroclásticos situados en la zona del Lomo de las Moscas-Pajaritos, siendo dichas coladas básicas de composición nefelínica, basanítica y basáltica y se desplazan en dirección S y SE, adaptándose al relieve fonolítico preexistente.

El grado de alteración es a veces intenso con gran abundancia de minerales secundarios (ceolitas). Si la roca está fresca presenta matriz afanítica de color negruzco con fenocristales de olivino parcialmente alterados.

En el este de la zona de estudio se identifica otro centro de emisión, el edificio Tabaibas, como piroclástico de escoria, bombas y lapilli que ha emitido sus coladas hacia el sur y sureste (Zona Aeroclub) y que se adaptan al relieve fonolítico preexistente.

Son coladas masivas, algo alteradas, de color gris, con cristales de olivino y en menor medida piroxenos. La potencia individual de las coladas es de unos 4-6 m y el total del afloramiento no sobrepasa los 60 m.

Existen otros pequeños afloramientos como el situado en la margen oriental del Barranco de Fataga o los de la Cañada de las Moscas y Barranco de la Negra que afloran como consecuencia de la erosión actual de la brecha que los recubre.

- **Brecha volcánica en facies deslizadas y deslizamientos de brecha**

Corresponden estos materiales a los episodios de volcanismo explosivo característicos del período Roque-Nublo ampliamente representados en la isla.

En la zona de estudio se han agrupado dos conjuntos de materiales (las brechas en facies deslizadas y los deslizamientos gravitacionales) que aunque distintos en su génesis adquieren una morfología y composición similar comportándose bajo el punto de vista hidrogeológico como un conjunto de materiales brechoides con baja permeabilidad.

Las facies deslizadas de la brecha Roque-Nublo ocupan fundamentalmente la zona oeste del estudio en la hoja de Maspalomas (1114-III), marcando la divisoria este del Barranco de Arguineguín.

Aflora también en ambas márgenes del Barranco de las Moscas y en la hoja de Santa Lucía (1114-IV), en pequeños retazos en las Casas de Chamoriscán y Lomo de las Palmas.

La brecha Roque-Nublo forma originalmente un depósito masivo en mantos "block and ash" con espesores unitarios de 10 a 30 m compuesto por fragmentos de diversos tipos (líticos, pómez y cristales individuales) dispuestos caóticamente en una matriz heterogénea de carácter vitroclástico.

Estas brechas acumuladas en laderas inestables o como consecuencia de colapsos en el edificio central se deslizan gravitacionalmente constituyendo las denominadas "facies deslizadas". Estas se caracterizan por ser paquetes

masivos y potentes, sin estructuración interna ni estratificación, que en su deslizamiento hacia el sur pueden englobar materiales del sustrato por el que discurren. Ocasionalmente en la base se desarrolla un conglomerado de cantos más redondeados y finos. El conjunto presenta una coloración marrón en superficie y grisáceo en fresco.

Los depósitos de deslizamiento gravitacional agrupados cartográficamente en este mismo apartado no tienen definida su posición en el tiempo pudiendo haberse formado antes de la emisión Roque-Nublo en función de la composición de los bloques (fonolitas e ignimbritas de la Formación Sálica), o posteriormente, como puede deducirse de la sucesión estratigráfica en el Barranco de Fataga. En cualquier caso son depósitos caóticos que engloban cantos y bloques de hasta 1 m que superficialmente dan lugar a relieves alomados y convexos con formas poco jerarquizadas.

Los principales afloramientos de esta unidad se sitúan en la zona centro-norte de la hoja de Santa Lucia (1114-IV) en los Barrancos de La Data y Fataga, extendiéndose éste último a la hoja de Maspalomas (1114-III).

Dentro de la Formación Roque-Nublo es necesario mencionar la existencia de dos diques en la hoja de Santa Lucia (1114-IV) y uno en la de Maspalomas (1114-III) directamente relacionado con el edificio Tabaibas.

Los de Santa Lucia tienen dirección N 155° E y se encajan en ignimbritas fonolíticas apreciándose los bordes de enfriamiento e incluso disyunción prismática perpendicular a los bordes. Su composición es basáltico-traquibasáltica, afanítica.

El relacionado con el edificio Tabaibas es radial al cono, con potencia de 30 cm y dirección NO-SE. Su composición es similar a la de las coladas.

3.1.5. Formación Detrítica Posterior al Roque-Nublo

Al finalizar el ciclo Roque-Nublo o incluso en interrupciones intercaladas en el mismo se producen fenómenos de erosión y sedimentación que dan lugar al depósito de la formación

sedimentaria que se comenta y que se designa como Miembro Superior de la Formación Detrítica de Las Palmas.

Estratigráficamente puede situarse sobre el Miembro Inferior de la Formación Detrítica de Las Palmas, sobre los materiales del Ciclo I o sobre las coladas del Ciclo Roque-Nublo, pero la presencia de cantos de basanita y tefrita (materiales ausentes en el Ciclo I) delatan su génesis a partir de los materiales Roque-Nublo.

El principal afloramiento de la zona de estudio se sitúa en la zona de El Tablero, aunque sus mejores secuencias se observan al SE en las playas de la Melonera y de las Mujeres.

Se trata de conglomerados heterométricos (desde 8 cm a 70 cm) con cantos de basalto, basanitas, tefritas y fonolitas subredondeados, cicatrices erosivas y mala organización interna. Se distinguen alineaciones de cantos y estratificación cruzada en surco.

Se intercalan niveles más arenosos con arenas finas en las que se conservan restos de ripples y niveles piroclásticos poco densos (poco líticos) y con matriz de aspecto cinerítico con restos púmicos y cristales.

Se suceden en esta formación los episodios sedimentarios de origen fluvial con flujos piroclásticos densos en régimen laminar. Este tipo de secuencias y la naturaleza de los cantos permiten separar el miembro inferior del superior en aquellas zonas donde se superponen.

3.1.6. Formación Post Roque-Nublo

Los afloramientos de esta formación en la zona de estudio se reducen al final de una colada situada en el Barranco del Rodeo que tiene su continuidad hacia el norte en la zona de Arinaga-Tirajana. La colada está además muy alterada y no son visibles más de 3-4 m.

Se trata de una roca básica de tipo basanítico muy densa y oscura con fenocristales de olivino y más escasamente piroxenos. Su textura es afieltrada y poco vesicular; su color de alteración marrón y en fresco gris oscuro.

Su posición estratigráfica es clara en la hoja de Agüimes (1114-II) donde esta colada está rubefactando un nivel de lapilli de 4-6 m que se sitúa sobre unidades del ciclo Roque-Nublo.

3.1.7. Formaciones sedimentarias recientes

Los sedimentos actuales se han agrupado teniendo en cuenta su grado de evolución en:

- Depósitos de barranco, eólicos y playas: más evolucionados.
- Depósitos de ladera y deslizamiento: poco evolucionados.

Los depósitos de barranco tienen desigual grado de desarrollo entre las zonas de cabecera donde el curso de agua está más encajado y predomina la acción erosiva y la desembocadura.

En la zona de estudio las más importantes se unen para desembocar en Maspalomas y son: de la Negra, del Chamoriscán, de La Data, de los Vicentes y Fataga. Los de menor importancia se desarrollan en la zona sureste, tienen depósitos en su tramo final (unos 2 km) y son: del Toro, San Agustín, del Aguila, Tarafalillo Bemiel, Hondo y Cebollera.

En el extremo oriental, los barrancos de los Ahogados y Las Palmas se unen formando el de Juan Grande y desarrollan un importante depósito de barranco.

Todos estos barrancos presentan direcciones norteadas y sus depósitos reflejan la naturaleza de las formaciones que atraviesan pudiendo ser basalto, basanitas, traquitas, tefritas, fonolitas, etc. El depósito principal está formado por acumulación de bolos y cantos con tamaño que oscilan entre el centímetro y los 70 cm. Entre el material grueso existe material detrítico fino (arenas y limos).

La anchura del depósito aumenta hacia la desembocadura oscilando en los tramos medios entre 50 y 200 m. El de Fataga en su desembocadura alcanza los 1.000 m. Las potencias entre 2 y más de 10 m.

Los depósitos eólicos están muy bien representados en el campo de dunas de Maspalomas. Se trata de arenas muy finas de color marrón-grisáceo con potencias de 5-10 m que presentan las estructuras típicas de estratificación cruzada y ripple-marks y las morfologías de media luna. El campo de dunas avanza hasta cubrir parcialmente la terraza de la desembocadura del Barranco de Fataga y oculta parcialmente un nivel marino o rasa holocena.

Los depósitos de playa están muy bien desarrollados en toda la zona sur (playas de Hornillo, de las Meloneras, de las Mujeres) y en la zona de estudio (del Inglés, de las Burras, de San Agustín y otras de menor importancia).

En casi todos los casos son arenas finas de color grisáceo y, ocasionalmente, cordones de canto con tamaños entre 5 y 20 cm. En la playa del Inglés es difícil establecer el límite entre las dunas y la playa.

Los depósitos de ladera tienen un amplio desarrollo a partir de las unidades ignimbríticas de la Formación Sálica, en especial los originados en las laderas del macizo de Amurga hacia el Barranco de Fataga o a partir de la cumbre de Trujillo.

Estos depósitos se caracterizan por sus formas triangulares o en abanico y se trata de una acumulación caótica de cantos y bloques angulosos muy heterométricos, y cuya naturaleza depende exclusivamente de los materiales sobre los que se encuentran.

Ocasionalmente se desarrollan costras calcáreas, pero habitualmente son cantos sueltos, con muy poca vegetación o ninguna, que recuerdan los canchales de origen glaciario.

3.2. Tectónica

El accidente tectónico más importante de la isla es la Caldera de Tejeda. En la zona de estudio las emisiones posteriores a su formación y relleno, no permiten identificar la caldera como tal aunque se puede interpretar que la rotura de sus bordes ha permitido la salida de los materiales ignimbríticos de la Formación Sálica hacia el sur recubriendo el accidente tectónico.

Otra manifestación de la tectónica puede ser la fisura de dirección N 160° E a partir de la cual se emiten las coladas del inicio de la Formación Roque-Nublo.

También hay que señalar la fractura situada al sur de la presa de Fataga consecuencia de un ajuste tectónico de tipo distensivo, posterior a la formación de la caldera.

Otras manifestaciones tectónicas de menor importancia son los movimientos en la vertical que se ponen de manifiesto con los niveles marinos aflorantes a lo largo de la costa (rasas Jandiense y Erbanense).

3.3. Volcanología

En la zona de estudio se ponen de manifiesto alguno de los fenómenos más significativos del volcanismo insular.

Respecto al ciclo I, aunque faltan los materiales correspondientes al inicio del Ciclo Basaltos Antiguos, existe una extensa representación de las formaciones traquítico-riolíticas y fonolíticas que completan el ciclo. Estas formaciones se esparcen desde la Caldera de Tejeda, cuyo borde recubren, hacia el sur.

El episodio de interrupción entre el primer y segundo ciclo está representado por la formación detrítica correspondiente al miembro inferior de la Formación Detrítica de las Palmas.

Del segundo ciclo volcánico, el Roque-Nublo, existen en la zona de estudio las emisiones con que se inicia el ciclo (Formación El Tablero) y las brechas deslizadas producidas por explosiones del edificio central y posteriormente deslizada como consecuencia de la inestabilidad que tal acumulación de materiales ocasionaba.

El siguiente período de interrupción, correspondiente al final del Ciclo Roque-Nublo, se manifiesta en los depósitos conglomeráticos del miembro superior de la Formación Detrítica de Las Palmas.

Finalmente, aunque pobremente representado, el ciclo Post Roque-Nublo se manifiesta en la zona sureste como coladas basaníticas.

Los centros de emisión volcánica se limitan a los correspondientes a las primeras emisiones Roque-Nublo en la zona del Tablero, se alinean según una dirección N 160° E y constituyen conos de piroclastos de color rojizo, lapilli y bombas.

3.4. Petrología

Las características petrológicas de los materiales se describen minuciosamente en las memorias de las hojas geológicas a escala 1:25.000 recientemente realizadas por el ITGE, no obstante, se ha considerado conveniente destacar en unas líneas los aspectos principales, desde este punto de vista, de los materiales incluidos en las formaciones magmáticas cartografiadas.

3.4.1. Formación Basaltos Antiguos

Aunque la formación se inicia con términos olivico-augíticos en el tramo superior, las rocas son fundamentalmente traquibasáltico-plagioclásicas.

Estos basaltos plagioclásicos presentan escasos fenocristales de olivino y augita, la matriz es plagioclasa y contiene minerales pesados y vidrio intersticial como accesorios.

La textura más característica es la glomeroporfídica intergranular, aunque pueden encontrarse formas porfídicas microcristalinas.

Se pueden considerar estos materiales del tramo superior como traquibasaltos plagioclásico con un 20% de fenocristales de plagioclasa que alcanzan tamaños de 1 cm.

3.4.2. Formación Sálica

En esta formación se pueden distinguir tres grandes grupos de materiales: ignimbritas traquítico-riolíticas, ignimbritas fonolíticas y lavas fonolíticas.

Las ignimbritas traquítico-riolíticas tienen textura fragmentaria. Los líticos son escasos, pequeños y traquíticos; los mayoritarios son pómez y "shards". La matriz es fina y vítrea destacando los cristales de egrina verde.

Las ignimbritas fonolíticas tienen también textura fragmentaria ocasionalmente tobácea. Presentan gran abundancia de fragmentos pumíticos con texturas de desvitrificación y líticos de composición fonolítica y, en menor medida, traquitoide. La matriz es vítrea de color marrón oscuro compuesta fundamentalmente por cenizas, esquirlas vítreas y material pumítico.

Las lavas fonolíticas, con que finaliza el ciclo, son en su mayoría fonolitas nefelínicas. Presentan textura traquítica y microcristalina con escasos fenocristales (sanidina), en ocasiones de gran tamaño y orientados según el flujo magmático. La matriz fina, compuesta de microlitos de feldespato alcalino orientados. Aparecen, en ocasiones, tobas de tendencia autoclástica que parecen corresponder a procesos de autobrechificación de las coladas.

3.4.3. Formación Roque-Nublo

En esta formación hay que diferenciar los apilamientos lávicos del inicio del ciclo y la brecha volcánica.

Las lavas con que se inicia el ciclo, que se pueden observar en la zona del Tablero presentan composiciones diferentes. Así, en la ladera del Barranco de Chamoriscán la primera colada es de composición basáltica, con fenocristales de olivino dentro de una matriz rica en microlitos de plagioclasa, augita y granulos de opacos dispersos. La colada aflorante en el fondo del Barranco del Negro, también es basáltica, similar a la anterior. Sin embargo, las coladas superiores que ocupan la parte alta del apilamiento tienen composición nefelinítica olivínica, con fenocristales de olivino y, en menor cantidad, de augita, dentro de una matriz rica en augita y opacos. Como minerales accesorios hay a veces apatito y biotita.

Esta diferencia composicional observada entre las coladas de la formación parece indicar que habría más de un punto de emisión: uno que emitió basaltos y otro (la alineación de conos hoy visible) del que salieron las coladas nefeliníticas principales.

En el edificio de Tabaibas los materiales emitidos son de composición basanítica-basáltica con fenocristales de olivino y augitas. La matriz está compuesta por microlitos de plagioclasa y cristales de augita, opacos y olivinos. Los intersticios y vacuolas se rellenan de carbonatos y ceolitas.

En cuanto a la brecha volcánica hay que distinguir los fragmentos de la matriz. Los fragmentos son de composición tefrítica con fenocristales de augita y plagioclasa o fonolítica con fenocristales de sanidina y egirina.

La matriz es tobácea compuesta por abundantes fragmentos líticos, pumíticos y cristales individuales, en una pasta vítrea marrón de tendencia tefrítica. Los fragmentos líticos son de composición tefrítica, basanítica y traquifonolítica. La fracción de pómez es a veces considerable.

3.4.4. Formación Post Roque-Nublo

Como ya hemos señalado los afloramientos de esta formación se reducen a las coladas de los Llanos de la Aldea, que además se encuentran muy erosionadas.

Por similitud con otras rocas del mismo ciclo y por las observaciones de campo, se clasifican como basanitas con escasos feldespatoides. Tienen textura porfídica microcristalina con fenocristales de olivino y augita.

La matriz es rica en microlitos de augita entrecruzados con plagioclasas macladas y minerales opacos en gran proporción, con tamaños uniformes.

3.5. Historia geológica

La isla de Gran Canaria se formó durante el mioceno como consecuencia de la emisión de un gran volumen de lavas basálticas, estimado por diversos autores en 1.000 km³, que origina un gran estratovolcán situado, según se deduce de la disposición de los diques y del buzamiento de las coladas, en la zona central de la actual isla.

Las dataciones realizadas permiten estimar en 600.000 el número de años que duró la emisión, entre 13,8 y 13,2 m.a. La rapidez con que se construye el edificio se pone de manifiesto en la falta de intercalaciones sedimentarias entre las coladas y en la ausencia de discordancias, salvo la observada en algunos puntos entre el tramo superior y el inferior y medio.

Finalizada la emisión de la Serie Basaltos Antiguos se produce el colapso de la Caldera y la formación de la toba vitrofídica (composite flow) que, aunque con escaso espesor (10-20 cm), tapiza uniformemente la isla.

En la zona de estudio no afloran ni los Basaltos Antiguos, ni la toba vitrofídica, pero en los descensos a pozos en la zona oriental del Macizo de Amurga se ha detectado su presencia.

El relleno de la Caldera se realiza sin interrupción por medio de coladas sálicas (riolítico-traquíticas) y mantos ignimbríticos de igual naturaleza como consecuencia del colapso violento de las columnas eruptivas. Estos materiales desbordan los límites de la Caldera con desigual distribución como consecuencia de la asimetría de la misma y la fracturación radial de su borde.

Este primer período de construcción de la isla finaliza con la emisión de la formación fonolítica a través de centros de emisión, poco conocidos, que probablemente formaron edificios, desmantelados posteriormente por la erosión.

Parece evidenciarse una emigración de los centros de emisión hacia el NE en base a las dataciones realizadas en los materiales de esta serie fonolítica (12 m.a. en la zona sur y 9,8 m.a. en el norte). En cualquier caso, las emisiones sálicas y fonolíticas se producen durante unos 3 m.a.

Es necesario señalar que esta emisión fonolítica con que finaliza el primer ciclo tiene una importante manifestación en la zona de estudio, formando el Macizo de Amurga cuya forma y dirección de las coladas señalan como punto de emisión una zona del sur de San Bartolomé de Tirajana y un derrame principal entre los actuales Barrancos de Fataga y Tirajana.

Finalizado este primer ciclo se inicia un período erosivo que dura 4,5-4,7 m.a. Durante el mismo, se desmantelan los grandes relieves, se forman los barrancos principales y, con la instalación de un régimen de abanicos aluviales, se deposita en la zona costera un importante volumen de materiales clásticos.

Durante este período erosivo se produce una pequeña interrupción, en la que la actividad magmática se pone de manifiesto con la emisión de la Formación El Tablero, precursora del segundo ciclo volcánico generalizado.

El segundo ciclo volcánico, el más representativo de la isla, tiene sin embargo una escasa presencia en la zona de estudio. Aunque se trata de un ciclo completo, que se inicia con emisiones básicas y finaliza con las de carácter fonolítico, en la zona sólo se manifiesta

como las mencionadas coladas del inicio del ciclo y como brechas deslizadas como consecuencia de la acumulación de las mismas en zonas centrales.

El siguiente período de inactividad, que da lugar a los sedimentos del miembro superior de la Formación Detrítica de Las Palmas, se pone de manifiesto en la zona occidental del estudio.

El desplazamiento hacia el norte de los centros volcánicos hizo que las emisiones del ciclo Post Roque-Nublo cubrieran la parte occidental de la isla. En la zona de estudio se identifica este ciclo con las coladas de la zona de La Aldea.

Finalizadas las emisiones se producen las erosiones y sedimentaciones actuales: encajamiento de barrancos, formación de playas, dunas, derrubios de ladera, etc., que configuran la situación actual.

4. DEMANDA DE AGUA

La principal ocupación de la población de la zona es en el sector servicios, fundamentalmente el turismo, y en segundo plano, con mucha menos importancia, el sector agrícola.

Las actividades turísticas se concentran en la zona costera, mientras que la actividad agrícola se concentra en zonas de topografía suave como algunos fondos de barranco, los lomos entre éstos y los depósitos sedimentarios próximos al mar.

Según ello, la demanda en la zona costera es principalmente para abastecimiento de la población flotante (turismo) y estable, mientras que en el resto de la zona existe una demanda más dispersa para la agricultura.

La zona ha sufrido un profundo proceso de transformación desde mediados de los años 60 con un importante incremento de la población estable y flotante hasta 1989 en que se estabiliza.

4.1. Demanda de la población estable

Según datos del ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana la población se distribuye según el siguiente cuadro 4.1.:

AÑO	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Población de derecho	20.718	21.928	23.392	26.274	27.800	29.343	31.542	32.767
Población de hecho	55.915	56.125	57.689	85.823	--	--	--	--

Cuadro 4.1. Datos de población del municipio de San Bartolomé de Tirajana

Es necesario señalar la gran diferencia existente en los datos recopilados entre las poblaciones de hecho y de derecho.

También es necesario tener en cuenta que la zona de estudio no abarca todo el municipio y concretamente la población de San Bartolomé se sitúa fuera.

Existen algunos datos históricos, a nivel de todo el término municipal sobre consumos brutos municipales. En 1972 (según SPA-15) la población de San Bartolomé de Tirajana consumió 0,416 hm³, en 1978 (según MAC-21) se consumieron 0,514 hm³, el Plan Regional en 1986 aporta la cifra de 0,276 hm³ y el Avance del PHGC (1988) 0,745 hm³, para una población abastecida de 10.400 personas.

A grandes rasgos se observa un aumento de los consumos de agua para la población de derecho de San Bartolomé de Tirajana de 0,328 hm³/año en el período que va desde 1972 hasta 1988.

4.1.1. Sistema de abastecimiento

La población se abastece con agua gestionada por el ayuntamiento y por la empresa ELMASA.

El ayuntamiento abastece a los núcleos rurales de Fataga, Aldea Blanca, Juan Grande, Castillo del Romeral, el Tablero de Maspalomas, Montaña La Data, El Seguro y Ayagaures con un población total en 1988 de 7.619 habitantes, el consumo bruto anual es de 0,6 hm³ procedente de la compra de aguas subterráneas a particulares que la extraen fundamentalmente de pozos, con la salvedad de Ayagaures, que es abastecida mediante una galería y ocasionalmente por un pozo.

En ocasiones el ayuntamiento se ve forzado a suministrar agua mediante camiones cisterna.

Hay 7 depósitos reguladores gestionados por el ayuntamiento con una capacidad total de 7.561 m³, que garantizarían el suministro entre 1 y 25 días a las distintas localidades donde están situados.

Las pérdidas en la se estimán en torno al 27%, pero con una desviación importante, por ejemplo Aldea Blanca, tiene unas pérdidas del 11%, mientras que en Juan Grande y Castillo del Romeral, sus pérdidas se sitúan próximas al 33%. En total se pierden algo más de 0,162 hm³ de agua al año en las localidades estudiadas.

Respecto a las dotaciones de los núcleos de población del área de estudio gestionados por el ayuntamiento, la dotación media neta es del orden de 122 l/hab·día, con diferencias significativas. Ayagaures tiene una dotación de 31 l/hab·día mientras que Juan Grande-Castillo del Romeral, tienen 178 l/hab·día. (Es posible que la dotación de Ayagaures sea errónea, ya que el pueblo se abastece ocasionalmente de un pozo, este dato no está contemplado en los datos suministrados por el ayuntamiento).

En general, todos los núcleos de población están por debajo de la dotación ideal de 250 l/hab·día. Si se cumpliera esta dotación se necesitarían 0,9 hm³/año para abastecer a 7.619 habitantes, que sumados a las pérdidas que existen en la red de abastecimiento, supondrían que las necesidades reales de los núcleos enclavados en la zona de estudio son de 1,23 hm³ anuales (Ver cuadro 4.1.1.).

El resto de los habitantes en la zona son abastecidos mediante concesión municipal por la empresa de abastecimiento de agua ELMASA.

La empresa suministradora garantiza una dotación de 225 a 250 l/hab·día para todos sus abonados, ocupándose de la zona costera, que es fundamentalmente turística. La población ubicada en la costa se agrupa en los núcleos que figuran en el cuadro adjunto. (Cuadro 4.1.2.).

La población abastecida en 1986 por ELMASA era de 15.054 personas que consumieron del orden de 1,3 hm³ aplicando un consumo bruto de 250 l/hab·día.

NUCLEO	Población	Consumo bruto dam ³ /año	Consumo neto dam ³ /año	%, Pérdidas m ³ /año	Dotación Bruta l/hab-día	Dotación neta l/hab-día	Depósitos m ³	Garantía días	Suministros
Fataga	111	3,98	3,32	16 0,655	98	82	132	7	Pozos
Aldea Blanca	474	30,62	27,24	11 3,38	177	157	853	6	Pozo Cubas
Juan Grande-Castillo del Romeral	3.136	303,51	204,53	32 98,98	265	178	2.750	2	Pozos
El Tablero	2.739	183,52	143,56	21 39,95	183	143	3.197	5	Pozos
Montaña La Data	879	74,84	56,10	25 18,74	233	174	2.791	1	Pozos
El Seguro	38	1,43	1,15	20 0,287	103	82	171	25	Pozos
Ayugares	242	2,99	2,77	7 0,217	33	31	178	7	Galería
Total y media (*)	7.619	600,89	438,67	27 162,227	156 (*)	121 (*)	7.561	7 (*)	

Cuadro 4.1.1. Relación de la población y el consumo de agua en los núcleos de la zona de estudio. Suministro de agua gestionado por el ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana.

Núcleo	Distrito	Sección	1986	Consumo Bruto (hm ³)
			Población	
Maspalomas	3	1	1.700	0,139
Maspalomas	3	2	993	0,081
Maspalomas	3	6	3.177	0,260
Maspalomas	3	7	1.135	0,158
Maspalomas	3	8	1.927	0,156
San Agustín	3	3	913	0,075
Playa del Inglés	3	4	1.968	0,161
Playa del Inglés	3	5	1.531	0,125
El Tablero	4	2	1.710	0,140
Total			15.054	1,299

Cuadro 4.1.2. Relación de la población y el consumo de agua en los núcleos de la zona de estudio para el año 1986.

Suministro de agua, gestionado por ELMASA

En resumen la población en el área de estudio, se puede cifrar en unos 23.600 habitantes. En la zona de montaña residen unos 1.000 con una dotación en torno a 100 l/hab·día, consumiendo aproximadamente unos 0,03 hm³. En la zona de costa residen unas 22.600 personas que a su vez se pueden dividir, en residentes de pequeños núcleos, unos 7.600 que con una dotación en torno a 200 l/hab·día representan unos 0,55 hm³ y residentes en zona turística (15.000) con una dotación de 250 l/hab·día que consumen unos 1,3 hm³.

En resumen la población estable consume unos 1,88 hm³/año.

4.2. Demanda de la población flotante (turismo)

La zona turística está situada al sur de la zona de estudio, fundamentalmente junto a la costa. Esta formada por los enclaves de Maspalomas-Playa del Inglés y San Agustín-Playa del Aguila.

El turismo comenzó a expandirse a mediados de los años 60, sufrió un aumento espectacular entre los años 1970-1977 y un retroceso en los años 1977-1980. Se incrementó desde 1981 hasta 1988. En la actualidad está estabilizado desde 1988.

El número de plazas hoteleras sigue una tendencia más o menos creciente desde 1964, habiéndose ralentizado el crecimiento en los últimos años, como puede verse en el cuadro 4.2.1.

Año	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Nº Camas	500	1.400	1.500	3.000	6.000	10.000	12.000

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Nº Camas	19.000	31.000	43.000	53.000	58.000	61.000

Año	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Nº Camas	61.500	62.000	63.000	65.000	68.000	73.000

Cuadro 4.2.1. Evolución de las plazas turísticas en la zona de Maspalomas

Año	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Nº Camas	76.000	79.000	86.000	92.000	102.000	107.500	110.000

Cuadro 4.2.1. (Cont.). Evolución de las plazas turísticas en la zona de Maspalomas

Según datos obtenidos del ISTAC, Instituto Canario de Estadística, aproximadamente el 70% de los turistas fijan su estancia en el sur de la isla, estimándose que un 20% de los turistas ocupan camas fuera de la zona de estudio, es decir aproximadamente de cada 100 turistas que deciden pasar sus vacaciones en la isla de Gran Canaria, 56 lo hacen en la zona de estudio, con un tiempo medio de residencia de unos once días.

Aunque estos datos no son fiables, ya que establecer un censo turístico de relativa fiabilidad es muy difícil dadas las características estacionales de la población turística, la relación de camas disponibles y la ocupación de estas. La dificultad de controlar los apartamentos declarados como segunda vivienda y alquilados durante gran parte del año, corroboran esta dificultad (Ver cuadro 4.2.2.).

Año	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Nº Turistas	150.000	180.000	240.000	285.000	350.000	380.000	460.000

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Nº Turistas	585.000	710.000	775.000	890.000	910.000	965.000	1.114.000

Año	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Nº Turistas	1.090.000	870.000	730.000	1.100.000	1.200.000	1.310.000	1.470.000

Cuadro 4.2.2. Evolución del número de estancias en Gran Canaria

En términos generales, se pueden estimar unos regímenes de ocupación en la zona sur que se distribuyen de la siguiente manera (ver cuadro 4.2.3.):

Meses	Índice de ocupación
Enero-Abril	70% a 90%
Mayo-Junio	50% a 60%
Julio-1/2 Septiembre	70% a 90%
2ª Quincena de Septiembre	50% a 60%
Octubre-Diciembre	70% a 90%

Cuadro 4.2.3. Porcentaje de ocupación turística en la zona de Maspalomas.

La población turística está íntegramente abastecida por la empresa ELMASA, que suministra 13 hm³ anuales, con unas pérdidas estimadas del 16%, garantizando una dotación de 225 a 250 l/hab·día para todos sus usuarios. Esto supone una dotación neta por habitante y día de 189 a 210 l/hab·día.

El consumo turístico de la zona ha evolucionado con el tiempo como puede verse en el cuadro 4.2.4. (ELMASA).

Año	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Consumo hm ³	1,7	2,8	4,2	5,8	7,3	7,1	7,3	8,0	8,4	8,3

Año	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Consumo hm ³	8,3	8	8,3	8,3	9,2	9,7	12,3	13,3	13	12,7

Cuadro 4.2.4. Consumos anuales en abastecimiento turístico

En resumen, la demanda de la población flotante según los datos de la empresa suministradora, es de 13 hm³/año, con unas pérdidas en la red de 16% (2,08 hm³/año) garantizando una dotación bruta de 225 a 250 l/hab·día.

En función del número de estancias, de los datos de ocupación y de los suministros efectuados por ELMASA, se podrían establecer dotaciones por plaza hotelera y por estancia, pero un análisis tan minucioso escapa del objetivo del presente estudio.

4.2.1. Sistema de abastecimiento

Para potabilizar agua de origen superficial (embalses), la empresa de abastecimiento ELMASA dispone de dos estaciones de tratamiento de agua con capacidad de 400 l/s y 200 l/s es decir anualmente se pueden tratar del orden de 19 hm³/año, pero dada la escasa incidencia del agua procedente de presas, no se utilizan en la actualidad al 100% de sus posibilidades.

Las aguas superficiales son recogidas en la presa de Berriel, situada en el barranco de la Manta Berriel, con dos tomaderos de los barrancos Hondo y Berriel con una capacidad de aporte a la presa de 250 l/s y 1.600 l/s respectivamente.

Las precipitaciones en la cuenca de recepción son escasas no habiéndose llenado la presa desde su construcción hasta Diciembre de 1991, en que se embalsaron 600.000 m³ en cuatro días.

Se puede estimar que los recursos superficiales no sobrepasan el 2% del agua gestionada por ELMASA.

La presa de Curbelo de 200.000 m³ se utiliza como embalse regulador de las aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas proceden de más de 60 captaciones entre sondeos y pozos, pero su calidad no es apta para el consumo humano, ya que contienen entre 2 y 3 gramos/litro de sales disueltas. Para su tratamiento se utiliza la planta desaladora de Morro Besudo, esta planta tiene una capacidad de producción de 20.000 m³/día de agua con contenido en sales disueltas de 0,5 a 0,6 gramos/litro. Es decir unos 7,3 hm³/año.

Actualmente produce unos 12.000 m³/día, es decir unos 4,3 hm³/año con un consumo energético de 2 kwh/m³, es decir 8,76 millones de kwh/año.

El otro método de producción de agua potable es desalar agua del mar. En la planta desaladora de las Burras, del tipo osmosis inversa, se producen 8.500 m³/día, es decir 3,1

hm³/año de agua apta para el consumo humano, con un gasto energético de unos 5,6 kwh/m³ es decir unos 17,37 millones de kwh/año.

4.3. Demanda agrícola

Los estudios generales y sectoriales que han aportado información para un mejor conocimiento de la agricultura son:

- Proyecto SPA-15. Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias. (SPA/69/5) - 1975.
- Proyecto de Planificación y Explotación de los Recursos Hidráulicos de las Islas Canarias (CANHIDRO) - 1980.
- Estudio por Encuesta de los Consumos de Agua en el Cultivo de Platanera en las Islas de Gran Canaria, 1983.
- Estudio de los Consumos y Necesidades Hídricas Agrarias en las Islas Canarias, 1986.
- Consumo Hídrico Agrario Avance (PHGC, 1988).
- Consejería de Agricultura (1989).

Como resumen de los citados proyectos, en el cuadro 4.3.1. se recoge la evolución de las superficies y consumos para los principales cultivos en toda la isla de Gran Canaria.

Se puede observar que la disminución de la superficie cultivada entre 1975 y 1989 ha sido de un 26,7% y el consumo hídrico en el mismo período del 48,7%.

Este hecho no sólo es la lógica consecuencia de la disminución de superficies cultivadas, sino que también está producido por la progresiva eficiencia de riego debido a la introducción de nuevas tecnologías y por tanto las dotaciones para riego de los distintos cultivos han disminuido.

Cultivo	1975 SPA-15		1977 MAC-21		1983 IRYDA		1986 PHGC		1989 Cons. Agric.	
	Sup.	Cons.	Sup.	Cons.	Sup.	Cons.	Sup.	Cons.	Sup.	Cons.
Plataneras	4.058	62,76	3.567	50,50	3.075	40,07	2.312	22,82	1.500	22,98
Hortalizas y flores aire libre	3.539	35,25	3.028	20,63	4.315	16,90	1.943	18,70	3.404	–
Hortalizas y flores invernadero	679	4,78	769	6,44	962	5,44	1.124	10,26	–	27,12
Frutales	639	3,87	561	3,76	1.166	5,26	1.272	15,35	5.293	–
Patatas	2.646	7,77	2.572	10,90	–	–	2.136	5,18	–	–
Otros	2.361	12,33	1.791	13,14	–	6,82	2.336	4,49	–	14,85
Total	13.921	126,76	12.278	105,37	9.518	74,49	11.123	76,80	10.197	64,95

Cuadro 4.3.1. Evolución de las superficies (en ha) y consumos (en hm³) para distintos cultivos

Las disminuciones más importantes se han producido en las plataneras de 15.466 m³/ha en 1975 a 9.937 m³/ha en 1986, y en los frutales de 6.056 m³/ha en 1975 a 3.081 m³/ha en 1986.

En la Zona Sur de Gran Canaria en términos generales, la agricultura ha evolucionado en el mismo sentido que en el resto de la isla.

Se incluye en el Anejo I la superficie, consumo y dotación de los distintos cultivos en función de la cota para el Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana (según PHGC, 1988). Es necesario recordar que el término municipal no ocupa toda la zona de estudio.

Según los datos que figuran en el Anejo I, las superficies de regadío y los consumos para los distintos cultivos (PHGC, 1988) son (cuadro 4.3.2.):

Cultivo	Superficie (ha)	Consumo (hm ³ /año)
Cítricos y aguacates	129	0,549
Frutales tropicales	40	0,133
Frutales templados	67	0,155
Hortalizas aire libre	546	5,980
Hortalizas invernadero	49	0,392
Platanera	60	0,841
Patatas	45	0,135
Otros cultivos	160	0,560
TOTAL	1.096	8,745

Cuadro 4.3.2. Resumen de superficies y consumos

Si suponemos una ligera disminución de las superficies regadas (de un 10% entre 1988 y 1993), y una mayor eficacia en el sistema de riego (disminución de la dotación media de 7.500 m³/ha) y la circunstancia, ya apuntada, de no estar incluidas en la zona de estudio toda la superficie del municipio, se puede suponer un consumo para 1991 del orden de 7 hm³/año.

El análisis de la situación actual ha permitido contrastar este dato con el bombeo para agricultura en la zona de estudio (estimado en 6,2 hm³/año) y el suministro de agua superficial (0,6 hm³/año de la presa de Ayagaures y 0,2 hm³/año de la presa de Chira).

Suponiendo unos retornos de riego del 20% el volumen de retorno será de 1,4 hm³/año.

4.4. Resumen de demanda y consumo en la zona de estudio

La distribución del consumo actual se puede resumir de la siguiente manera:

	Urbano	Turístico	Agrícola	Total
Consumo (hm ³ /año)	1,88	13,00	7,00	21,88
Retornos (hm ³ /año)	0,376	2,08	1,4	3,856

La demanda actual presentará un pequeño déficit como consecuencia de una dotación por habitante y día menor de la óptima, coincidiendo con los consumos en los sectores turístico y agrícola.

Para el futuro, cuya previsión es sumamente difícil por la incidencia de factores exógenos al sistema (evolución del mercado turístico y agrícola), es necesario considerar un incremento de la dotación a pequeños núcleos, un índice de ocupación hotelera mayor, un ligero incremento de la población y una superficie de cultivo similar a la actual.

En estas condiciones la demanda en la zona se distribuirá así:

	Urbano	Turístico	Agrícola	Total
Demanda (hm ³ /año)	2,15	15	7,00	24,15
Retornos (hm ³ /año)	0,430	2,4	1,4	4,23

5. PRODUCCION DE AGUA POR SISTEMAS NO CONVENCIONALES

En la zona en estudio, dado el tipo y cantidad de la demanda de agua, y el uso, que de ésta se hace, se han hecho necesarias y factibles instalaciones de modificación de su calidad.

Estas instalaciones producen agua con una calidad mejorada, a partir de agua del mar o de captaciones, mediante la desalación (desaladoras, potabilizadoras), o, a partir de aguas residuales urbanas, mediante la depuración (depuradoras).

Las desaladoras disponen agua con una calidad standarizada y aceptable para satisfacer las demandas, principalmente de población, mientras que las depuradoras disponen agua con una calidad no standarizada para su vertido al mar u, ocasionalmente, usos secundarios, que se espera se incrementen en el futuro hacia la reutilización para regadío.

Con objeto de conocer los recursos que ponen a disposición este tipo de instalaciones, se ha realizado una encuesta sobre las existentes en la zona. Las fichas resultantes de dicha encuesta se han recogido en le Anejo II, pudiendo observarse la distribución espacial de las instalaciones en el plano 3.

5.1. Desaladoras

En la zona de estudio existen dos plantas desaladoras de agua de mar denominadas LAS BURRAS (Maspalomas II) y SALINAS DEL MATORRAL, y una desaladora de aguas subterráneas (MORRO BESUDO, o Maspalomas I).

El sistema de desalación es el de osmosis inversa en las de agua de mar, que se fundamenta en hacer pasar agua de mar a alta presión a través de membranas semipermeables y electrodiálisis reversible en la de aguas subterráneas.

En **Las Burras**, el agua de mar es conducida a través de dos tuberías de PVC, de 800 mm de diámetro y 800 m de longitud cada una. La planta obtiene un 40% de agua con un contenido en sales disueltas en torno a 500 p.p.m. El agua de rechazo es el 60% restante vertiéndose al mar por medio de un emisario submarino.

La capacidad de esta planta desalinizadora es de 8.500 m³/día, es decir 3,1 hm³/año, de agua potable y funciona al 100%.

El agua potable que produce la planta de Las Burras se une a otras aguas, gestionadas por la empresa concesionaria ELMASA, para suministrar agua potable a la zona turística de Maspalomas.

En la planta de **Salinas del Matorral**, de propiedad privada, el agua obtenida se utiliza en la agricultura. Esta planta tiene una capacidad de producción de 4.000 m³/día, produciendo aproximadamente 1 hm³/año con un consumo energético de unos 5 millones de kwh/año.

El rendimiento de esta planta es del 40%, es decir, de 2,5 hm³ de agua de mar potabiliza 1 hm³/año y produce 1,5 hm³/año de salmuera que se vierte directamente al mar.

Los recursos de agua subterránea de la zona baja presentan el problema del alto contenido en sales disueltas. En algunos casos sobrepasa las 8.500 p.p.m. Para solucionar el problema de la alta salinidad se instaló la planta desaladora de **Morro Besudo**, también llamada Maspalomas I.

El sistema de desalación utilizado en esta planta es la electrodiálisis reversible. Este sistema consiste en hacer pasar corriente eléctrica continua sobre membranas selectivas que eliminan paulatinamente los iones disueltos en el agua.

El agua extraída de pozos y sondeos es mezclada en depósitos, pasando después a la planta desaladora que tiene una capacidad de producción de agua apta para el consumo humano de 20.000 m³/día, es decir 7,3 hm³/año. En la actualidad produce unos 12.000 m³/día (un 60% de su capacidad total), un total anual de 4,38 hm³.

En el cuadro 5.1.1. se resumen las características de las plantas desaladoras y su utilización. En el cuadro 5.1.2. su capacidad de producción y su utilización actual.

MUNICIPIO: San Bartolomé de Tirajana					
Situación	Titular	Sistema	Capacidad de producción bruta		Utilización
			m ³ /día	hm ³ /año	
Las Burras	ELMASA	Osmosis Inversa	8.500	3,1	Abastecimiento
Salinas del Matorral	Privada	Osmosis Inversa	4.000	1,46	Agricultura
Morro Besudo	ELMASA	Electrodíálisis	20.000	7,3	Abastecimiento

Cuadro 5.1.1. Características de las plantas desaladoras de agua

Desaladora	Capacidad producción		Producción actual	
	m ³ /d	hm ³ /año	m ³ /d	hm ³ /año
Las Burras	8.500	3,1	8.500	3,1
Salinas del Matorral	4.000	1,46	2.740	1,0
Morro Besudo	20.000	7,3	12.000	4,3
TOTAL	32.500	11,86	23.240	8,48

Cuadro 5.1.2. Capacidad y producción de las desaladoras

Es decir, con una capacidad de producción instalada de 11,86 hm³/año, se produce en la actualidad 8,48 hm³/año.

5.2. Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales E.D.A.R.

Las estaciones depuradoras de Aguas Residuales de la zona turística del área de estudio, depuran el 75% del agua suministrada, aproximadamente 6,75 hm³/año con un grado de depuración del 90 al 95%.

En la zona de estudio hay 4 estaciones depuradoras dos de ellas ubicadas en el mismo lugar. Todas las E.D.A.R. utilizan el sistema de aireación mediante difusores soplantes en fondo.

La E.D.A.R. de Bahía Feliz, está preparada para depurar las aguas residuales de 5.000 personas, unas 0,4 hm³/año, pero solo se utiliza para unas 800 personas. En horas punta depura unos 8 l/s como máximo, esto supone una depuración de 0,15 hm³/año que se evacúan al mar mediante un emisario submarino de 950 m de longitud.

En Las Burras se sitúan 2 E.D.A.R. que depuran unos 4,4 hm³/año entre las dos.

Las aguas depuradas se evacúan al mar por dos emisarios submarinos de 1.118 m y 1.120 m.

La E.D.A.R. de El Tablero de Maspalomas depura unos 2,2 hm³/año, evacuando el agua depurada al mar mediante un emisario submarino de 1.000 m de longitud.

La capacidad de depuración y la depuración real se indican en el cuadro 5.2.1.

En la zona de estudio parte de las aguas depuradas por las E.D.A.R. se reutilizan en riegos de jardines y agricultura, según se indica en el cuadro 5.2.2.

El campo de golf de Maspalomas está íntegramente regado con aguas depuradas, se riega unas 10 horas diarias durante la noche con un caudal de 90 l/s, esto supone unos 1,2 hm³/año de agua depurada que se reutiliza.

El ayuntamiento utiliza 0,5 hm³/año en el riego de jardines.

Para agricultura se destinan 0,1 hm³/año en la zona del Tablero, regándose con agua depurada unas 10 ha de terreno.

E.D.A.R.	Capacidad		Utilización	
	m ³ /d	hm ³ /año	m ³ /d	hm ³ /año
Bahía Feliz	1.100	0,4	410	0,15
Las Burras I y II	12.000	4,4	12.000	4,4
El Tablero	600	2,2	600	2,2
TOTAL		7,0		6,75

Cuadro 5.2.1. Capacidad y depuración de las E.D.A.R.

Utilización	hm ³ /año
Campo golf	1,2
Jardines	0,5
Agricultura	0,1
TOTAL	1,8

Cuadro 5.2.2. Reutilización de aguas depuradas

Se reutilizan por tanto 1,8 hm³/año de aguas depuradas procedentes de vertidos de aguas residuales de origen urbano.

El Cabildo Insular de Gran Canaria tiene proyectado reutilizar 2 hm³/año ampliables a 5 hm³/año.

En resumen, en el Municipio de San Bartolomé de Tirajana se depuran del orden de, 6,7 hm³/año, se reutilizan casi 2 hm³/año.

La producción de agua por sistemas no convencionales en la zona de estudio representa un volumen de agua importante, que supera actualmente los 15 hm³/año con una capacidad de producción instalada de 18,86 hm³/año y buenas perspectivas de ampliación (cuadro 5.2.3.).

Sistema	Producción actual (m³/d)	Capacidad producción (hm³/año)
Potabilizadora	8,48	11,86
E.D.A.R.	6,75	7,00
TOTAL	15,23	18,86

Cuadro 5.2.3. Resumen de la producción de agua por métodos no convencionales

6. ESTUDIO CLIMATOLOGICO E HIDROLOGICO

Con el estudio de la climatología e hidrología superficial, cuya metodología y resultados se exponen a continuación, se pretende obtener uno de los parámetros necesarios para la realización del balance: las entradas al acuífero como consecuencia de la precipitación.

La climatología de la zona sur presenta algunas particularidades como la concentración de las precipitaciones en temporales intensos y de corta duración, su repartición en el tiempo con un amplio periodo seco de marzo a octubre y la influencia del fuerte relieve de la zona.

En cuanto a la hidrología superficial, se caracteriza por la existencia de numerosos barrancos radiales (del centro de la isla a la costa), que, con un tiempo de concentración corto, drenan rápidamente las intensas precipitaciones puntuales permaneciendo la mayor parte del tiempo secos.

En la cabecera de alguno de ellos se ubican embalses (La Negra, Chamoriscán, Ayagaures y Fataga) destacando por su cuenca vertiente el de Ayagaures.

Desgraciadamente no se dispone de datos de aforos en cauces, ni de datos de regulación de los embalses por lo que ha sido necesario establecer algunas hipótesis de trabajo.

METODOLOGÍA

Para la realización del estudio de climatología e hidrología se han realizado las siguientes fases:

- 1) Recopilación de documentación
- 2) Análisis y depuración de datos
- 3) Elaboración de resultados

1) Recopilación de Documentación

Se ha recopilado, además de la correspondiente a estudios previos, la información más reciente sobre el tema existente en la Oficina del Plan Hidrológico de Gran Canaria, servicio Hidráulico de Las Palmas e Instituto Nacional de Meteorología.

Además de ello, se intentó, infructuosamente, obtener la información acerca de los Embalses con objeto de efectuar un estudio de la correlación entre precipitaciones y aportaciones dada la ausencia de estaciones de aforo con funcionamiento fiable en la zona.

Se obtuvieron datos básicos referentes fundamentalmente a pluviometría y datos elaborados referentes a precipitaciones, aportaciones y características de las cuencas, habiendo sido de gran utilidad los datos elaborados por la Oficina del Plan Hidrológico de Gran Canaria referentes a pluviometría.

2) Análisis y depuración de datos

Los datos termométricos se redujeron a los obtenidos para el estudio de la zona suroeste.

De los datos pluviométricos (mensuales) se desestimaron los de las estaciones del Instituto Nacional de Meteorología dado que dichas estaciones tenían laguna considerables en la toma de datos y no se disponía de datos de precipitación diarios, fundamentales para la realización del estudio que se pretendía.

Dado que existía un tratamiento de los datos de las estaciones del Servicio Hidráulico de Las Palmas (la red más completa) efectuado por el P.H.G.C., se procedió a efectuar una nueva corrección, completado y contraste por métodos gráficos de regresión polinómica de las 13 estaciones de base definidas por el P.H.G.C. y situadas en la zona de estudio.

Las estaciones utilizadas son las que figuran en el cuadro 6.1. y plano 4.

Estación	Nombre	Cota	X	Y
009	Cuevas del Pinar	1.215	441.145	3.089.115
023	San Bartolomé	887	443.840	3.088.945
032	Maspalomas. Faro	12	441.080	3.067.920
042	Doctoral	95	455.585	3.078.625
062	Salobre-Pozo	170	437.250	3.072.750
078	Lomos de Pedro Alfonso	875	436.910	3.081.540
083	Fataga	605	444.535	3.084.740
086	Cercados de Araña	925	438.670	3.087.900
128	Ayagaures-Presa	326	440.420	3.080.755
130	Ayagaures-Data	125	440.250	3.074.680
131	Juan Grande	42	453.885	3.076.120
132	Barranco Las Palmas	175	450.835	3.079.165
153	Berriel	30	449.800	3.073.870

Cuadro 6.1.

3) Elaboración de Resultados

El objeto final del estudio ha sido el conocimiento de la lluvia útil anual que, separada en infiltración y escorrentía, nos permita establecer un balance, lo más aproximado posible de los recursos hídricos de la zona. Para ello se elaboraron las isoyetas medias anuales considerando los datos correspondientes a los 11 últimos años, al tiempo que se elaboró un plano de isolíneas de infiltración. Para el cálculo de la lluvia útil se consideraron los episodios lluviosos diarios y una capacidad de retención de agua del complejo suelo-plantas, constante para toda la zona de estudio, de 10 mm.

La ETP, fundamental para el cálculo de la lluvia útil, se ha calculado en base a los datos obtenidos en el estudio del suroeste con una hipótesis de variación lineal de la misma en función de la cota.

La infiltración se ha calculado para la hipótesis de 20% de lluvia útil total anual, elaborándose un plano de isolíneas de infiltración.

6.1. Climatología

6.1.1. Pluviometría

Aunque las series pluviométricas del Instituto Meteorológico Nacional (datos mensuales) consultadas, corresponden a un período mas amplio de recogida de datos, existen lagunas muy importantes en la toma de éstos; no obstante se procedió a un tanteo para completar las series siendo los valores de correlación inferiores a los mínimos (0,6). Se optó, en consecuencia, por no tomar en consideración dichos datos para este trabajo.

Los datos de partida corresponden a las precipitaciones diarias del período 1952-1990 de las 13 estaciones seleccionadas por el P.H.G.C. dentro de la zona de estudio y consideradas como básicas de las aproximadamente 50 existentes en la zona y sus alrededores.

Teniendo en cuenta que los datos de temperaturas son muy escasos y que los cálculos para obtener la lluvia útil se realizan en el período 1979-1989 se establece dicho período como representativo y se refieren a él los cálculos de precipitación.

Las series base, contrastadas por el P.H.G.C., se corrigieron y completaron estadísticamente, a nivel diario, por métodos gráficos utilizando regresión ortogonal por curvas polinómicas. Las series corregidas y completadas por dicho método se recogen en el ANEXO III (tablas 1 a 13).

A partir del análisis de los datos de pluviometría se pueden observar las siguientes particularidades sobre el régimen de precipitaciones:

- Las precipitaciones se producen fundamentalmente (más del 90%) entre los meses de octubre y marzo, siendo el mes más lluvioso noviembre.
- Los meses de mayo, junio, julio y agosto son totalmente secos.
- La precipitación está fuertemente afectada por la topografía. Si agrupamos las estaciones en función de su cota, se puede observar que las situadas por debajo de la cota 175 tienen una precipitación media anual de unos 92 mm, las situadas entre las cotas 175 y 900 presenta una precipitación media de 192 mm. (dos veces más)

y las situadas por encima de la cota 900 tienen una precipitación media de 326 (casi cuatro veces más que en la zona costera).

- En el período de once años considerado en las distintas estaciones se observa la existencia de años particularmente secos como 1982 y 1986 en los que la precipitación media fue hasta un 60% menor que la media de los once años. Como año especialmente húmedo destaca 1989 con una precipitación 50% más alta que la media de los once años considerados.

- Los valores extremos en la serie considerada se produjeron el año 1982-83 en la estación 153 (4,8 mm) y el año 1988-89 en la estación 009 (675,2 mm), siendo el mes más lluvioso, diciembre de 1984 (340,4 mm) en la estación 009.

A partir de los valores medios para once años en los distintas estaciones se ha dibujado el plano de Isoyetas (Plano 5).

La precipitación media en la zona obtenida a partir de la media de las estaciones es de 173,5 mm, sin embargo con objeto de obtener un valor más real, se han planimetrado las superficies delimitadas por las isolíneas atribuyendo a la franja así definida la precipitación media de las isolíneas consideradas. Se obtiene así una precipitación total en la zona de 30,3 hm³/año.

6.1.2. Temperaturas

La ausencia de datos termométricos en la zona dificulta el conocimiento climatológico con el detalle deseado, sin embargo se pueden dar, por similitud con otras zonas, algunas cifras orientativas y la distribución más probable de temperaturas.

- Las temperaturas son menores en la zona montañosa y sus oscilaciones para los distintos meses del año mayores del 25% del valor medio (20° C).

- En la zona costera, con temperatura media de 24°C, las oscilaciones para los distintos meses no superan el 10%.

- En general se puede diferenciar una época más fresca de noviembre a mayo, y una época más cálida de junio a octubre.

Por otra parte, los datos estadísticos de zonas próximas (varianza, desviación típica..) indican pequeñas desviaciones en los datos interanuales, lo que confirma el hecho, ya conocido, de la poca variación térmica en las temperaturas en Gran Canaria.

6.1.3. Régimen de vientos

Los vientos dominantes en el archipiélago soplan del N-NE, sin embargo como consecuencia de las particularidades topográficas de la zona la circulación general se ve modificada.

En efecto, los importantes relieves del norte de la zona de estudio actúan de barrera al flujo general protegiendo las cabeceras de los barrancos que reciben fundamentalmente los vientos de temporal más húmedos y procedentes del SSO.

Coincidiendo con la desembocadura del Barranco de Tirajana, en el límite oriental de nuestra zona, los vientos dominantes sufren un ligero cambio de dirección para situarse en dirección ENE.

Los depósitos de dunas de Maspalomas son un fiel reflejo de los vientos dominantes, ya que aunque existen dunas transversales y tipo barjan del SE, más del 80% de las dunas son del NE indicando un buen aporte de arena desde la Playa del Inglés (situada al NE del campo dunar).

Es necesario señalar que los fuertes vientos en la zona más oriental está condicionando el desarrollo turístico y empieza a utilizarse como fuente de energía alternativa.

6.1.4. Evaporación y Evapotranspiración potenciales

No han podido obtenerse datos en cuanto a evaporación, al no disponer el Instituto Meteorológico Nacional de estaciones completas en la zona de estudio. Los datos de Evapotranspiración potencial, necesarios para el estudio hidrológico, se han estimado en base a los datos utilizados para el "Estudio Hidrogeológico del Suroeste de Gran Canaria", conservando el criterio determinante de la importancia de la cota en el valor de la evapotranspiración.

Además, como las características climatológicas de Gran Canaria son tales que la pluviometría se produce en aguaceros torrenciales de corta duración (3 días como máximo), concentrados en pocas horas, y espaciados temporalmente, no tiene sentido el cálculo de la evapotranspiración por medio de balances mensuales, siendo necesario el estudio de los balances diarios. Para ello se hace preciso tener unos datos de evapotranspiración diarios y representativos de las características climáticas y topográficas de la zona de estudio. Se ha partido por tanto de las siguientes premisas:

- Dado que la variación de la temperatura media a lo largo de un mes (y a lo largo del año) es pequeña podemos considerar la ETP diaria como sigue:

$$ETP \text{ diaria} = \frac{ETP \text{ media mensual}}{n^{\circ} \text{ días del mes}}$$

- El valor de la ETP media mensual, para cada una de las 13 estaciones, la obtenemos de la hipótesis de variación lineal de la ETP media mensual en función de la cota a la que se encuentra la estación. Interpolaremos por tanto los valores de la ETP para cada estación entre los valores obtenidos para el suroeste utilizando en este estudio estaciones limítrofes.

Los resultados de ETP media mensual para cada una de las 13 estaciones, indicando la cota de la misma, se encuentran en la tabla nº 14 del anejo nº III.

- Durante el fenómeno tormentoso que produce la lluvia tiene lugar un ligero descenso de las temperaturas, al tiempo que se produce una disminución de la insolación. Para cuantificar este fenómeno no consideraremos valores de la ETP

diaria superiores a 3 mm. Los valores de la ETP diaria considerados para el cálculo de balance hídrico se encuentran en la tabla nº 15 del anejo nº III.

Por otra parte, y dada la separación temporal entre períodos tormentosos, teniendo en cuenta las características geológicas generales de la zona, hemos supuesto que entre período tormentoso y período tormentoso el suelo se encuentra totalmente seco, con capacidad de retención de humedad suelo-plantas máxima, salvo el caso en que entre dichas tormentas la diferencia temporal sea menor que tres días, estableciendo balances independientes en el primer caso y conjuntos para todo el período en el segundo.

Para el cálculo de la humedad retenida por el complejo suelo-plantas se ha partido del estudio de las características del suelo y del tipo de vegetación. Un valor comunmente aceptado en zonas de regadío, con temperatura media mediterránea y suelo apto para dichos cultivos, oscila entre valores de 30 a 50 mm. Las características edáficas de la zona de estudio y el tipo de vegetación existente indican que los valores citados son de un orden de magnitud muy superior a los que debemos adoptar. La comprobación de la facilidad con que se produce escorrentía, para cada período tormentoso observado, nos induce a considerar valores sensiblemente inferiores. Hemos adoptado un valor medio de 10 mm.

6.2. Hidrología

Para el estudio hidrológico los únicos datos disponibles han sido los datos pluviométricos citados anteriormente ya que no existen estaciones de aforo ni datos de caudales de regulación de los embalses existentes en la zona.

Se han incluido en el Anejo III, junto a los datos climatológicos, las informaciones obtenidas respecto al funcionamiento de las presas de Ayagaures-Gambuesa, Fataga, Tirajana, Chira y Soria, que, aunque no todas están en la zona, proporcionan una información importante sobre su capacidad de almacenamiento, regulación y distribución de sus aguas para el regadío de zonas incluidas en el estudio.

El estudio hidrológico, que hemos realizado, pretende, tras el análisis de las series de precipitación disponible, cuantificar el porcentaje de lluvia útil disponible:

$$LLu = P - ET$$

donde:

LLu = Lluvia útil

P = Precipitación

ET = Evapotraspiración

La lluvia útil (Llu) será por otra parte:

$$Llu = E + I$$

donde:

E = Escorrentía

I = Infiltración

la distribución de la lluvia útil entre escorrentía e infiltración dependerá de las características topográficas, climáticas, geomorfológicas, edáficas, etc. y de la vegetación existente en la zona. El valor teórico obtenido de escorrentía e infiltración debería ser contrastado con datos de aforos para comprobar la validez de los resultados. Al no disponerse de datos de aforo hemos supuesto la siguiente hipótesis:

- La infiltración es del orden de un 20% de la lluvia útil y la escorrentía es un 80% de dicha lluvia útil.

Para el cálculo de la lluvia útil media se ha tenido en cuenta el período de 11 años (años hidrológicos 1979/80 a 1989/90), seleccionado para el estudio climatológico. Los resultados en cada una de las 13 estaciones de los valores de lluvia útil total del período, media mensual y anual, escorrentía e infiltración para la hipótesis citada se encuentran en el anejo nº III (tablas nº 16 a 28).

Observamos así que existe una diferencia sensible entre los datos de las precipitaciones medias anuales y los valores de la lluvia útil media anual. Comparando dichos valores en dos casos extremos (estación 009 y estación 032) tenemos los resultados siguientes.

Estación	Cota	Precipitación media anual (mm) (media de todos los años)	Lluvia útil (mm) (media del período)
009	1215	428	347,5
032	12	53,7	16,0

La diferencia de valores entre precipitación y lluvia útil es, como se ve, muy significativa.

Estos valores reflejan, pese a todo, la realidad del fenómeno climatológico de las islas ya que si hubiéramos calculado el balance por períodos mensuales, los resultados serian muy inferiores en el primero de los casos y nulos en el segundo. Vemos además que la influencia de la altitud en el cálculo de la lluvia útil se incrementa con respecto al cálculo de la precipitación anual; mientras que los valores de precipitación entre las dos estaciones de comparación están en relación 8:1, los valores de lluvia útil se encuentran en relación 21:1.

Conocidos los datos de lluvia útil la red de estaciones pluviométricas ya citada es preciso extrapolar los datos a toda la zona de estudio. No nos parece indicado utilizar la típica poligonización de Thiessen por que consideramos que no tiene suficientemente en cuenta la variación de las características topográficas generales y la sensible variación de los fenómenos lluviosos con la diferencia de cota. Este fenómeno, que es general en diferentes cuencas hidrográficas, es de especial importancia en el caso que nos ocupa, como puede observarse en la comparación de resultados de lluvia útil anteriormente citados y en la forma del trazado de las isoyetas, con un fuerte gradiente de la lluvia respecto a la variación de la cota.

Se ha dibujado en el plano de isoyetas (Plano 5) las isolíneas de infiltración para la hipótesis considerada. Las isolíneas de la lluvia útil serán iguales pero multiplicadas por un factor 1/0,2 (=5). Se obtienen así unas bandas de lluvia útil que ocasionalmente engloban varias estaciones.

Atribuyendo un valor constante a cada banda de influencia de las estaciones obtenemos los siguientes valores (Cuadro 6.2.):

Infiltración considerada	Superficie (km ²)	Infiltración (hm ³ /año)	Lluvia útil (hm ³ /año)
5 mm	75	0,375	1,875
10 mm	97	0,970	4,850
20 mm	27,2	0,544	2,720
30 mm	16,4	0,492	2,460
40 mm	4	0,160	0,800
TOTAL	219,6	2,541	12,705

Cuadro 6.2. Cálculos de lluvia útil e infiltración

Vemos que, para la hipótesis considerada, y con una lluvia útil total de 12,7 hm³ se obtiene una infiltración de aproximadamente 2,5 hm³ que representa un 9% de la precipitación media.

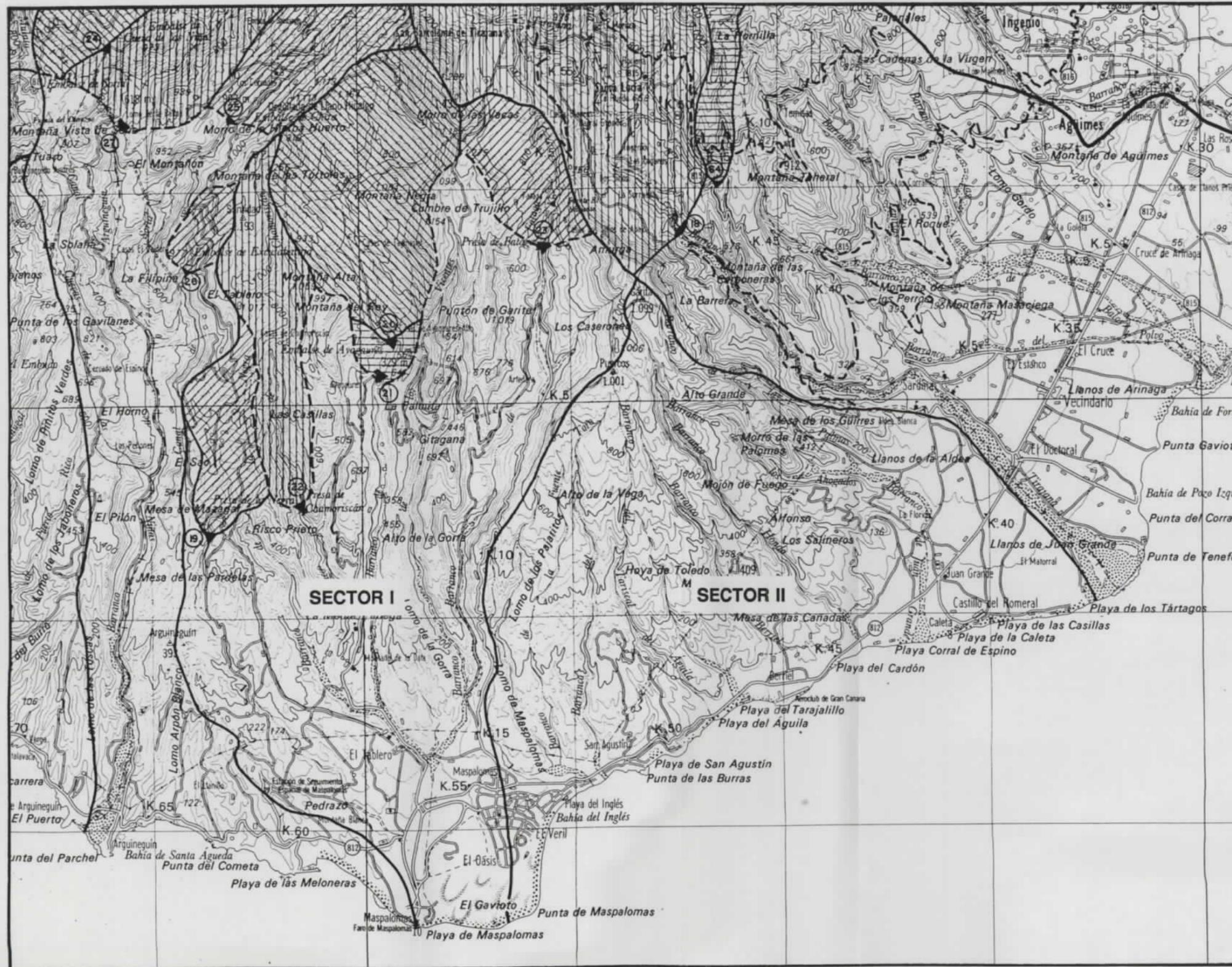
Finalmente es necesario mencionar que la regulación solo se produce en la cabecera de los barrancos principales (cuyos datos de regulación no se disponen), quedando la mayor parte de la escorrentía no regulada.

Dicha escorrentía se infiltrará en parte a través de los cuaternarios de fondo de barranco. Teniendo en cuenta períodos de concentración cortos y régimen de lluvias de temporales de escasa duración, estimamos que dicha infiltración en los cuaternarios debe ser del orden del 5% de la escorrentía.

Para calcular la escorrentía no regulada se ha dividido la zona en sectores como se expresa en la figura 6.1. Dichos sectores son:

SECTOR I. Ocupa la parte occidental y comprende una zona regulada por los embalses de La Negra, Chamoriscán, Ayagaures y Fataga, en las cabeceras de los barrancos del mismo nombre y una zona al sur ocupada por el Barranco de Maspalomas.

SECTOR II. Situado en la parte oriental de la zona de estudio, no está regulado y comprende el Macizo de Amurga y los barrancos que lo cortan.



LEYENDA

- LIMITE ZONA DE ESTUDIO
- ▨ CUENCA VERTIENTE REGULADA
- CUENCA NO REGULADA
- ▶ EMBALSES

- 19 EL NEGRO
- 20 LA GAMBUESA
- 21 AYAGAURES
- 22 CHAMORISCAN
- 23 FATAGA

Escala 1:100.000



FIG. 6.1.- DIVISION EN SECTORES

El cálculo de la escorrentía no regulada se ha realizado a partir del plano de infiltración (Plano 3) teniendo en cuenta que en la hipótesis considerada la infiltración es el 20% y la escorrentía el 80% de la lluvia útil.

Del Sector I se considera la parte no regulada y el Sector II se considera entero. Planimetrando dichas superficies y asignando las escorrentías correspondientes a las bandas definidas se obtienen los resultados que se expresan en el cuadro 6.3.

Sector	Superficie (km ²)	Escorrentía (hm ³ /año)
I	80	2,46
II	110	4,62
TOTAL	190	7,08

Cuadro 6.3. Cálculo de escorrentía no regulada

En consecuencia la infiltración a través del cuaternario de la escorrentía no regulada estimada en un 5% representa 0,354 hm³/año.

En conclusión, teniendo en cuenta las consideraciones desarrolladas en el presente capítulo, la precipitación media en la zona es de 173,5 mm; con las correcciones correspondientes a la influencia topográfica la precipitación supone 30,3 hm³/año.

Considerando el régimen de precipitaciones y la evapotranspiración se obtiene una lluvia útil de 12,7 hm³/año que según la hipótesis adoptada se distribuye en 2,5 hm³/año de infiltración y 10,2 hm³/año de escorrentía.

La escorrentía no regulada de 7,08 hm³/año posibilita una infiltración adicional por los cuaternarios de 0,354 hm³/año, lo que dará un total de infiltración de 2,854 hm³/año.

Expresándolo en porcentajes, sobre el total de la precipitación, el 43% es lluvia útil, el 9% es la infiltración y el 35% la escorrentía.

7. HIDROGEOLOGIA

El análisis hidrogeológico de la zona sur de Gran Canaria se ha realizado con el apoyo de estudios parciales entre los que destacan: unificación de inventarios y puesta al día de la base de datos, realización de cortes hidrogeológicos, realización de bombeos de ensayo y análisis piezométrico y de gradientes.

Respecto al inventario, se han incorporado al Archivo de Puntos de Agua de Canarias (APAC) y a la Base de Aguas de Canarias (BAC) los datos correspondientes al Plan Hidrológico, SPA-15 y MAC-21 resolviendo las duplicidades y comprobando las coordenadas asignadas.

El inventario, en planos a escala 1:25.000, figura en el Anejo 0.

Se han realizado seis cortes hidrogeológicos, cuatro radiales y dos paralelos a la costa, situados en las zonas donde se disponía de mayor información, con objeto de utilizar los datos de inventario y las columnas geológicas levantadas en los descensos a los pozos, para representar los aspectos geológicos e hidráulicos y obtener una serie de secciones de la zona.

Para la obtención de los parámetros hidráulicos, se han realizado dos ensayos de bombeo (Barranco Hondo y Cañada de las Arenas). Los puntos de bombeo se eligieron de manera que no se hubieran bombeado en los últimos días, que existiera en las proximidades un sondeo o pozo utilizable como piezómetro, que se dispusiera de elementos fiables de estimación del caudal aforado y que, tanto el sondeo como el piezómetro, no tuvieran obras horizontales que dificultasen la posterior interpretación.

Se realizó el análisis piezométrico correspondiente a las campañas de medidas de los proyectos SPA-15, MAC-21 y los específicamente tomados para este estudio.

Para la realización de estos trabajos se han tenido en cuenta los resultados del estudio de la zona Suroeste, los realizados simultáneamente en el sector Arinaga-Tirajana y otros estudios previos que se relacionan en la bibliografía.

7.1. Análisis de los datos de inventario

La situación de los puntos de agua de la zona de estudio queda reflejada en los planos de situación a escala 1:25.000 (Anejo 0).

A partir del inventario recogido en la BAC, se deduce que en la zona existen 175 puntos de agua, de los cuales 26 son sondeos, 2 piezómetros, 30 galerías y 9 nacientes; el resto son pozos y otras obras.

La profundidad media de las obras de captación es de 135 m y la máxima de 440 m.

La utilización del agua de las obras de captación es, exclusivamente para agricultura en 65 casos y para abastecimientos o abastecimiento y regadío alternativamente en 34. Se desconoce la utilización del agua en el resto de los puntos inventariados.

El caudal máximo registrado es de 50 l/s y el caudal medio, para los pozos de que se dispone de esta información, de unos 12 l/s. El caudal total extraíble como suma de los caudales de bombeo supera los 1.000 l/s. Existen 30 ensayos de bombeos con indicación de caudales específicos.

En cuanto a los bombeos anuales existen dificultades en la recopilación de la información aunque se ha podido estimar en unos 12-13 hm³/año.

Se dispone de información geológica de 52 de los puntos de agua inventariados, habiéndose obtenido esta información por descenso al pozo y levantamiento geológico en 3 puntos durante la realización de este estudio, en 49 puntos en proyectos anteriores o por información facilitada por los propietarios.

Se ha podido comprobar que la unidad hidrogeológica principal es la constituida por los materiales de la Formación Sálca (materiales riolítico-traquíticos con tobas intercaladas). El segundo lugar, dependiendo de la zona, lo ocupan los materiales de la formación Basaltos Antiguos, existiendo dudas en numerosos puntos sobre si se alcanza o no dicha unidad.

7.2. Cortes Hidrogeológicos

Se han realizado cuatro cortes radiales y dos perimetrales de carácter hidrogeológico, que tienen como objeto dar una visión espacial en determinadas direcciones, de la disposición de las formaciones, comportamiento hidrogeológico de la zona y situación relativa de los puntos de agua respecto al corte. Los cortes se recogen en el Anejo IV.

La situación de los cortes se seleccionó haciéndolos coincidir con las zonas de mayor concentración de puntos acuíferos (Plano 6).

Se ha utilizado la información almacenada en la BAC del ITGE, empleando, para su representación gráfica, la siguiente metodología:

Se ha decidido representar los cortes hidrogeológicos en dos perfiles relacionados cuya leyenda general aparece en la figura 7.1.

En la parte superior se indica el número y nombre de la Hoja a escala 1:50.000 y el octante atravesados, así como el nombre y número de la hoja topográfica a escala 1:25.000 tanto en horizontal como en la vertical, en el que se representan las formaciones hidrogeológicas diferenciadas.

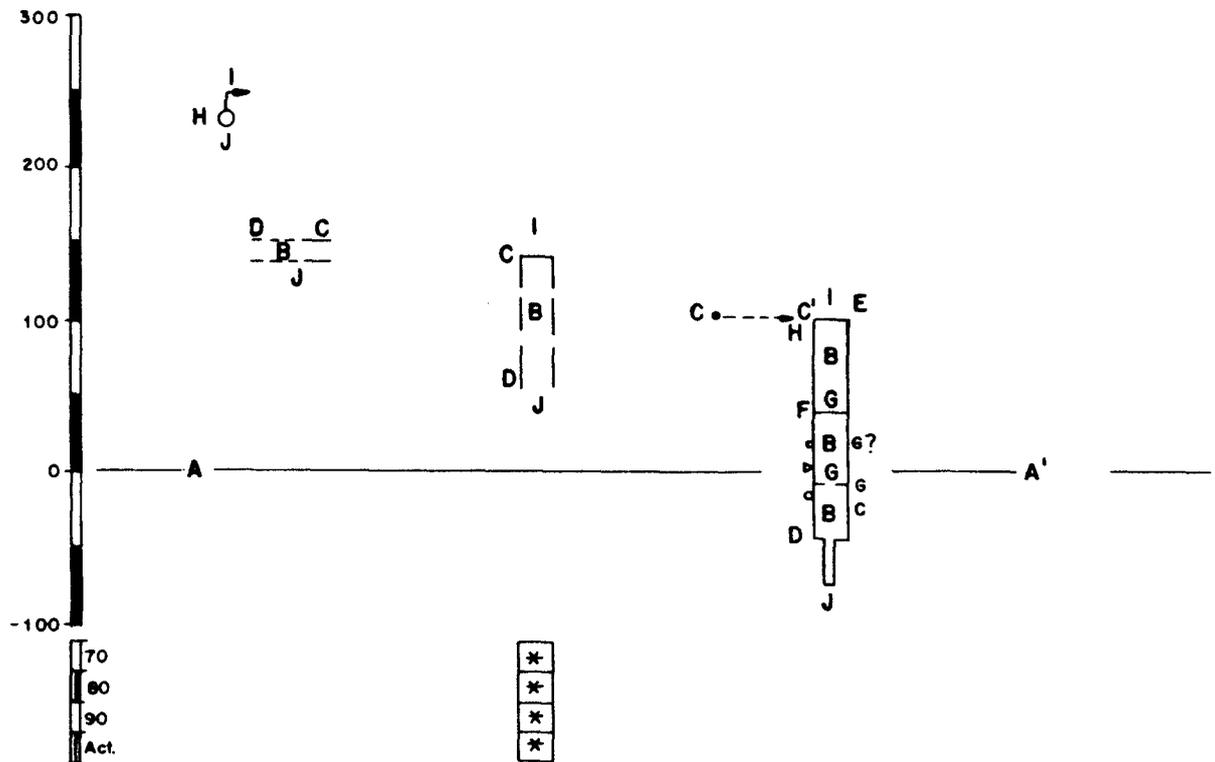
El segundo perfil, situado en la parte inferior, incluye para cada punto acuífero el número de orden, la cota absoluta de emboquillado o el punto de surgencia si es un manantial o galería. Las columnas hidrogeológicas representadas incluyen los siguientes datos:

Constructivos

La profundidad de la obra está representada a escala 1:5.000, el diámetro de la obra tiene escala 1:1.000, (en los sondeos se representan de 1 mm, cualquiera que se su diámetro).

Debajo de la columna se coloca el símbolo de naturaleza del punto según la simbología tradicional. Cuando la longitud de la perforación no se conoce se representa dejando abierta y a trazos la parte final de la columna.

LEYENDA DE LAS COLUMNAS

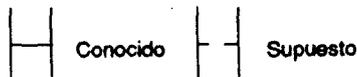


- A - A = Línea de cota 0 m.
- B = Tramo geológico (ver leyenda geológica)
- C = Situación real de la columna C - - -> C' desplazamiento
- C - D = Profundidad o longitud de la Obra



C - E = Anchura de la Obra, escala 1 : 1.000

- F = Cota del agua. E. 1 : 5.000
 - ◻ Años 70
 - ▷ Años 80
 - Años 90
- G = Contacto entre unidades geológicas



- H = Cota del emboquille o de la surgencia
- I = Número I.T.G.E.
- J = Símbolos de las características constructivas

- ⊙ Sondéo
- ⊕ Sondéo de pequeño diámetro, piezómetro
- ⊖ Manantial
- Pozo
- Galería
- ⊗ Pozo con otras obras realizadas
- ⊙ Pozo con sondéo

* = Cantidad de agua extraída (Dm³) en los años 70, 80, 90 y Actualidad

- G = Galería a profundidad conocida
- C = Cata a profundidad conocida
- GC? = Galería o cata a profundidad desconocida

FIG. 7.1.- LEYENDA GENERAL

Piezométricos

En la margen izquierda se representa el nivel del agua con la simbología siguiente:

	Estáticos	Dinámicos
Nivel del agua en los años 90		
Nivel del agua en los años 80		
Nivel del agua en los años 70		

Se puede así establecer visualmente de una manera rápida y cómoda el estado evolutivo de los niveles piezométricos o del nivel de explotación.

Obras complementarias

En la margen izquierda se incluya la posición de las obras complementarias.

G: Galería

C: Cata

Cuando no se conoce la posición exacta se añade una interrogación al símbolo de la obra complementaria.

Posición relativa de los puntos acuíferos respecto al corte

Los puntos acuíferos se sitúan en la vertical de los cortes según escala 1:25.000.

Por problemas de representación algunos puntos se han tenido que desplazar horizontalmente (ver leyenda general). El desplazamiento se indica con una flecha.

Geológicos e hidrogeológicos

Las formaciones atravesadas se indican con los colores correspondientes según la siguiente leyenda geológica (Fig. 7.2.).

Dado que en muchos puntos acuíferos falta información, fundamentalmente geológica, se ha interpretado siguiendo criterios geológicos y representado con líneas de trazos los contactos hipotéticos de las formaciones atravesadas.

LEYENDA GEOLOGICA

EDAD	Nº CART.	Fm.	LITOLOGIAS	PERMEABILIDAD
HOLOCENO		⑩	Depósitos de barranco, eólicos y playas	Alta por porosidad intergranular
		⑨	Depósitos de ladera, deslizamientos y suelos	Medía-alta por porosidad intergranular
PLEI.		⑧	Lavas y piroclastos basálticos	Medía en niveles escoriáceos Medía-alta en piroclastos
PLIOCENO		⑦	Gravas, conglomerados y arenas	Medía-alta por porosidad intergranular
		⑥	Brecha volcánica R.N. en facies deslizadas y depósitos de deslizamientos gravitacionales	Baja por cementación
		⑤	Coladas y piroclastos basálticos R.N.	Medía por disyunción y lavas escoriáceas

DOMINIO EXTRACALDERA

MIOCENO MED. SUPERIOR		④	Gravas, conglomerados y arenas	Medía-alta por porosidad intergranular
		③	Lavas e intrusiones fonolíticas	Medía en los niveles escoriáceos
		②	Ignimbritas (riolítico-traquíticas o fonolíticas), coladas piroclásticas, tobas y coladas peralcalinas	Baja

DOMINIO INTRACALDERA

MIOC. MED.		②	Ignimbritas (riolítico-traquíticas) y lavas	Baja
MIOC. MED.			B. A. Lavas y piroclastos basálticos	Baja-media
		①	DIQUES	Baja

SIGNOS CONVENCIONALES

	Contacto entre Unidades Geológicas
	Falla normal
	Falla supuesta
	Borde de la Zona de Estudio

FIG. 7.2.- LEYENDA GEOLOGICA

La descripción hidrogeológica de cada uno de los cortes, está basada en la información geológica proporcionada por los Mapas Geológicos de España, escala 1:25.000, del ITGE y del Archivo de Puntos de Agua de Gran Canaria, así como la información facilitada por otros estudios y proyectos.

Datos de explotación

Bajo las columnas hidrogeológicas de los puntos acuíferos se incluyen datos de explotación obtenidos en los años 70, 80 y 90 y Actualidad (dato facilitado por el último inventario realizado en la zona por el PHIG). Hay valores de explotación que no se pueden obtener por falta de datos. Este hecho, se representa mediante una ? en la casilla correspondiente.

CORTE I-I'. Barranco de la Data (Anejo IV-1)

Es el corte más occidental de la zona sur de Gran Canaria, tiene dirección N-S; comienza al norte de la zona de estudio en las proximidades del Morro de las Cruces, descendiendo por la zona de Las Tederas, discurre muy próximo al cauce del Barranco de la Data, corta la zona del Tablero de Maspalomas, del Paredón Salvaje y termina en la Playa de Las Meloneras.

Atraviesa de norte a sur las hojas topográficas 1:25.000 de Santa Lucía 83-85 y Maspalomas 83-86; 83-87.

Geológicamente el corte comienza sobre una intrusión fonolítica de edad Mioceno Superior, emplazada en una alternancia de ignimbritas y lavas fonolíticas del Dominio extra caldera. En profundidad probablemente se corten tobas, ignimbritas y lavas Traquítico-riolíticas del dominio intracaldera.

A un kilómetro del inicio del corte, hacia el sur, afloran depósitos de deslizamientos y gravitacionales (Pliocenos) pertenecientes al ciclo volcánico Roque-Nublo.

Al oeste de Montaña Negra, afloran depósitos de Brecha volcánica Roque-Nublo en facies deslizadas.

En las proximidades de la Punta de los Atajos, a una profundidad aproximada de unos 400 metros, se calcula debe existir el contacto entre los dominios intracaldera y extracaldera de la formación Traquítico-Riolítica.

A unos 500 m aguas arriba de la presa de Gambuesas aflora por primera vez en el corte ignimbritas riolítico-traquíticas (Mioceno Medio) del Dominio Extracaldera.

En la hoja 1:25.000 de Maspalomas, la geología no cambia hasta que se corta la formación El Tablero constituida por coladas de composición básica procedentes de volcanes Pre Roque-Nublo.

El corte I-I' termina en los afloramientos de Brecha Roque-Nublo en facies deslizadas.

En ningún lugar del corte afloran los Basaltos Antiguos, pero son cortados por los pozos excavados en la zona.

Hidrogeológicamente, el corte I-I' presenta las siguientes particularidades:

- En la zona norte, correspondiente a la hoja de Santa Lucía (83-84), la explotación es mínima. No se puede establecer un control sobre el nivel regional en el dominio intracaldera.
- En la zona central del corte, en el área comprendida entre el borde norte de la hoja de Maspalomas y el Tablero, las explotaciones superan los 200 m de profundidad, alcanzándose la unidad Basaltos Antiguos que constituye, en la zona considerada, el acuífero principal.
- Los niveles de explotación han sufrido un descenso de unos 30-50 m entre los años 70 y 80, mientras que entre los años 80 y la actualidad el descenso no supera los 20 m.
- Estos descensos de niveles tienen correspondencia con los volúmenes anuales de explotación, pudiéndose observar que el volumen general en la zona se ha disminuido por diez en veinte años.

- No se puede establecer el nivel regional pero con el auxilio de la piezometría se ratifica un fuerte gradiente entre los puntos 1 y 6 y una zona por debajo de la cota 0 entre los puntos 6 y 20.

CORTE II-II' (Anejo IV-2)

Está situado al Este del corte I-I' y comienza al sur del Lomo de los Morales. Tiene dirección N-S hasta llegar a Artedara, donde cambia de dirección (N-53°) hasta el final de la Hoja de Santa Lucía, retomando la dirección N-S durante toda la Hoja de Maspalomas.

En la hoja de Santa Lucía (83-85) el corte II-II' comienza sobre depósitos de deslizamiento gravitacionales del ciclo Roque-Nublo. Afloran tobas, ignimbritas y lavas de composición riolítico-traquíticas del Dominio Intracaldera al norte de la localidad de Fataga; hasta que una falla, situada a uno 500 m al sur del embalse de Fataga, de dirección N-90°, que buza hacia el Sur, pone en contacto estos materiales con depósitos de similar composición pero del Dominio Extracaldera.

La serie de fracturas que afloran en esta zona podría ser el reflejo de reajustes en profundidad del borde de la Caldera de Tejada.

Al suroeste de Artedara se cortan oblicuamente depósitos de deslizamiento gravitacional, que en el centro están fosilizados por un enorme depósito de ladera producido por derrumbamientos recientes.

En el lomo de la Alberquilla, aparece en la cumbre una sucesión de coladas de composición fonolítica, que concuerdan con las lavas fonolíticas del lomo de la Cogolla.

Bajo estas coladas, más al sur y ya en la Hoja de Maspalomas (83-86; 83-87), vuelven a aflorar alternando, coladas piroclásticas y lávicas de composición fonolítica.

También afloran depósitos de fondo de barranco en los Barrancos de Fataga y Los Vicentes. Están formados estos depósitos por gravas y arenas, mal seleccionadas, de composición polimíctica y heterométricos.

En la parte final del corte, se han formado terrazas fluviales, dejadas por los sedimentos transportados por los barrancos de Chamoriscan-La Data y Los Vicentes-Fataga;

más al sur aparecen las dunas de Maspalomas, arenas de grano medio-fino muy bien seleccionadas de origen eólico.

En ningún lugar del corte afloran los Basaltos Antiguos y no se han descrito en las testificaciones de los sondeos más profundos, aunque es posible que se esté explotando el agua de estos materiales.

Hidrogeológicamente el corte II-II' se inicia en el dominio intracaldera en sus primeros 4 Km donde existen escasas explotaciones.

Se explota la unidad de ignimbritas y coladas piroclásticas con intercalaciones tobáceas con niveles dinámicos que se sitúan en las proximidades de la cota cero.

La potencia de las ignimbritas atravesadas, sus relación lateral con otros barrancos y los rendimientos de los pozos hacen sospechar de la posibilidad de que alcancen los primeros niveles de la unidad Basaltos Antiguos.

CORTE III-III': Barranco de las Palmas-Juan Grande (Anejo IV-3)

El corte tiene dirección NO-SE, una longitud de ocho kilómetros y es perpendicular a la costa.

Atraviesa la hoja 1:25.000 de Castillo de Romeral (84-86) y, siguiendo el Barranco de las Palmas, finaliza en la de Santa Lucía (83-85).

Se ha utilizado la información procedente de ocho captaciones.

Geológicamente corta los afloramientos más orientales del macizo de Amurga, es decir, lavas fonolíticas que se apoyan sobre ignimbritas (riolítico-traquíticas). El substrato de la serie lo constituyen los materiales de la formación Basaltos Antiguos que se alcanzan en algunos pozos.

La zona costera está recubierta por depósitos cuaternarios de terrazas y barranco correspondientes a la zona de la desembocadura del Barranco de Juan Grande.

Hidrológicamente se explotan la unidades Sálica y de Basaltos Antiguos obteniéndose volúmenes anuales de más de 0,5 hm³ de manera constante en los últimos veinte años.

Esta explotación puntual intensiva ha provocado un importante descenso del nivel regional situándolo, en el 90, más de 75 m por debajo del nivel del mar en la zona del Barranco de las Palmas.

Unicamente los dos kilómetros más alejados de la costa presentan piezometría positiva.

CORTE IV-IV': Llanos de Juan Grande (Anejo IV-4)

Es el corte más oriental de la zona sur, tiene dirección NO-SE y atraviesa fundamentalmente los Llanos de Juan Grande en la Hoja de Castillo del Romeral (84-86) y la zona de Aldea Blanca en la de Agüimes (84-85).

Aunque solo existe información de cuatro obras de captación se ha considerado una zona interesante por la alta y continuada explotación.

Geológicamente, aunque en superficie solo afloran materiales cuaternarios y lavas de la formación post Roque-Nublo, en profundidad y con la ayuda de la información suministrada por las obras, se aprecia que cortan los materiales fonolíticos e ignimbríticos de la formación Sállica y las coladas de la formación Basaltos Antiguos.

Hidrogeológicamente, las captaciones explotan los niveles fonolíticos con un alto rendimiento aunque una de ellas alcanza los Basaltos Antiguos.

La explotación actual casi alcanza un volumen de 2 hm³/año mientras en los años 70 no se llegaba a 0,8 hm³/año. Esta circunstancia ha condicionado que mientras en los años 70 la piezometría general marcaba en el área de Aldea Blanca un nivel deprimido 25 m bajo el nivel del mar, las depresiones actuales superan los 75 m en la misma zona, provocando un flujo de la costa hacia el interior con un gradiente próximo al 3%.

CORTE V-V' (Anejo IV-5)

El corte se sitúa paralelo a la costa, con dirección E-O entre el borde del estudio y el Barranco de Fataga. No se ha prolongado en dirección este ya que en el macizo de Amurga no existe información de pozos.

En el tramo considerado se cortan los Barrancos de La Negra, Chamoriscan, La Data, Los Vicentes y Fataga y se ha utilizado la información proporcionada por once obras de captación.

Geológicamente, sobre la formación Basaltos Antiguos se cortan las ignimbritas riolítico-traquíticas y, coronando los espacios interfluviales, en el este, las fonólitas del Macizo de Amurga y hacia el oeste brechas volcánicas de la formación Roque-Nublo en facies deslizadas.

Se explotan indistintamente las unidades de Basaltos Antiguos o ignimbritas con un volumen de extracción anual bastante constante próximo a los 0,5 hm³.

En la zona por donde pasa el corte existen niveles de explotación por debajo del nivel del mar entre los Barrancos de Chamoriscan y La Data aunque el nivel estático regional de toda la zona no se encuentra por debajo de la cota cero.

CORTE VI-VI' (Anejo IV-6)

Este corte, el más costero de los realizados, cambia su dirección para adaptarse a la costa y corta las estructuras perpendicularmente. Tiene dirección general E-O. Desde su comienzo por el E, corta los Barrancos del Negro, La Negra, La Data, Los Vicentes, Fataga. Cambia de dirección (a N-58° E) cortando los Barrancos del Aguila, Tarajalillo y Hondo. Finaliza en la hoja de Castillo del Romeral (84-86).

Geológicamente se pueden diferenciar dos grandes tramos: el tramo occidental entre el borde del estudio y el Barranco de Fataga y el tramo oriental entre dicho Barranco y la zona de Castillo del Romeral.

En el primer tramo, el occidental, se cortan, sobre la formación Basaltos Antiguos, las formaciones ignimbríticas sobre las que se sitúan indistintamente las facies deslizadas de la formación Roque-Nublo, niveles de conglomerados y arena de la Formación Detrítica de Las

Palmas, las coladas y piroclastos de la formación El Tablero y más hacia el oeste las fonolitas con que finaliza la formación sálica.

El segundo tramo, el oriental, corta el macizo de Amurga constituido fundamentalmente por lavas fonolíticas sobre ignimbritas que adquieren su máxima potencia en la zona de Barranco Hondo y disminuyen paulatinamente hacia los extremos.

Hidrogeológicamente se puede establecer también una división similar:

La primera zona, la occidental, se explota preferentemente por pozos realizados casi en su totalidad en la unidad ignimbrítica. Su explotación ha disminuido sensiblemente en los últimos 20 años y el nivel se sitúa por debajo de la cota cero.

La segunda zona se caracteriza por la explotación a través de sondeos de más de 100 m de profundidad que después de atravesar la formación fonolítica del macizo de Amurga, explotan la unidad ignimbrítica existiendo dudas sobre si alcanzan o no los Basaltos Antiguos.

A partir del Barranco Hondo hacia el este, algunas captaciones, que vuelven a ser pozos tradicionales, alcanzan la formación Basaltos Antiguos.

La explotación en la primera zona es baja y ha disminuido en los últimos años. En la segunda zona la explotación, que realiza la empresa ELMASA para el abastecimiento a la zona turística de Maspalomas, ha crecido ininterrumpidamente alcanzándose en la zona de influencia del corte una explotación de unos 3 hm³/año.

Esta intensa explotación ha ocasionado un importante descenso de niveles que alcanzan más de 75 m bajo el nivel del mar en la zona oriental.

7.3. Piezometría

Se han analizado las piezometrías correspondientes a distintas etapas de investigación hidrogeológica:

- Proyecto SPA-15: se han considerado las medidas tomadas para este proyecto entre los años 71 y 72.
- Proyecto MAC-21: medidas tomadas en los años 79-80.
- Medidas realizadas por el Plan Hidrológico de Gran Canaria durante los años 90-91.
- Medidas específicas realizadas para el presente proyecto.

Todos estos datos, cargados en la Base de datos de Aguas de Canarias (BAC) constituyen la base de partida. A partir de ellos, se han seleccionado las medidas que con mayor garantía reflejan niveles estáticos para cada época, habiéndose elaborado los planos 1:50.000 (7, 8, 9 y 10) que por su formato permiten una buena visión general de la zona.

Es necesario tener en cuenta que la piezometría obtenida es meramente orientativa y en algunas zonas y campañas, en las que la información es escasa, tiene un carácter interpretativo.

Con carácter general, en las distintas campañas analizadas la piezometría indica un flujo radial de cumbres a costa, las zonas de interfluvio presentan una piezometría más alta en relación a los valles y en la zona costera se producen alteraciones del flujo general como consecuencia de los bombeos.

7.3.1. Piezometría correspondiente al proyecto SPA-15 (1971-72)

En la piezometría, reflejada en el plano 7 se observan las siguientes particularidades:

- Las isolíneas son paralelas a la costa indicando un flujo subterráneo radial de cumbres a costa.
- Se aprecia, como reflejo de la explotación una ligera influencia en los Barrancos de Chamoriscán y La Data.

- Existe una zona con piezometrías hasta 25 m por debajo del nivel del mar en Aldea Blanca.
- Existe una amplia zona a lo largo de la costa, en la zona frontal del macizo de Amurga, entre Maspalomas y el límite NE del estudio, donde los niveles se sitúan ligeramente por debajo del nivel del mar.

7.3.2. Piezometría correspondiente al proyecto MAC-21 (1979-80).

Los datos relativos a este proyecto permiten dibujar el plano 8 en el que se observa:

- Un paralelismo y homogeneidad de la piezometría en la mitad norte de la zona indicando flujo radial.
- Una amplia zona, todo el tercio sur, por debajo del nivel del mar.
- Una fuerte depresión, alcanzando los 75 m bajo el nivel cero, en la zona de Aldea Blanca.
- Dos pequeñas depresiones de más de 25 m en la zona suroeste del estudio.

7.3.3. Piezometría correspondiente a 1990-1991

Se incluyen en esta piezometría las medidas tomadas específicamente para este proyecto y a partir de los datos se dibuja el plano 9 que permite hacer las siguientes observaciones:

- La piezometría es paralela y en consecuencia el flujo radial, en la mitad norte de la zona de estudio.
- Un tercio de la zona, el tercio sur, tiene el nivel por debajo del mar.
- Existe una importante depresión de más de 75 m en el borde este, zona de Aldea Blanca que se extiende hacia Tabaibas.

- Existe una fuerte inflexión de las isopiezas en la zona oeste (Barranco de La Negra).

7.3.4. Evolución piezométrica

Al analizar la piezometría en distintas fechas se pretendía observar la evolución histórica comparando los planos comentados.

De esta comparación tenemos (Plano 10):

- Entre los años 71-72 y los años 79-80.
 - La superficie afectada por piezometría por debajo del nivel del mar se duplica.
 - La zona de Aldea Blanca alcanza depresiones de hasta 75 m, es decir un aumento próximo a 50 m en los 10 años transcurridos.
 - En la zona suroeste, al norte del Tablero, donde originalmente sólo existía una ligera inflexión se produce un aumento de la depresión hasta 25 m.
- Entre los años 79-80 y 90-91:
 - Se mantiene equivalente la piezometría de la mitad norte.
 - En la mitad sur los cambios son importantes, aumentándose la depresión general, aunque conservándose la superficie con cota por debajo del nivel del mar.
 - De manera particular se amplía en extensión y profundidad la zona más explotada del este, entre Aldea Blanca y Tabaibas.
 - En el suroeste se acentúa también el abatimiento de la zona situada al norte de El Tablero, desapareciendo la depresión en Mazagar y Risco Prieto.
- Entre los años 71-72 y 90-91:

Para analizar este amplio período de 20 años se ha elaborado el plano 7 en el que se indican las siguientes particularidades:

- Existe una línea, que pasa por Ayagaures y Artedara, al norte de la cual no hay modificaciones significativas de la piezometría.
- Existe una franja, que se extiende en la parte frontal del Macizo de Amurga y se amplía hacia el oeste, donde han bajado los niveles por debajo del nivel del mar.
- Se produce, dentro de dicha franja al norte de El Tablero, una zona con depresión de niveles mayor de 25 m.
- Se detecta en la zona de Aldea Blanca, al este, y en la zona de Chamoriscán al oeste descensos acumulados de entre 50 y 75 m como consecuencia de la influencia de las zonas vecinas.

7.3.5. Gradientes

El análisis de los gradientes resulta generalmente útil como indicador de transmisividades ya que estas son menores cuanto mayor es el gradiente.

A partir de la piezometría del 71-72 se obtienen los siguientes datos de gradiente:

- El gradiente general hasta la isolínea de 100 m es del 60-70%.
- A partir de la isolínea de 100 m hay un cambio de pendiente alcanzándose gradientes entre el 20 y el 30% para toda la costa.
- Las direcciones de flujo, que son radiales hacia la costa en toda la zona centro-norte, presentan variaciones importantes en la costa donde se invertirían los flujos con la entrada de agua de mar, concretamente en la zona del Aeroclub.

A partir de la piezometría del 79-80 se puede deducir:

- El gradiente general en la zona centro-norte aumenta ligeramente superando el 8% hasta la isolínea de 75 m. El flujo es radial hacia el mar.
- En la zona costera el gradiente general oscila entre el 20 y 50%, indicando cambio de dirección del flujo hacia las zonas de explotación.

A partir de la piezometría actual:

- La zona centro-norte hasta la isopieza de 25 m presenta gradientes medios entre 70 y 90‰ aunque en zonas concretas puede reducirse.
- Una de estas zonas concreta es la comprendida entre el embalse de Fataga y Artedara donde el gradiente es del 40‰, coincidiendo con la zona por donde teóricamente se situaría el borde de caldera.
- La zona costera presenta gradientes entre el 50‰ y el 20‰ transtocándose las líneas de flujo que marcan entradas de agua de mar en la zona oeste entre San Agustín y Playa de Cardón.

Las conclusiones generales que se pueden obtener del análisis de gradientes son:

- El gradiente general es alto (80‰) salvo en la zona costera (20-30‰) indicando bajas transmisividades.
- El flujo es radial hacia el mar, salvo en la costa donde se aprecian intrusiones marinas.

7.4. Comportamiento hidrogeológico de las formaciones

En la zona sur el acuífero se explota preferentemente en dos formaciones. Así se pone de manifiesto al analizar el inventario de puntos de agua, las columnas de los pozos y los perfiles geológicos realizados.

Estas formaciones son:

- **Formación Sálca** formada por ignimbritas (riolítico-traquíticas y fonolíticas), coladas piroclásticas, tobas y coladas peralcalinas.
- **Formación de Basaltos Antiguos** formada por lavas y piroclastos basálticos.

La Formación Sálca se explota en toda la zona, pero más intensamente en el barranco de Fataga y en la terminación sur del Macizo de Amurga.

En estas zonas existen fundadas dudas de que los sondeos (principal obra de explotación) no alcancen la formación subyacente de Basaltos Antiguos con lo que el papel de esta unidad pasaría a ser relevante.

El comportamiento hidrogeológico de la Formación Sálica esta condicionado por la mayor o menor existencia de zonas tobaceas y el diaclasado de las zonas compactas. La sucesión de lavas, riolítico-traquíticas en la base y fonolíticas en el techo, constituyen un conjunto bastante homogéneo y lo suficientemente compacto para considerar que su comportamiento hidrogeológico en conjunto no será bueno.

No obstante, las bases y techos de colada (brechas) por una parte y el diaclasado de las coladas por otra, aportan, en el plano horizontal y en el vertical respectivamente, condiciones favorables para la circulación del agua alcanzándose comportamientos hidrogeológicamente favorables en aquellas zonas donde coexisten ambos fenómenos.

Puntualmente, esta unidad, de gran extensión y potencia media de 400 m, constituye el acuífero principal, aunque no se alcanzan caudales de explotación superiores a los 20 l/s y se observa, en el análisis de los datos de inventario, la necesidad de sucesivas reprofundizaciones de las obras de captación para la consecución de dichos caudales aprovechando, hasta prácticamente agotar, las zonas de circulación preferente.

En la zona del Barranco de la Data entre Ayagaures y el Tablero, el acuífero se supone que se explota en la Formación Basaltos Antiguos con mejores parámetros hidráulicos como se verá en el punto 7.5.

Los materiales que componen esta formación son coladas basálticas preferentemente del tipo "aa" con potencias entre 1 y 10 m y con gran desarrollo de tramos escoriáceos en el techo y muro. Si las coladas son de tipo pahoe-hoe, lo que ocurre con menor frecuencia, los tramos escoriáceos están menos desarrollados.

Estos materiales, los más antiguos de la isla (Mioceno medio), se han apilado en potentes series de más de mil metros en las que además han intruido diques. Su antigüedad y apilamiento han ocasionado un alto grado de alteración con las siguientes consecuencia:

- Reducción de la porosidad por compactación en los tramos escoriáceos
- Reducción de porosidades por procesos de cementación y colmatación (precipitación de ceolitas y carbonatos).

La distribución espacial de las coladas y en consecuencia de los niveles permeables, es un factor de anisotropía horizontal. En efecto, las coladas durante su emplazamiento se imbrican unas con otras, discurren ocasionalmente por zonas preferentes de circulación y en función de su velocidad (pendiente de flujo) adoptan una estructura rectilínea o sinuosa.

En estas condiciones y teniendo en cuenta las alteraciones posteriores y la presencia de diques, se puede intuir el alto grado de anisotropía tanto vertical como horizontal.

Desde el punto de vista hidrogeológico, las características de las coladas, su alteración y su disposición espacial imprimen las siguientes particularidades:

- Existencia de niveles acuíferos con buena porosidad como consecuencia de la superposición de niveles escoriáceos.
- Existencia de niveles lávicos con porosidad secundaria por diaclasado.
- Anisotropía vertical como consecuencia de la superposición aleatoria de niveles escoriáceos y lávicos con distintos grados de fracturación y cementación y con distintas relaciones de potencia.
- Anisotropía horizontal como consecuencia de la imbricación de coladas, la circulación preferente por zonas canalizadas, el discurrir sinuoso de las coladas y la presencia de diques que actúan indistintamente como barrera o como líneas preferente de flujo.

Se trataría en conjunto de un acuífero multicapa en el que cada una de las capas actuaría con unas características hidráulicas propias variables en la horizontal y la vertical y que pueden eventualmente presentar distintos grados de semiconfinamiento y pasar a libres.

En un acuífero de estas características no tiene sentido tratar de definir unos parámetros hidráulicos generales, ya que éstos se modifican continuamente en la vertical y en la horizontal, e incluso como consecuencia del bombeo en los pozos.

7.5. Parámetros hidráulicos

Como se ha señalado en el punto 7.4. al definir el comportamiento hidrogeológico de las formaciones, los parámetros hidrogeológicos sufren grandes modificaciones en la vertical y horizontal de manera que su cálculo en una serie de puntos difícilmente es extrapolable al resto del acuífero.

Sin embargo, los valores que tradicionalmente se han venido dando a estos parámetros presentan una variación tan grande que resultan poco representativos. Con objeto de ir aportando información se han realizado dos ensayos de bombeo.

Se seleccionaron los sondeos Barranco Hondo y Cañada de las Arenas situados ambos en el Macizo de Amurga, por estar instalados y con la posibilidad de medir los caudales, tener en las proximidades un piezómetro y contar con la colaboración del propietario.

Para la interpretación de los resultados han existido numerosas dificultades para determinar un método correcto de interpretación; puede ser un acuífero libre, semiconfinado o mixto, el pozo y el piezómetro son incompletos, el régimen no permanente, pueden producirse problemas de drenaje diferido, agotamiento de niveles, etc., y el caudal ha sufrido algunas variaciones durante el ensayo.

Sin embargo con objeto de obtener unos órdenes de magnitud de los parámetros T y S se ha optado por interpretar los resultados por Jacob y Theiss, tratando de ajustar en ambos casos los valores finales del bombeo y los valores iniciales en la recuperación. Los datos de los ensayos y su interpretación figuran en el Anejo V.

En estas condiciones los valores que mejor se han ajustado son:

Ensayo de Barranco Hondo:

- Medidas en el sondeo durante la recuperación
- Medidas en el piezómetro durante el bombeo
- Medidas en el piezómetro durante la recuperación.

Ensayo de Cañada de las Arenas:

- Medidas en el sondeo durante el bombeo
- Medidas en el sondeo durante la recuperación.
- Medidas en el piezómetro durante la recuperación.

Los resultados obtenidos que se resumen en el cuadro adjunto (cuadro 7.5.1) ponen de manifiesto un mejor comportamiento hidrogeológico en la zona de Barranco Hondo con valor medio de transmisividad de 40 m²/d frente a los 20 m²/d de Cañada de las Arenas.

Zona Sur	Ensayo	Medidas en	Interpretación	Transmisividad (m ² /día)	Coefficiente almacenamiento
Barranco Hondo	Bombeo	Piezómetro	Jacob	48,2	1,1 · 10 ⁻⁵
	Recuperación	Sondeo	Jacob	2,3	
		Piezómetro	Jacob	34	1,4 · 10 ⁻⁵
Cañada de las Arenas	Bombeo	Sondeo	Jacob	16,4	
	Recuperación	Sondeo	Jacob	10	
		Piezómetro	Jacob	23,6	3,6 · 10 ⁻⁵

Cuadro 7.5.1. Resumen de los ensayos de bombeo

Sin embargo esa diferencia en la transmisividad es irrelevante si tenemos en cuenta otros valores obtenidos en la zona.

En el Estudio Hidrogeológico del Sudeste de Gran Canaria realizado por el Servicio Hidráulico de Las Palmas en Diciembre de 1987, los datos obtenidos en una serie de sondeos de ELMASA figuran en el cuadro adjunto (cuadro 7.5.2.) y ponen de manifiesto que los valores oscilan entre 7 y 1.000 m²/d indicándose en el informe que exceptuando los valores anormalmente altos, los valores de transmisividad que se pueden asignar están comprendidos entre 10 y 150 m²/d.

Sondeo	Transmisividad (m ² /día)	Espesor saturado (m)	Permeabilidad (m/día)
S-1	111 a 143	> 19	< (5,5 a 7,1)
S-5	10 a 15	57	0,1 a 0,15
S-7	126	22,8	5,5
S-8	15 a 43	83	0,2 a 0,5
S-9	747 a 826	36	20,7 a 22,9
S-10	872 a 1011	> 29	< (30 a 34,8)
S-11	124 a 210	52,9	2,3 a 4
S-12	28	22,5	1,2
S-12 bis	140	> 16,3	< 8,6
S-17	7 a 25	97,7	0,1 a 0,2
S-18	452 a 642	35,2	12,8 a 18,2

Cuadro 7.5.2. Datos del informe del Servicio Hidráulico de Diciembre de 1987

Posteriormente, en Noviembre de 1990, se realizó el Informe Parcial Amurga-1 para valorar los datos facilitados por ELMASA cuyos resultados se resumen en el cuadro adjunto (cuadro 7.5.3.).

Es necesario señalar que las numeraciones en los pozos no necesariamente coinciden en los informes comentados, desconociéndose las correlaciones de numeración.

Sin embargo son significativos los siguientes datos:

- Las transmisividades varían entre 10 y 1.500 m²/día.
- Sólo se considera aceptable el ensayo del pozo 10 con valores de 850-1.200 m²/día.
- Existe una serie de pozos con valores entre 10 y 200 (1, 2, 3, 5, 8, 17, 25) y otro grupo con valores próximos a 1.000 m²/día.

Esta última circunstancia también se pone de manifiesto en el cuadro 7.5.2. donde un grupo de datos oscila entre 10 y 200 (S-1, S-5, S-7, S-8, S-12, S-12 bis, S-17) y un segundo grupo presenta valores entre 600 y 1.000 m²/día.

Pozo	Caudal (l/s)	Descenso (m) (1)	Eficiencia pozo (%) (2)	Caudal específico (m ³ /día)	Transmisividad (m ² /día)	Observaciones
1	10	5 a 6	> 50	250	200-250	Resultados poco confiables. Variación niveles referencia
2	12	19	< 15	(450)	170-470	1 ^{er} ensayo muy dudoso, 2 ^o mejor.
3	15	4	= 50	(350)	(250)	Resultados poco confiables. Variación niveles referencia.
5	8	10	> 70	= 100	= 50	Dudoso por retorno agua bombeada.
7	10	4	> 70	= 350	200-600	Ensayos muy dudosos.
8	11	27	> 70	= 40	10-20	Dudoso por retorno agua bombeada.
9	20	0,5	= 70	= 4000	= 1000	Muy dudoso.
10	16	3	< 50	= 1000	850-1200	Ensayo aceptable.
11	10	27	< 10	(400)	420	Dudoso por retorno agua bombeada. Grandes pérdidas en el pozo. T puede ser muy dudoso y de magnitud menor.
17	9	47	< 10	= 200	= 200	Muy dudoso. Gran pérdida en pozo.
18	13	1,5	= 90	= 1000	500-1500	Ciertas dudas. T puede ser menor.
25	7	6	?	> 95	175-250	Dudoso.
26	6,5	28	< 15	= 100	270-800	Muy dudoso. Gran pérdida en pozo.
27	18	0,5	> 50	= 6500	1500-15000	Poca precisión.
30	20	1,5	alta	= 1300	750-1000	Caudales poco seguros.

(1) Descenso tipificado a una hora de bombeo

(2) Para el caudal de bombeo indicado

Nota: Tanto los valores de caudal específico como los de transmisividad son la mejor conjetura posible a partir de los datos disponibles y los métodos interpretativos utilizados. El método de Neuman, de aplicabilidad dudosa, tiende a dar los menores valores de la transmisividad, a veces por debajo del intervalo indicado

Cuadro 7.5.3. Resultados del Informe Amurga-1 de Noviembre de 1990

Obtenemos así una información de gran interés para apoyar la argumentación expresada en el comportamiento de las formaciones según la cual algunas captaciones de la zona explotan el acuífero en la Formación Basaltos Antiguos a la que corresponderían los mayores valores de la transmisividad.

Los ensayos realizados para este estudio indican que se explota el acuífero en la Formación Sállica.

Respecto a los caudales específicos, en los ensayos realizados para este estudio se obtuvieron 0,14 y 0,23 l/s·m respectivamente. Los datos de otros estudios dan un abanico entre 0,2 y 1,1 l/s·m (Diciembre, 1987) y 0,2 a 2,5 (Noviembre, 1990), además de valores puntuales muy separados de este rango.

7.6. Conclusiones Hidrogeológicas

Teniendo en cuenta los análisis parciales efectuados sobre diversos aspectos hidrogeológicos de la zona sur de Gran Canaria, los rasgos más significativos son los siguientes:

- El acuífero principal se sitúa en los materiales de la Formación Sállica (ignimbritas, riolítico-traquíticas, coladas piroclásticas, tobas y coladas peralcalinas) aunque en determinados puntos, como el borde sur del macizo de Amurga o la zona de castillo del Romeral, existe la sospecha de que el acuífero explotado se sitúa en materiales de la formación Basaltos Antiguos.
- Se trata de un acuífero multicapa, heterogéneo y anisótropo donde alguno de los parámetros hidráulicos varía hasta en tres órdenes de magnitud.
- Es necesario recordar que dada la naturaleza de los acuíferos explotados, en los que la circulación se realiza por zonas preferentes (mayor porosidad y fracturación), la presencia de diques puede jugar un papel ambivalente como zona preferente o barrera impermeable, e incluso, la posible existencia de acuíferos colgados, dificultan enormemente las interpretaciones.
- El flujo es radial de cumbres a costa y el gradiente relativamente homogéneo y elevado (80-100‰) en la zona centro y norte del estudio. En la franja costera baja a 20-50‰.

- Existe una franja costera, de más de 5 Km de la anchura, donde se concentran las explotaciones con el nivel regional por debajo del nivel del mar. Esta depresión alcanza su máximo en la zona oriental de dicha franja (zona de Aldea Blanca).
- La evolución piezométrica pone de manifiesto una estabilidad en el tiempo de los niveles en la zona norte y centro y la permanente alteración en la franja sur. En esta zona los niveles descienden sistemáticamente, durante los últimos 20 años, alcanzando valores zonales mayores de 75 m de descenso y ampliándose la superficie de las zonas afectadas.
- Los parámetros hidráulicos que se han podido obtener durante la ejecución del estudio tienen un carácter puntual no extrapolable para toda la zona ($T = 40 \text{ m}^2/\text{d}$, $S = 1,4 \times 10^{-5}$, $q_w = 0,2 \text{ l/s}\cdot\text{m}$). De los estudios anteriores se deduce una transmisividad muy variable entre 10 y 1.000 $\text{m}^2/\text{día}$ y un coeficiente del almacenamiento en torno a 2×10^{-5} .

8. HIDROQUIMICA

8.1. Análisis de los datos existentes

Para estudiar la calidad química de las aguas subterráneas en la zona sur de la Isla de Gran Canaria (desde la divisoria de la margen derecha del Barranco de Tirajana a la divisoria de la margen izquierda del Barranco de Arguineguín, y la costa), se ha utilizado la información disponible en la Base de Datos de puntos acuíferos de Canarias, que reúne los datos de distintos inventarios: SPA-15, MAC-21, Plan Hidrológico Insular de Gran Canaria e ITGE, con un total de 59 puntos de agua (dentro de la zona de estudio) con datos de análisis químicos.

Las muestras de agua (245 en total) fueron tomadas entre 1981 y 1993, correspondiendo muchas de ellas al mismo punto en varios períodos de estudio.

Los datos analíticos disponibles incluyen, como determinaciones habituales, los parámetros siguientes: pH, conductividad, residuo seco, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos, nitritos y sílice. En algunos casos se han analizado además amonio, fosfatos, bromuros, litio, hierro, manganeso, cobre, cinc, plomo, cromo, níquel o estroncio.

8.2. Características hidrogeoquímicas generales. Diagrama de Piper

El estudio de las características químicas generales se centra en los datos más recientes obtenidos por el ITGE entre agosto de 1992 y marzo de 1993, que analiza los resultados procedentes de 35 muestras de agua. Estos datos se adjuntan en el anejo VI. En el cuadro 8.1. se recoge la numeración asignada a los puntos de agua, así como algunas características de los mismos (número de registro, cota, profundidad de la captación, la toponimia que figura en la Base de Datos, y la naturaleza del punto de agua).

En la campaña realizada para este proyecto se muestrearon manantiales, pozos, sondeos y obras mixtas (pozos con galería, pozos con sondeo y pozos con obras combinadas).

Cuadro 8.1. Relación de los puntos muestreados situación y naturaleza de los mismos

DENOMINACION	Nº REGISTRO	X (UTM)	Y (UTM)	COTA (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	TOPONIMIA	NATURALEZA (*)
1	424310016	440200	3083690	515	108	CALDERO BLANCO	4
2	424320013	444480	3085860	690	0	MADRE DEL AGUA	3
3	424320032	444430	3082640	425	109	EL CAPAON	8
4	424320064	444375	3080455	340	5	ARTEARA	8
5	424350003	440485	3077240	175	96	HOYA HONDA	4
6	424350004	440375	3076825	162	180	CRUZ DE FELIPE	9
7	424350010	440210	3074240	88	162	LA COGOLLA (MARTINON)	4
8	424350011	440240	3072890	64	96	EL CALDERIN-FIOL	H
9	424350014	442510	3073230	70	92	LA COGOLLA	8
10	424350015	438690	3077265	219	111	LOS LAJONES	4
11	424350016	438860	3076715	223	98	LOS MUCHOS BALOS	4
12	424350020	439525	3074695	135	216	LAS 6 HECTAREAS	4
13	424350023	437235	3073210	167	185	POZO CHICO SALOBRE	4
14	424350033	442250	3075890	130	185	NUMERO 2 (BCO. FATAGA)	1
15	424350034	442010	3074485	105	111	NUMERO 6 (ELMASA)	1
16	424350043	437340	3078920	46	46	BCO. ADJUNTAS	4
17	424360004	447440	3073910	57	57	SONDEO 10	1

(*) 1: Sondeo 8: Pozo con galería o taladro horizontal
 3: Manantial 9: Pozo con sondeo
 4: Pozo H: Pozo y obras combinadas, o pozo con más de una galería

Cuadro 8.1. (Cont.) Relación de los puntos muestreados situación y naturaleza de los mismos

DENOMINACION	Nº REGISTRO	X (UTM)	Y (UTM)	COTA (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	TOPONIMIA	NATURALEZA (*)
18	424360005	448065	3074330	65	90	SONDEO 11	1
19	424360006	447050	3073200	144	156	SONDEO Nº 9	1
20	424360008	449230	3074775	60	61	SONDEO 12	1
21	424360009	445470	3073175	172	240	SONDEO Nº 17	1
22	424360010	447300	3074680	165	246	SONDEO I-B. SONDEO 30	1
23	424360014	450485	3075550	100	140	SONDEO 13	1
24	424360015	446835	3074180	184	216	SONDEO 18	1
25	424360018	448790	3074540	53	104	SONDEO 27	1
26	424360019	448690	3075475	120	182	SONDEO 25	1
27	424370001	451500	3078670	135	190	BCO. DE LAS PALMAS	H
28	424370002	452590	3078650	109	169	LOS GUIRRRES	H
29	424370010	454430	3078125	93	184	LA FLORIDA	4
30	424370015	455200	3077235	65	72	EL RAYON	8
31	424370016	454145	3076995	55	65	EL RODEO	8
32	424370017	453445	3077020	55	99	BUENAVISTA	H
33	424370018	451840	3076785	78	187	EL DRAGUILLO	9
34	424370020	453580	3075895	30	39	JUNCALILLO	8
35	424370036	450965	3075480	65	96	SONDEO 21	1

(*) 1: Sondeo 8: Pozo con galería o taladro horizontal
3: Manantial 9: Pozo con sondeo
4: Pozo H: Pozo y obras combinadas, o pozo con más de una galería

La distribución de los puntos muestreados aparece en la figura 8.1. No se dispone apenas de datos en la cabecera de los barrancos, únicamente en el de Fataga hay dos muestras en el norte de la zona de estudio, una de ellas, la nº 2, es un manantial (el único muestreado), y en el Barranco de la Data se tomó la muestra nº 1, al norte de Ayagaures.

En el cuadro 8.2. se incluyen los valores medios, mínimos y máximos de las concentraciones de los iones mayoritarios, conductividad y pH, y en la figura 8.2. se representa el diagrama de Piper del conjunto de las aguas muestreadas, para así conocer de forma global las características que presentan las aguas subterráneas del sur de Gran Canaria.

Los valores mínimos se obtienen invariablemente en las muestras nº 1 y 2, situadas en la cabecera de los barrancos de la Data (nº 1) y de Fataga (nº 2), y los máximos (excepto para los bicarbonatos) en la nº 19 situada en la Cañada de Morro Besudo.

En el caso de los aniones, en general existe un predominio de cloruros frente a bicarbonatos y sulfatos, con contenidos que alcanzan los 5494 mg/l de Cl^- en la muestra nº 19. Si bien en algunos casos se encuentran aguas bicarbonatadas (nº 1 y 25 con 506 y 714 mg/l de HCO_3^- respectivamente), o incluso otras de composición intermedia clorurada-bicarbonatada (nº 27) o bicarbonatada-clorurada (nº 2).

Con respecto al contenido en sulfatos, destaca la muestra nº 3, situada en el Barranco de Fataga, entre Fataga y Artedara, en la que suponen un 34% del total de aniones con 341 mg/l de SO_4^{2-} , aunque el valor absoluto más alto se registra en la muestra nº 19, con 634 mg/l de SO_4^{2-} .

En cuanto a los cationes, en todas las muestras predomina el ion sodio, con valores de hasta 2250 mg/l en la muestra nº 19 (que también presenta la concentración más alta de cloruros). La composición catiónica varía dependiendo del contenido relativo de calcio (oscila entre el 7% y el 37%) y de magnesio (oscila entre el 3% y el 22%), aunque siempre dentro de términos de carácter netamente sódicos.

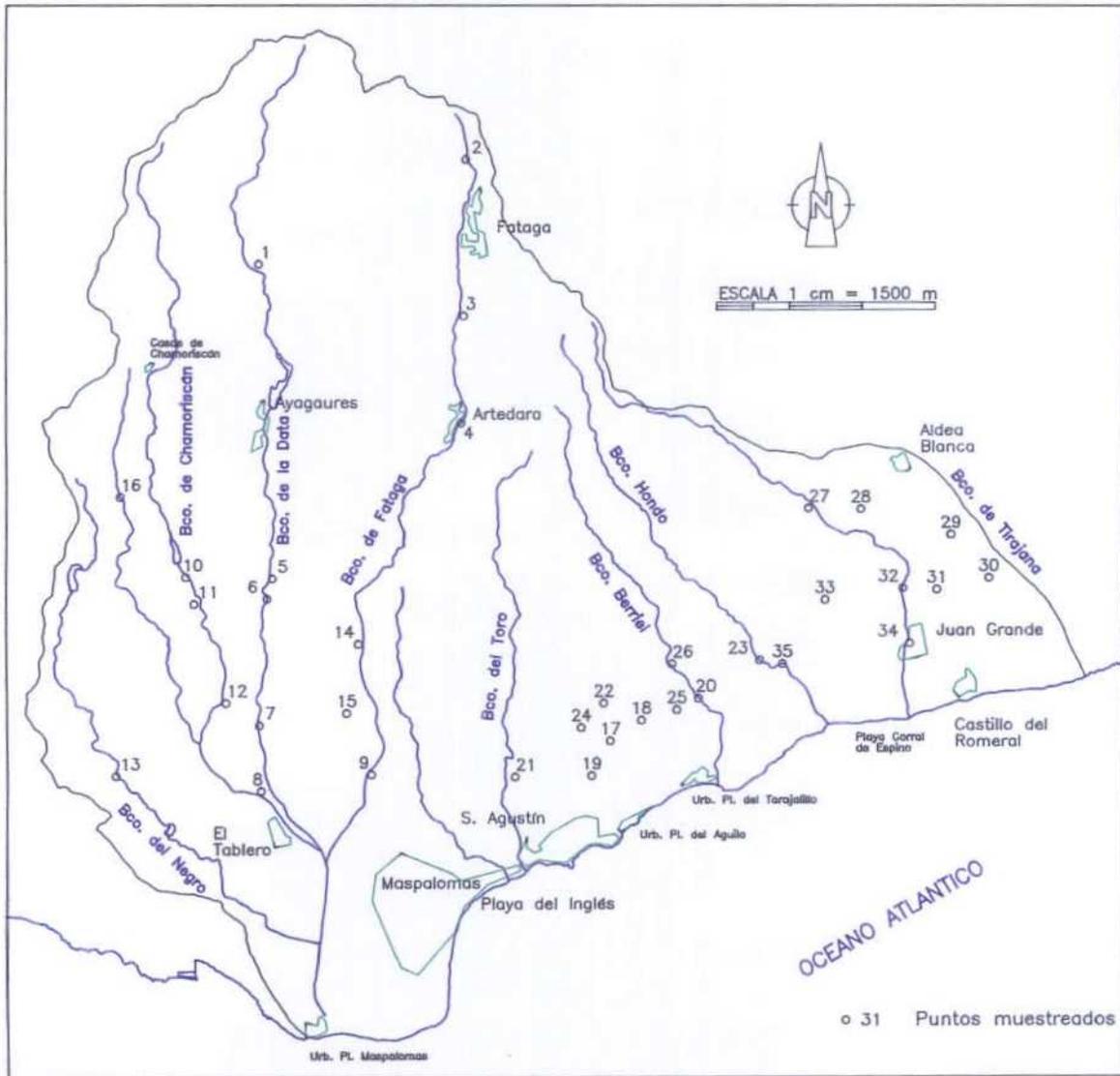


Figura 8.1. Distribución espacial de los puntos muestreados entre agosto de 1992 y marzo de 1993

Cuadro 8.2. Valores medios, mínimos y máximos de las concentraciones de los iones mayoritarios, conductividad y pH

	Na ⁺ (*)	K ⁺ (*)	Ca ⁺⁺ (*)	Mg ⁺⁺ (*)	SO ₄ ⁻ (*)	Cr (*)	HCO ₃ ⁻ (*)	NO ₃ ⁻ (*)	Cond. (**)	pH
Media	540	18.5	157	39	182	965	209	30	3443	7.72
Mínimo	34	4.6	4	1	8	21	52	4	209	7.33
Máximo	2250	54	1100	220	634	5494	714	130	130	8.33

(*) Datos en mg/l

(**) Datos en $\mu\text{S/cm}$

SUR GRAN CANARIA

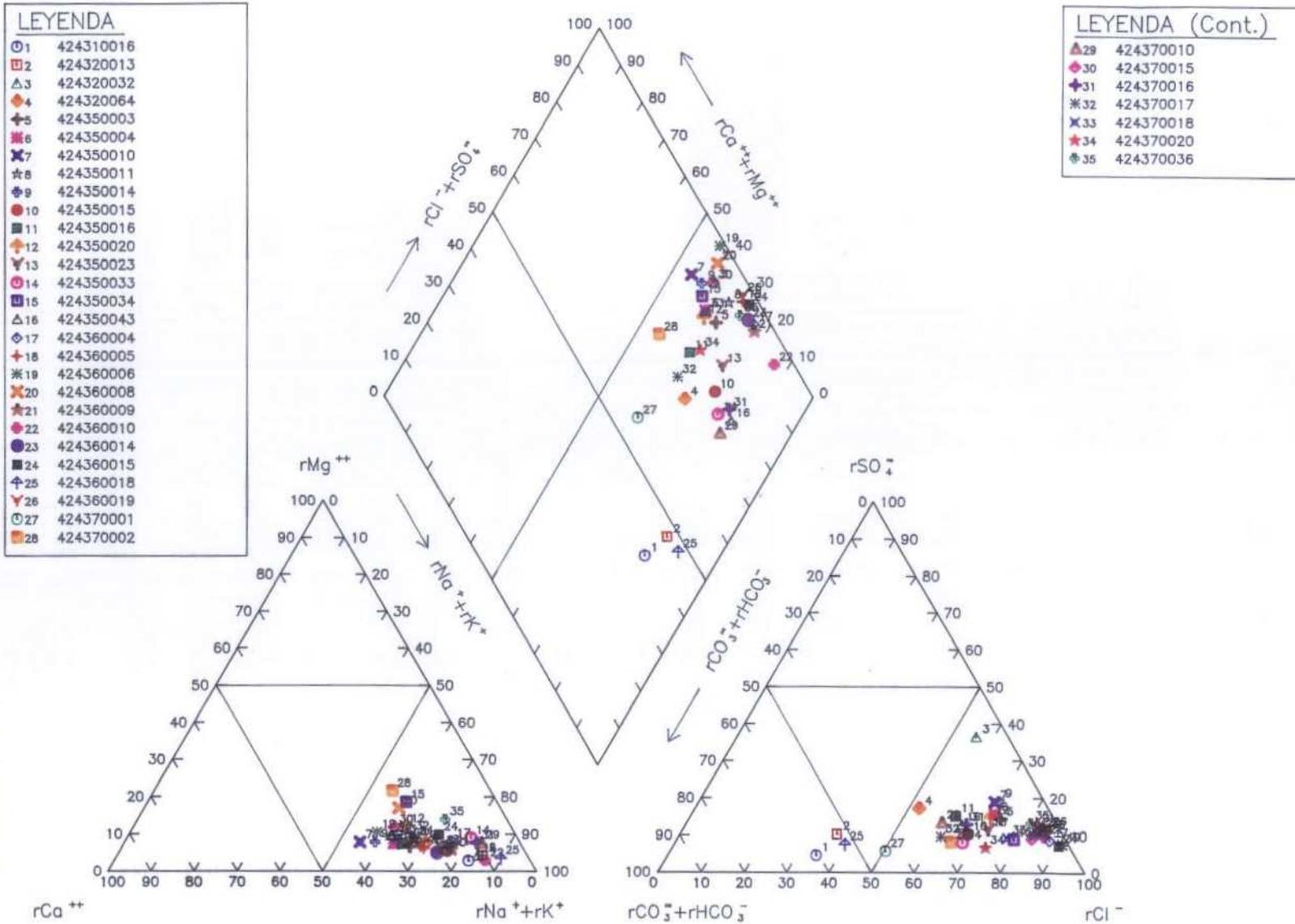


Figura 8.2. Diagrama de Piper de las aguas subterráneas del sur de Gran Canaria.

8.3. Tipos de aguas subterráneas. Diagramas de Schöeller-Berkaloff

En las figuras 8.3. a 8.8. se han representado los diagramas de Schöeller-Berkaloff del conjunto de muestras, separadas en varios gráficos para facilitar la interpretación y poner de relieve las similitudes entre distintos tipos de aguas subterráneas.

El criterio utilizado para agrupar las muestras en los distintos gráficos ha sido, fundamentalmente, el valor que presentan algunas relaciones iónicas, en especial $rSO_4/rHCO_3$ y rNa/rCl . Así, la relación rSO_4/rCl toma valores:

- comprendidos entre 0.08 y 0.20 en la figura 8.3.
- comprendidos entre 0.30 y 0.72 en las figuras 8.4 y 8.5.
- comprendidos entre 1.00 y 2.00 en la figura 8.6.
- superiores a 2.01 en las figuras 8.7. y 8.8.

La figura 8.3. agrupa a cuatro muestras, dos de ellas situadas en el sector septentrional de la zona de estudio, al norte de Ayagaures y de Fataga, y otras tomadas en los barrancos de Berriel y de las Palmas. Se trata de aguas bicarbonatadas sódicas (nº 1 y 25), bicarbonatadas-cloruradas sódicas (nº 2) o cloruradas-bicarbonatadas sódicas (nº 27).

Son aguas poco evolucionadas, de circulación rápida, con poco tiempo de permanencia en el acuífero. Destaca la muestra nº 2, procedente del manantial Madre del Agua, que presenta los contenidos iónicos más bajos, con una conductividad de 209 $\mu S/cm$, y un valor de la relación rNa/rCl de 2.50.

En la figura 8.4. y 8.5. se incluyen aquellas muestras de aguas subterráneas que tienen valores de $rSO_4/rHCO_3$ comprendidos entre 0.30 y 0.72. En la figura 8.4. se agrupan las muestras con rNa/rCl superiores a 1 y en la figura 8.5. aquellas que presentan valores de rNa/rCl inferiores a 1.

Geográficamente se sitúan en dos bandas paralelas a la costa, en el sector Artedara-Aldea Blanca las representadas en la figura 8.4. y en el sector Montaña de La Sabineta-Juan Grande las muestras incluidas en la figura 8.5.

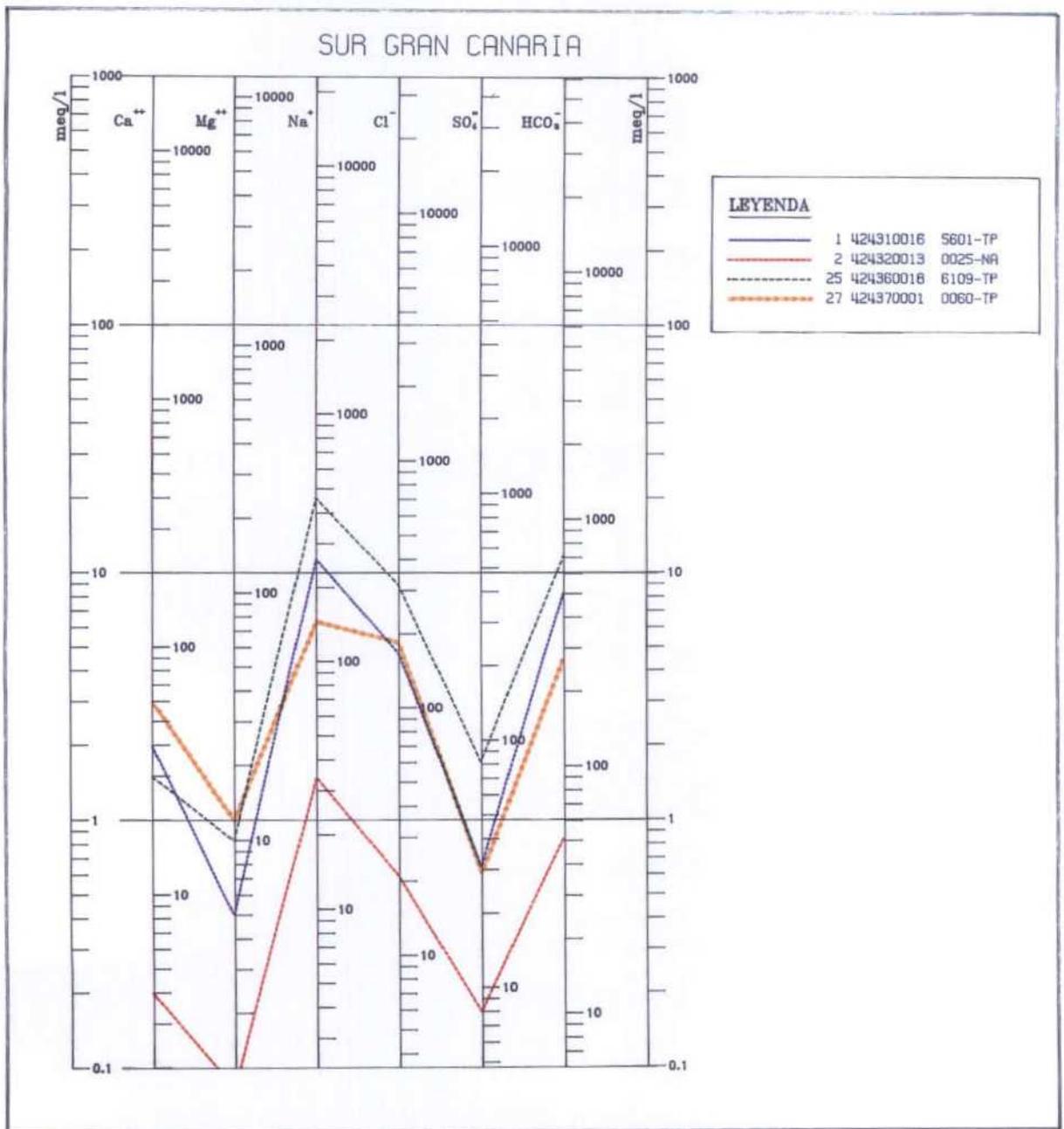


Figura 8.3. Diagrama de Schöeller-Berkaloff del sector Las Tederas-Fataga

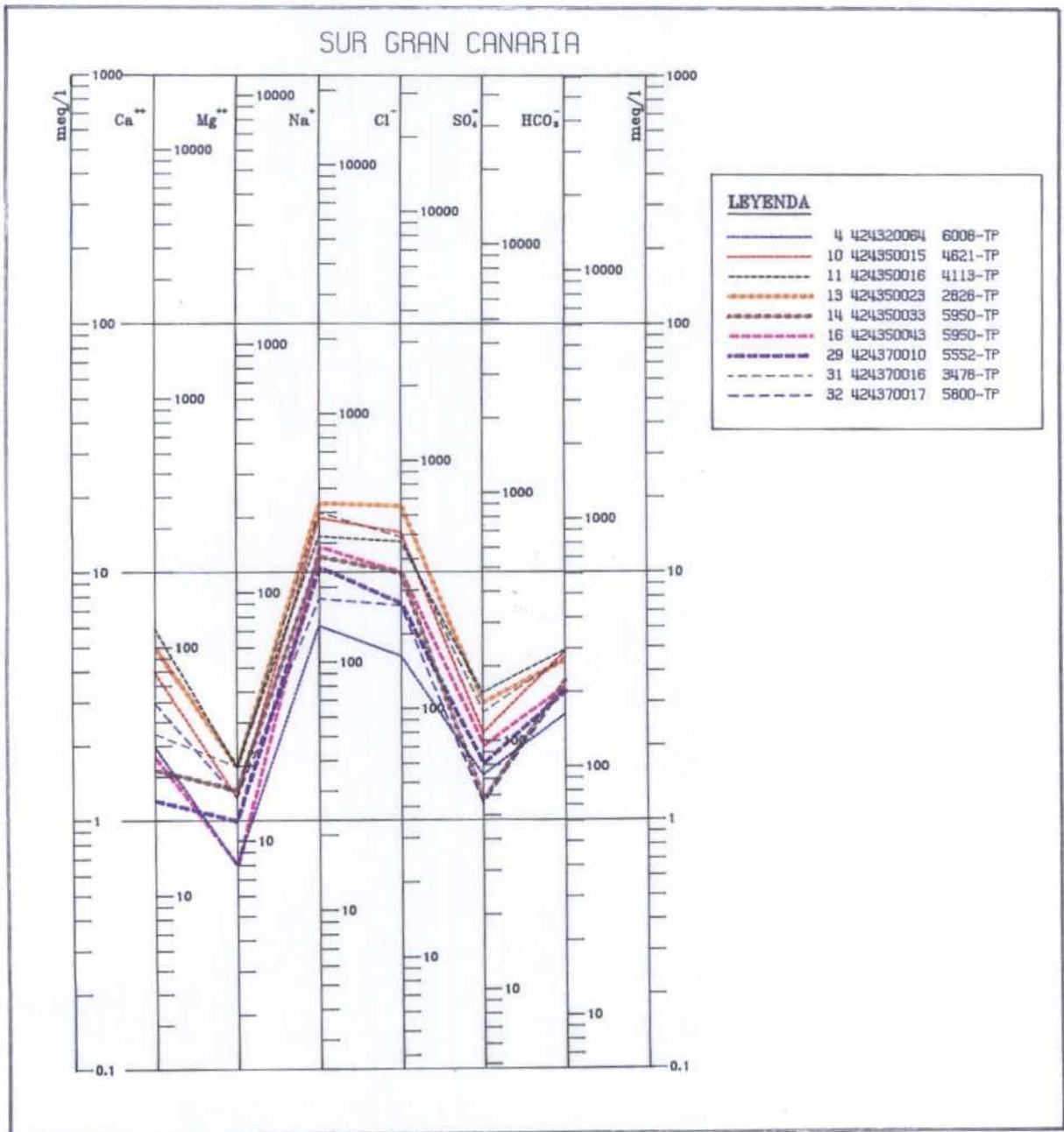


Figura 8.4. Diagrama de Schöeller-Berkaloff del Sector Artedara-Aldea Blanca

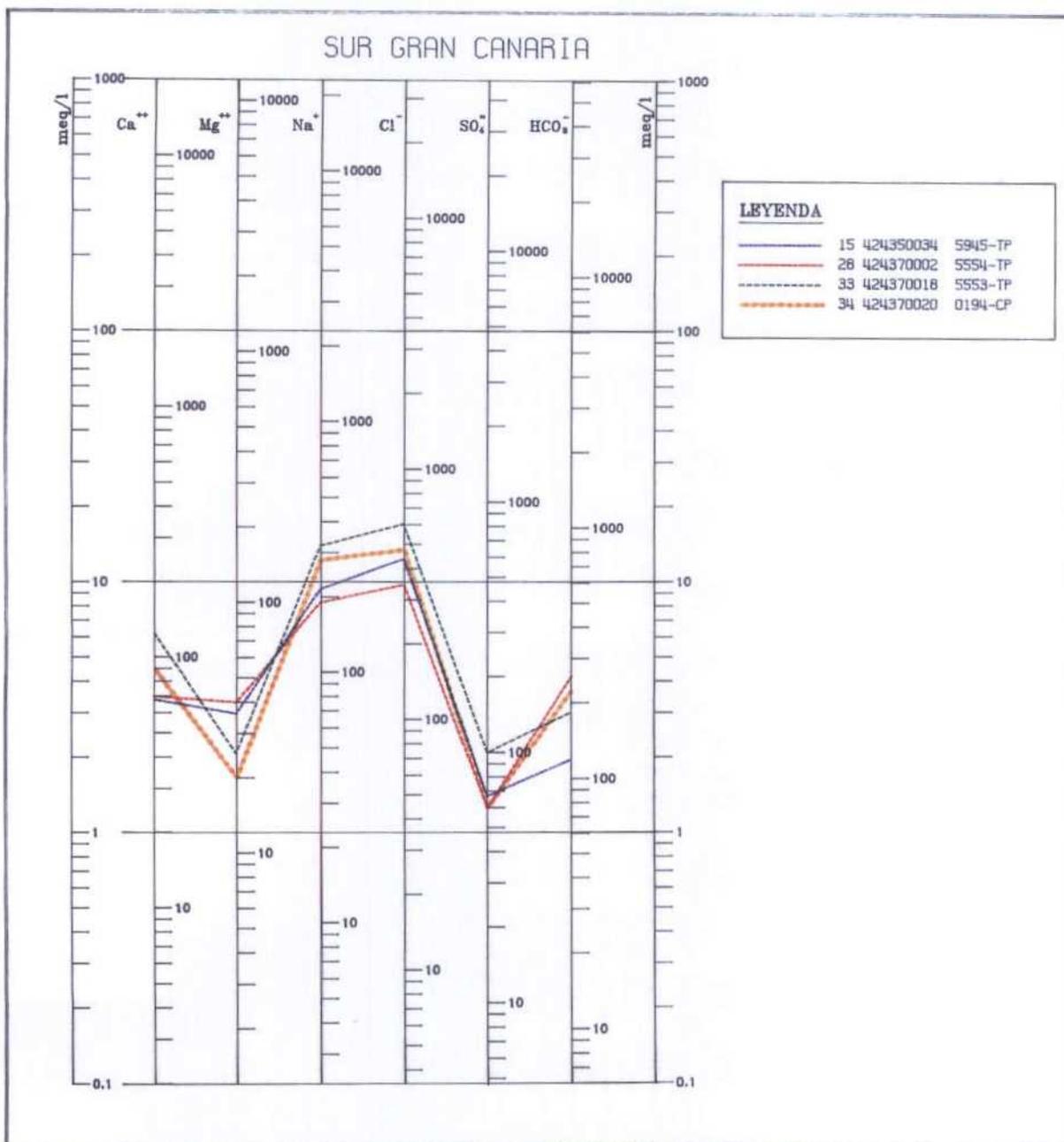


Figura 8.5. Diagrama de Schöeller-Berkaloff del Sector Montaña de La Sabineta-Juan Grande

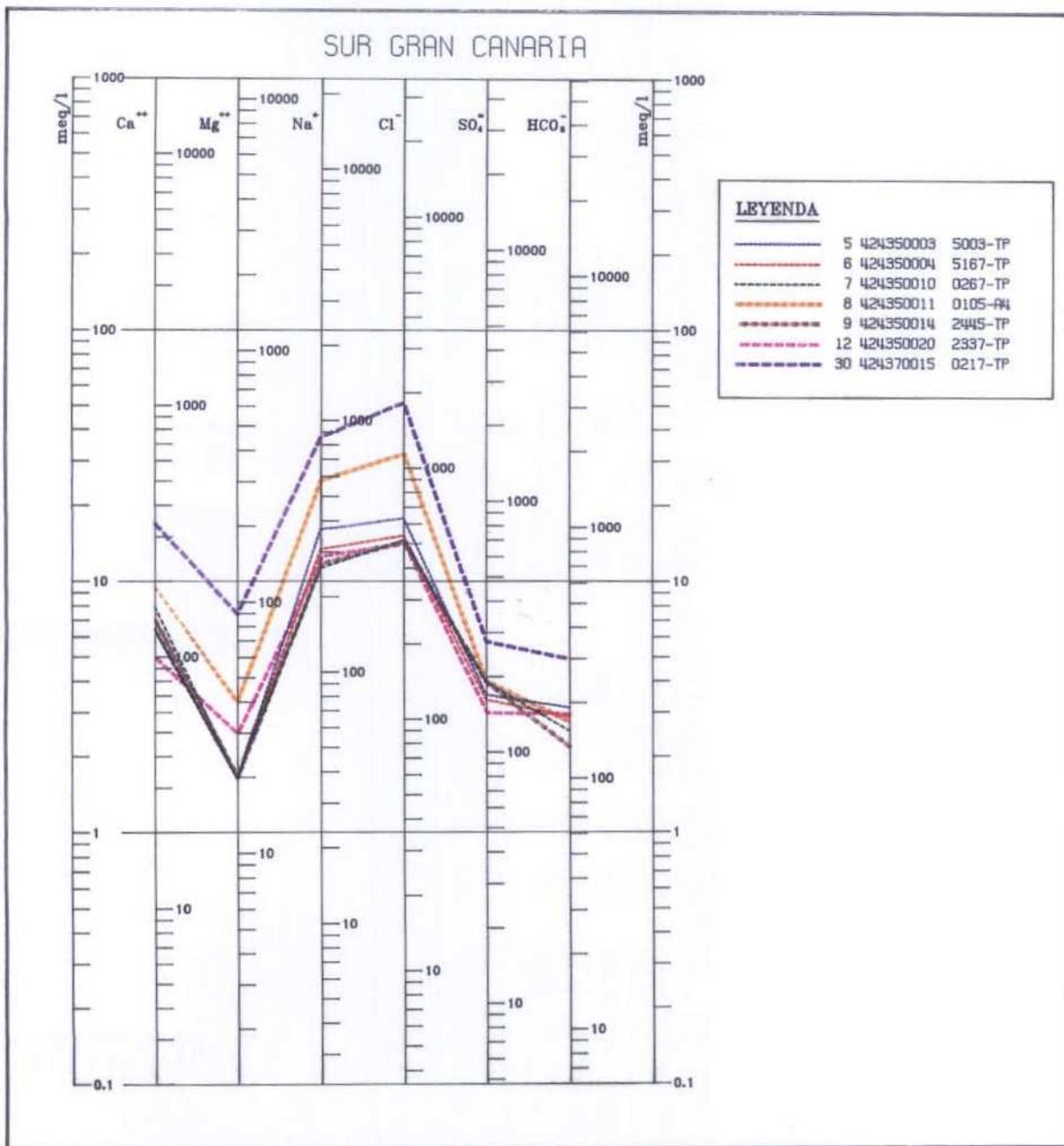


Figura 8.6. Diagrama de Schöeller-Berkaloff del sector El Tablero-Castillo del Romeral

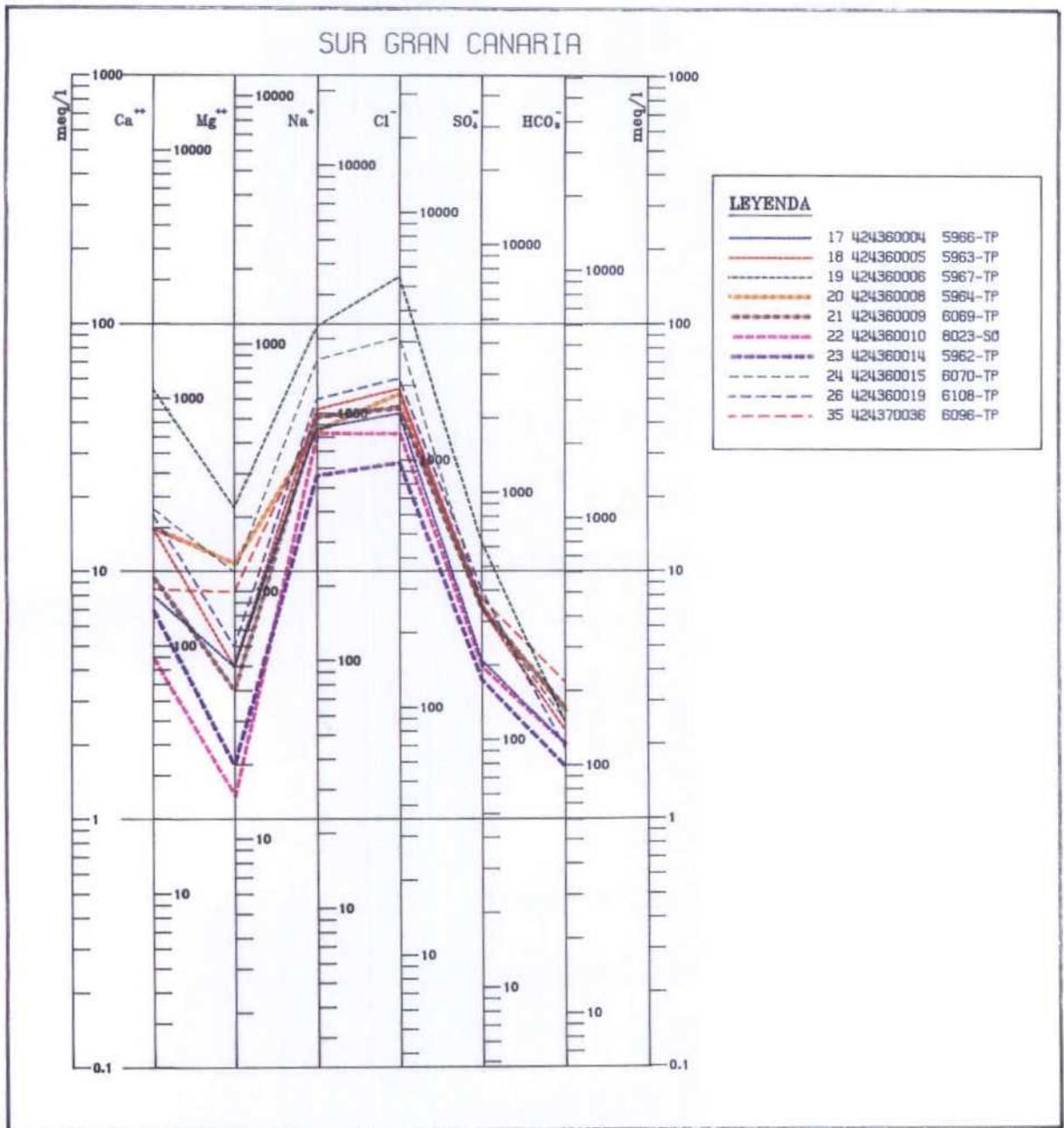


Figura 8.7. Diagrama de Schöeller-Berkaloff del sector Maspalomas-Playa Corral de Espino

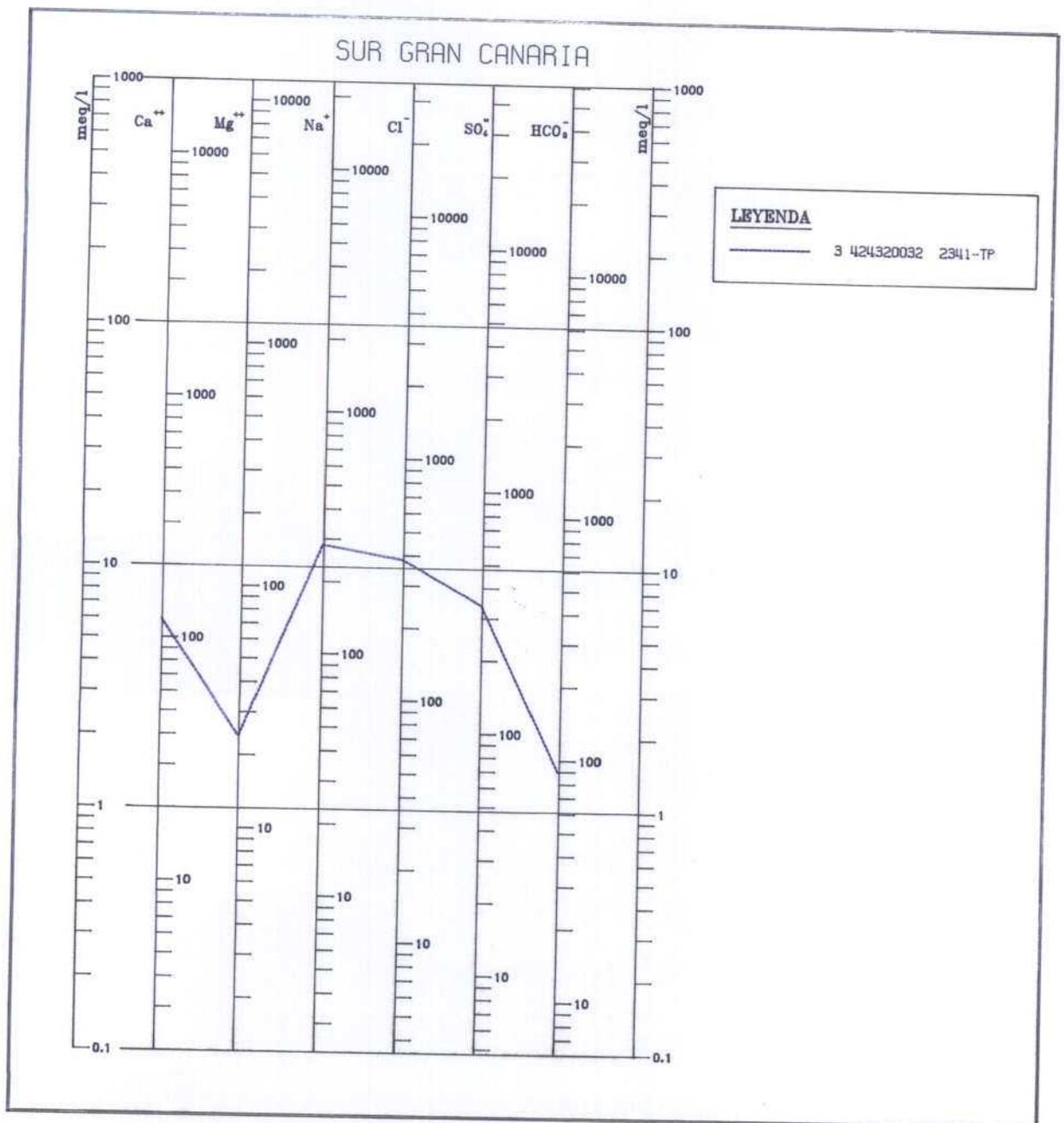


Figura 8.8. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra nº 3, tomada al sur de Fataga

Las aguas subterráneas representadas en las figuras 8.4. y 8.5. tienen una mayor salinidad que las del sector Las Tederas-Fataga (Fig. 8.3.), con una conductividad de 1818 $\mu\text{S}/\text{cm}$ como promedio, en las que se observa un aumento progresivo del contenido en cloruros, mientras que la concentración de sodio se mantiene prácticamente constante. Así, la relación $r\text{Na}/r\text{Cl}$ toma un valor medio de 1.1 frente a 2.1 en la figura 8.3.

Al mismo tiempo, se produce una disminución en los contenidos de bicarbonatos y de calcio. Se observa cómo la relación $r\text{Ca}/r\text{Mg}$ toma valores más pequeños a medida que nos acercamos a la costa, pasando de 3.04 de media en la figura 8.3., a 2.44 en la figura 8.4. y a 2.0 en la figura 8.5. La disminución de la concentración de bicarbonatos queda patente al analizar la variación que experimenta la relación $r\text{SO}_4/r\text{HCO}_3$, que crece en el sentido del flujo, con valores medios que aumentan desde 0.14 en la zona Las Tederas-Fataga hasta 0.52 en los sectores Artedara-Aldea Blanca y Montaña de La Sabineta-Juan Grande.

En las figuras 8.6. y 8.7. se han representado las muestras de agua subterránea que tienen una mayor salinidad. Geográficamente se sitúan en una banda paralela a la costa, y próxima a la misma, desde Maspalomas a Castillo del Romeral, en la que se observan las tendencias ya citadas anteriormente, de aumento de conductividad, de la concentración de cloruros, y de la relación $r\text{SO}_4/r\text{HCO}_3$, que toma un valor máximo de 5.3 en la muestra nº 19, y un valor medio de 1.33 en el sector El Tablero-Castillo del Romeral (Fig. 8.6.) y de 2.94 en el sector Maspalomas-Playa Corral de Espino (Fig. 8.7.).

Por último, en la figura 8.8. se incluye la representación de una sola muestra, la nº 3, tomada en el Barranco de Fataga, entre Fataga y Artedara. Sus características peculiares hacen que no pueda considerarse dentro de ninguno de los grupos anteriores, ya que como se comentó en el apartado 8.2., presenta un contenido elevado de sulfatos, con una relación $r\text{Cl}/r\text{SO}_4$ de 1.53, mucho menor que en el resto de aguas subterráneas analizadas, donde alcanza un valor medio de 6.82.

8.4. Influencia de las desaladoras y depuradoras de aguas residuales en la composición global

En la zona de estudio existe una serie de plantas dedicadas a la producción de agua por sistemas no convencionales. El inventario de dichas instalaciones se recoge en el Anejo II, y las características que presentan se analizan en el Capítulo 5.

Se trata de tres desaladoras y de cuatro estaciones depuradoras de aguas residuales.

Para estudiar la posible influencia que ejercen en la composición química del agua subterránea, en la figura 8.9. se ha representado la situación de las desaladoras y depuradoras en relación con los puntos muestreados y en el cuadro 8.3. se recogen, a modo de resumen, algunas características de dichas instalaciones.

Como agua para desalinizar se utiliza agua, tanto de mar como subterránea, aproximadamente en un 50% (ver cuadro 5.1.2.).

En las desaladoras del sur de Gran Canaria se utiliza como sistema de desalinización el paso del agua a través de membranas. En la denominada Morro Besudo (2D en la figura 8.9.) se lleva a cabo por electrodiálisis, y en las restantes por osmosis inversa.

En ambos casos el agua pasa a través de una membrana semipermeable desde la solución más concentrada a la más diluida (la membrana actúa sobre las sustancias disueltas al igual que un filtro respecto a la materia en suspensión). En la electrodiálisis se aplica un campo eléctrico y en la osmosis inversa una presión superior a la osmótica para que se lleve a cabo el proceso.

La actividad de las desaladoras puede influir de dos maneras en las aguas subterráneas:

- Mantenimiento, o incluso aumentando, los bombeos de aguas de mala calidad, con lo que si ésta es debida a intrusión marina, la intrusión seguirá aumentando.
- Modificando la composición por infiltración de vertidos de salmueras.

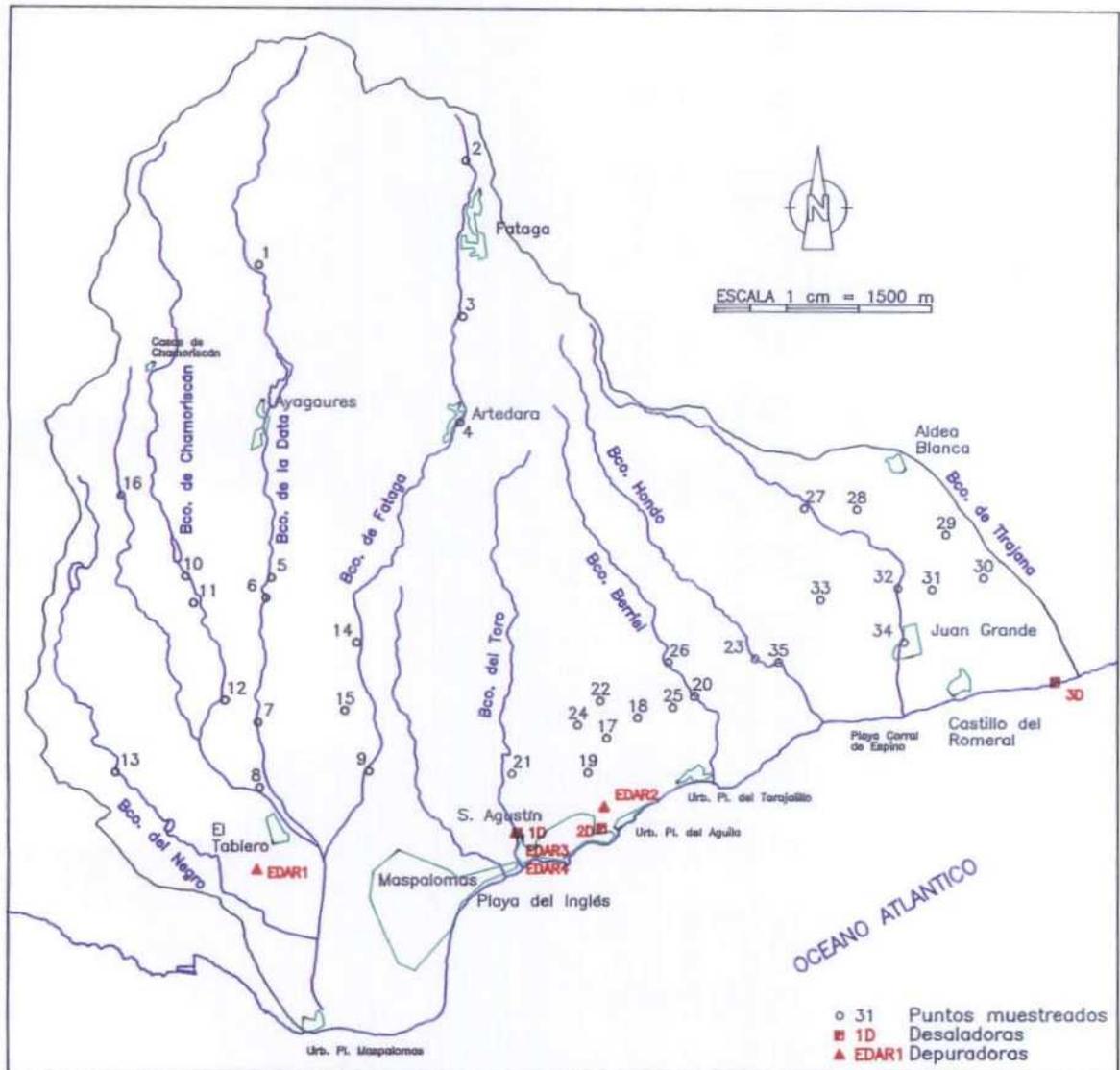


Figura 8.9. Situación de las desaladoras y depuradoras de aguas residuales en relación con los puntos muestreados

Cuadro 8.3. Características principales de las plantas de producción de agua por sistemas no convencionales

Nº	Denominación	Procedencia del agua	Sistema	Utilización del agua	Lugar del vertido
1D	Las Burras	Agua de mar	Ósmosis inversa	Abastecimiento	Mar
2D	Morro Besudo	Agua subterránea	Electrodialisis	Abastecimiento	Mar
3D	Salinas del Matorral	Agua de mar	Ósmosis inversa	Agricultura	Mar
EDAR1	El Tablero	Aguas residuales	Difusores soplantes en fondo	Regadío	Mar
EDAR2	Bahía Feliz	Aguas residuales	Difusores soplantes en fondo	Regadío	Mar
EDAR3	Las Burras I	Aguas residuales	Difusores soplantes en fondo	Regadío	Mar
EDAR4	Las Burras II	Aguas residuales	Difusores soplantes en fondo	Regadío	Mar

En el primer caso se trata de una situación no deseable que debe ser evaluada detalladamente en el contexto del mantenimiento, y posible mejora, de la calidad del agua del acuífero. En el segundo caso, la zona no está afectada ya que los vertidos de salmueras se efectúan directamente en el mar.

Por otra parte, la utilización de agua desalinizada para regadío puede provocar el efecto contrario, es decir, una disminución de la salinidad del agua subterránea por dilución; pero en el sur de Gran Canaria no se observa esta influencia, debido a que la mayor parte del agua desalinizada (88%) se utiliza para abastecimiento, con un volumen total de 7.4 hm³/año, frente a 1.0 hm³/año para regadío (ver cuadro 5.1.2.).

En cuanto a los recursos procedentes de las estaciones depuradoras de aguas residuales, hay que destacar su poca incidencia sobre la calidad del agua subterránea, ya que por el momento, se utilizan en pequeña proporción para el regadío en agricultura (10 ha de terreno), jardines y en el campo de golf de Maspalomas. El volumen total utilizado para regadío asciende a 1.8 hm³/año (ver cuadro 5.2.2.). El agua depurada restante (4.95 hm³/año) se vierte al mar por medio de emisarios submarinos.

No obstante, deberá preverse, en caso de reutilización generalizada de las aguas de las EDAR en agricultura, la evaluación de los efectos de la recarga de estas aguas en el acuífero.

8.5. Distribución espacial de la calidad

Con la ayuda de los diagramas de Schöeller-Berkaloff, en el apartado 8.3. se ha puesto de relieve la existencia de distintos tipos de aguas subterráneas. En la figura 8.10. se recoge la situación geográfica de estos grupos, obtenidos a partir de las relaciones iónicas $rSO_4/rHCO_3$ y rNa/rCl (Figs. 8.3. a 8.8.).

Se observa una zonificación en la composición química del agua subterránea que refleja la litología presente; pero, sobre todo, depende de la posición del punto de muestreo (dentro del sistema de flujo) con relación al mar. Así, se distinguen varias zonas paralelas a la costa, en las que progresivamente se produce un aumento de la salinidad y de los valores de la relación $rSO_4/rHCO_3$ según el sentido del flujo.

En el sector comprendido entre Maspalomas y la Playa Corral de Espino (desembocadura del Barranco Hondo), se concentra la mayor parte de los bombeos para abastecimiento de los complejos turísticos de la isla (la desaladora de Morro Besudo potabiliza actualmente 4.3 hm³/año de agua subterránea, ver apartado 5.1.), y es allí donde se acusan los problemas asociados a la intrusión marina (aguas con $rSO_4/rHCO_3 \geq 2$ en la figura 8.10.).

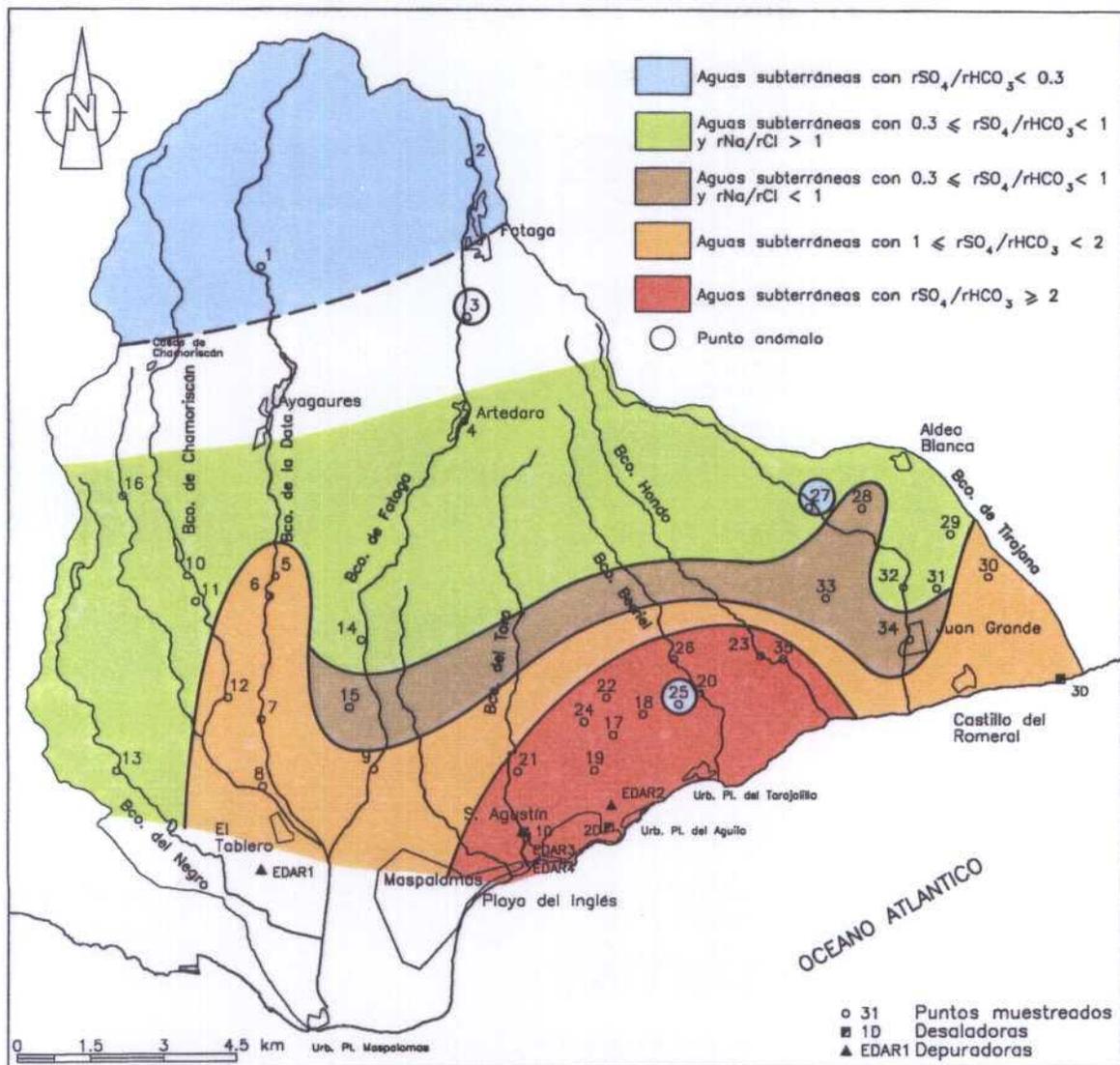


Figura 8.10. Tipos de aguas subterráneas del sur de Gran Canaria

Por otro lado, en el sector norte de la zona de estudio (Las Tederas-Fataga) se encuentran aguas de baja salinidad, poco evolucionadas (ver apartado 8.3.).

En la figura 8.10. se observan tres puntos anómalos, dos de ellos en cuanto a su situación (nº 25 y 27) y el tercero (nº 3) por las características que presenta.

Los nº 25 y 27 corresponden a los números de registro 424360018 y 424370001 respectivamente, que tienen una composición química similar a las muestras nº 1 y 2 (ver apartado 8.3. y figura 8.3.).

En la columna del sondeo 424370001 (donde se tomó la muestra nº 27) se cortaron los materiales de la Formación Basaltos Antiguos, mientras que en el resto de los puntos de agua situados entre el Barranco del Toro y el de Tirajana, se explotan generalmente los materiales que constituyen la Formación Sállica (ver capítulos 3 y 7). Se podría pensar, que el sondeo 424360018 (donde se tomó la muestra nº 25) también explota los materiales de la Formación Basaltos Antiguos, dado la similitud entre estas muestras, pero desgraciadamente no existen datos que lo corroboren.

8.5.1. Mapas de isolíneas

Una vez conocidas las características generales de las aguas subterráneas del sur de la isla de Gran Canaria, se analiza aquí la distribución espacial que presenta la calidad de las mismas. Para ello se han elaborado una serie de mapas de isolíneas de algunos constituyentes mayoritarios específicos, así como de relaciones iónicas de interés, que permite localizar puntos singulares con concentraciones anómalas.

En las figuras 8.11. a 8.15. se recogen los mapas elaborados con los valores de conductividad, cloruros, sulfatos, bicarbonatos y nitratos. En ellos se han suprimido los resultados analíticos obtenidos en los puntos de agua considerados anómalos en el apartado 8.5., es decir, los correspondientes a las muestras nº 3 (424320032), 25 (424360018) y 27 (424370001).

En la figura 8.11. se observan los isovalores de conductividad. En general, la conductividad aumenta en los distintos barrancos a medida que disminuye la distancia al mar, encontrándose, como cabía esperar, los valores más altos cerca de la costa, entre Maspalomas y la Playa Corral de Espino coincidiendo con la zona en que los gradientes indican entradas de agua de mar (ver apartado 7.3.5.).

Los mínimos de conductividad se registran en la zona de Fataga-Artedara.

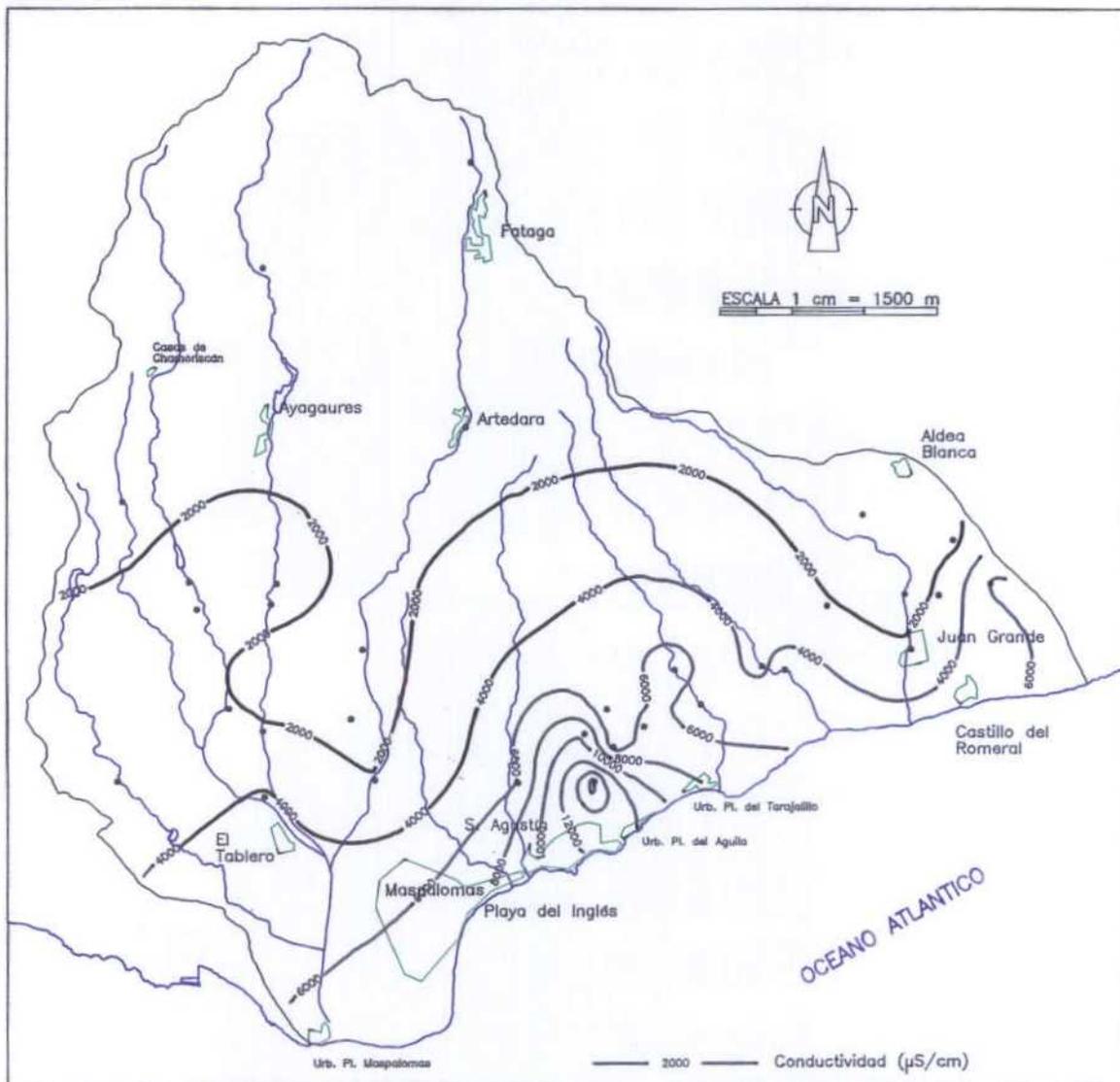


Figura 8.11. Mapa de isovalores de conductividad (μS/cm)

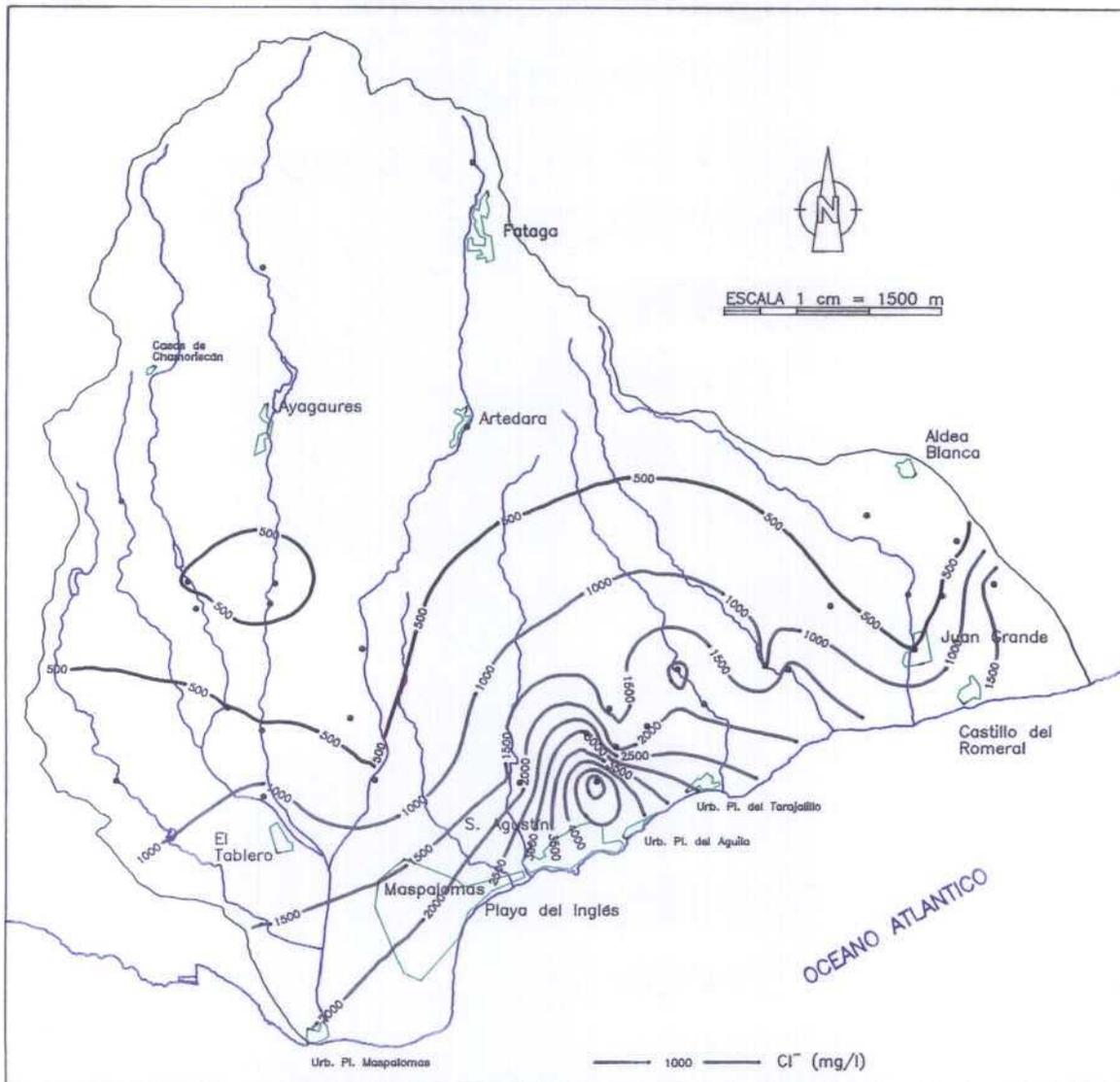


Figura 8.12. Mapa de isovalores de cloruros (mg/l)

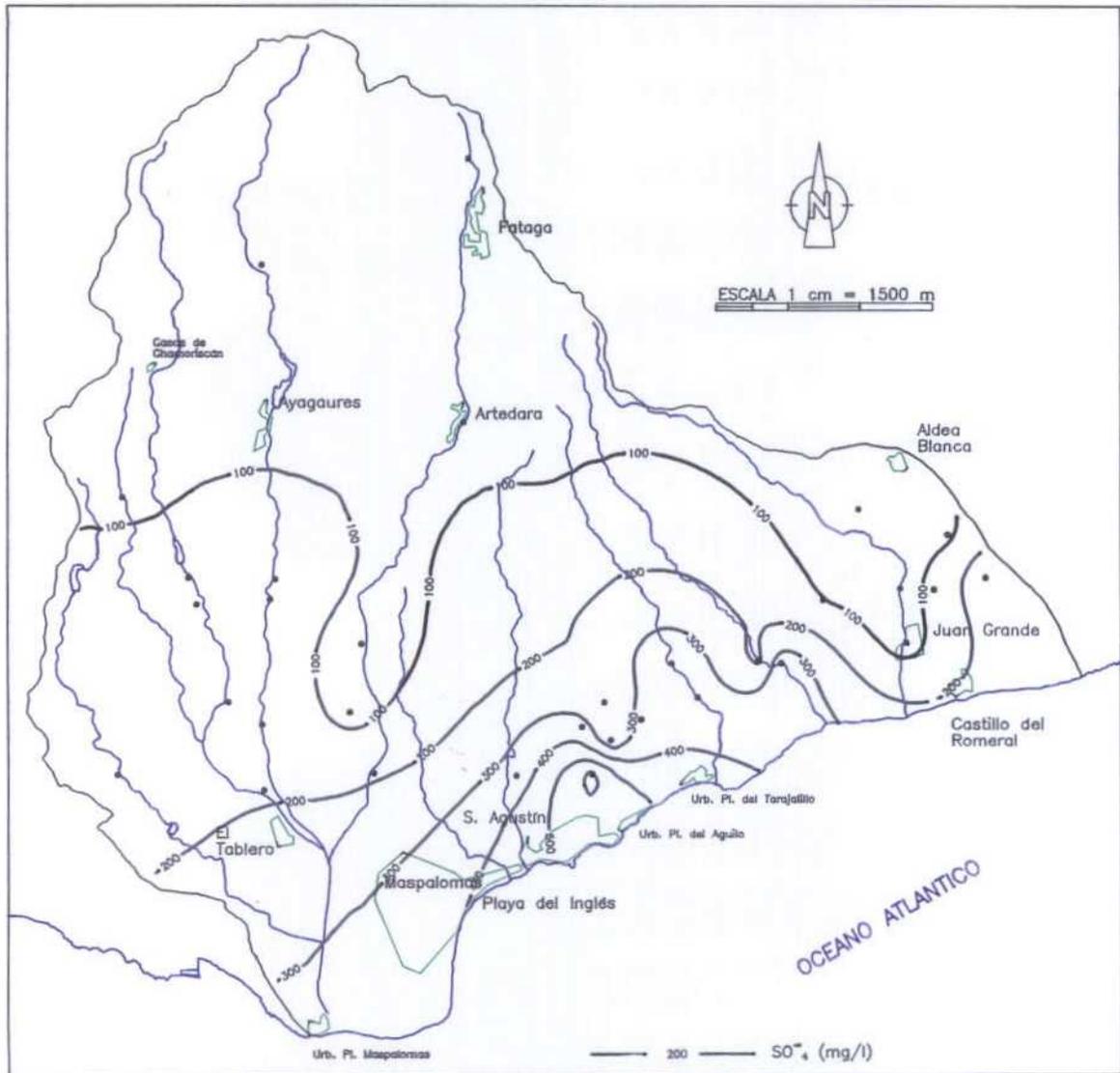


Figura 8.13. Mapa de isovalores de sulfatos (mg/l)

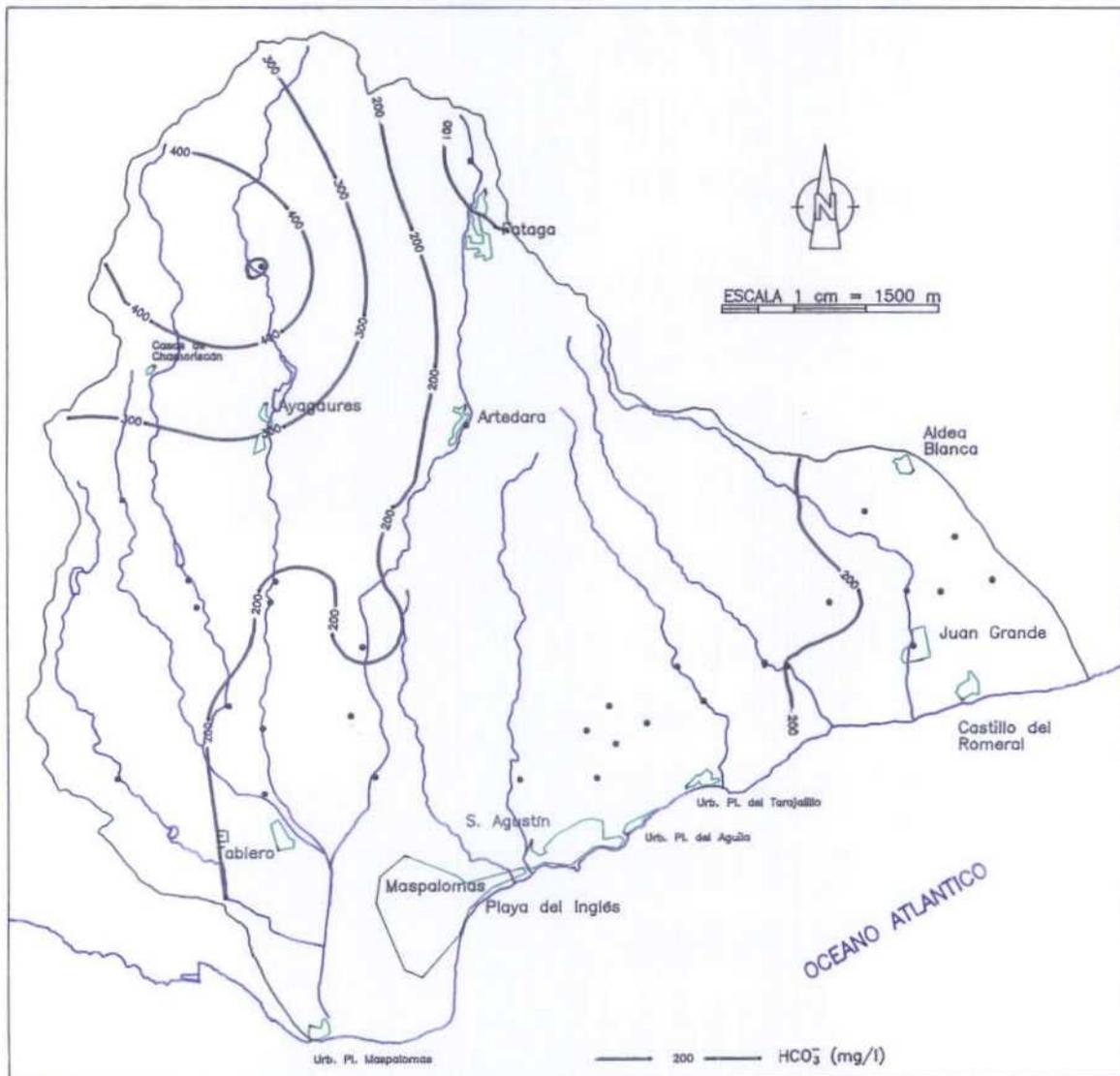


Figura 8.14. Mapa de isovalores de bicarbonatos (mg/l)

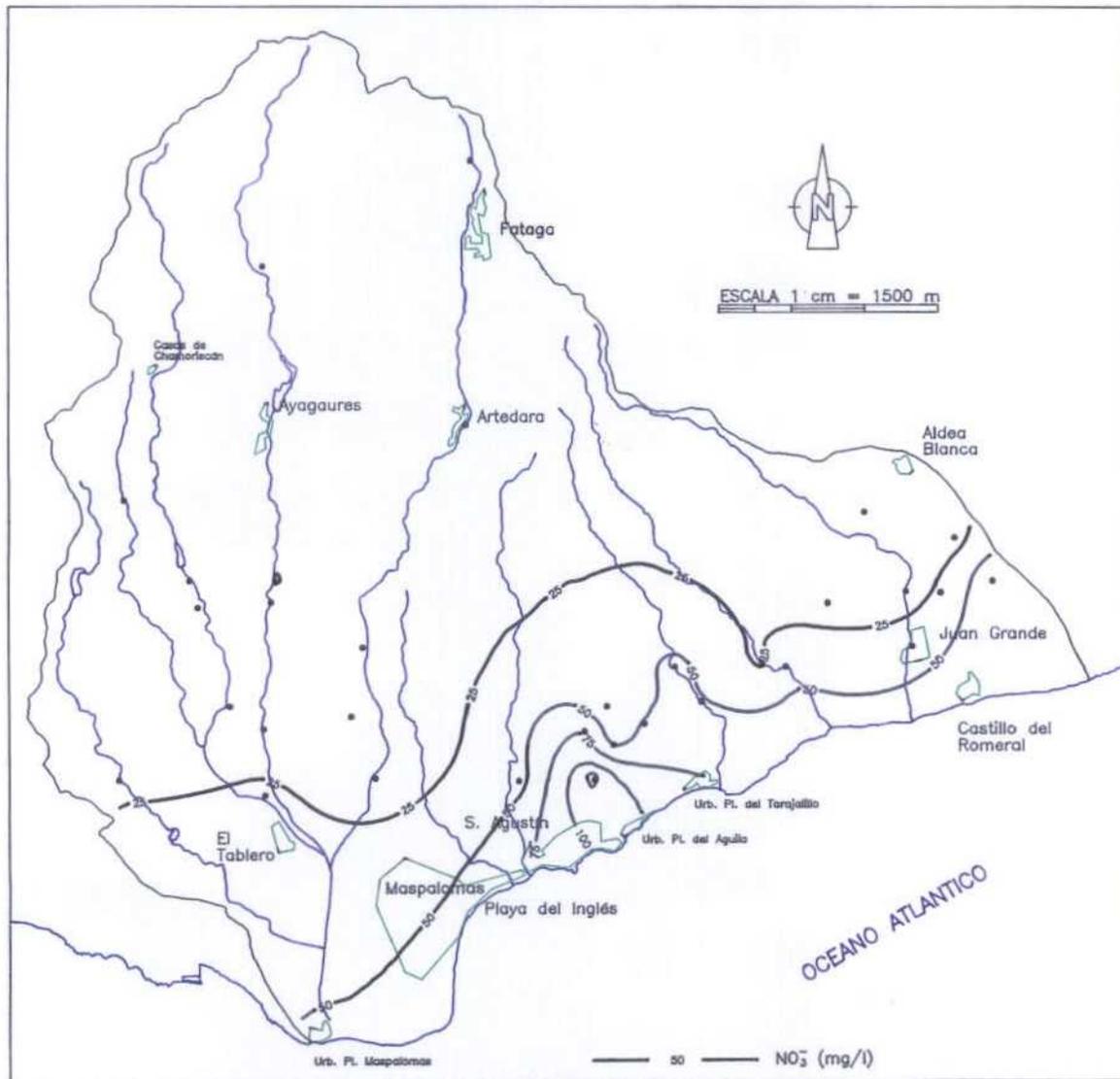


Figura 8.15. Mapa de isovalores de nitratos (mg/l)

En la figura 8.12., correspondiente a los isovalores de cloruros, se observa una tendencia semejante a la conductividad, con mínimos en el sector Las Tederas-Fataga, y máximos en la zona próxima a la costa, con concentraciones de cloruros que superan los 5400 mg/l.

Al igual que en el caso de la conductividad, el valor máximo se registra en la Cañada de Morro Besudo, donde se llevan a cabo intensos bombeos para el abastecimiento de la zona turística comprendida entre Maspalomas y la Playa Corral de Espino.

Los sulfatos por su parte (Fig. 8.13.), presentan en general una variación similar a conductividad y cloruros. En las proximidades de la costa, desde El Tablero hasta Castillo del Romeral, se obtienen los valores máximos, superiores a 200 mg/l de SO_4^{2-} .

En el Barranco de Fataga se registran las concentraciones más bajas, inferiores a 100 mg/l de SO_4^{2-} entre Artedara y Montaña de la Sabineta.

Los isovalores de bicarbonatos se incluyen en la figura 8.14. Se observa cómo los valores más altos (superiores a 200 mg/l de HCO_3^-) se sitúan en la zona comprendida entre el Barranco de la Data y el de Chamoriscán al noreste de la zona de estudio y entre el Barranco de las Palmas y el de Tirajana.

En el caso de los nitratos (Fig. 8.15.) se observa una tendencia de variación similar a la experimentada por conductividad, cloruros y sulfatos (Figs. 8.11., 8.12. y 8.13. respectivamente). En las proximidades de la costa, se registra una concentración máxima de 130 mg/l de NO_3^- en la muestra nº 19 situada en la Cañada de Morro Besudo.

8.5.2. Relaciones iónicas asociadas a intrusión marina

En los acuíferos costeros se producen una serie de modificaciones de las propiedades físico-químicas cuando existen procesos de intrusión marina. Estas variaciones en la calidad del agua subterránea se desarrollan en la zona de mezcla agua dulce-agua salada.

El agua de mar, en función de la composición local que presenta aporta mayoritariamente cloruros y sodio, y en proporción variable sulfatos y magnesio.

El estudio de algunas relaciones iónicas entre los iones mayoritarios da una excelente información acerca de procesos de intrusión.

Aquí se analiza la distribución espacial de una serie de relaciones mediante mapas de isolíneas. Aunque se han calculado los valores de las relaciones:

$$\begin{array}{ll} r \text{ Ca}/r \text{ Mg} & (r \text{ Cl} - r \text{ Na} - r \text{ K})/r \text{ Cl} \\ (r \text{ Ca} + r \text{ Mg})/(r \text{ Na} + r \text{ K}) & r \text{ Cl}/r \text{ HCO}_3 \\ r \text{ Na}/r \text{ Ca} & r \text{ SO}_4/r \text{ Cl} \\ r \text{ Na}/r \text{ K} & r \text{ SO}_4/r \text{ HCO}_3 \\ r \text{ Na}/r \text{ Cl} & \end{array}$$

cuyos valores se incluyen en el cuadro 8.4., sólo se adjuntan los mapas de isovalores de las relaciones $r \text{ Cl}/(r \text{ HCO}_3)$, $r \text{ SO}_4/r \text{ HCO}_3$ y $r \text{ Na}/r \text{ Cl}$ (Figs. 8.16., 8.17. y 8.18, respectivamente) por considerarlos más significativos.

En la figura 8.16. se observa la distribución espacial de los valores de $r \text{ Cl}/r \text{ HCO}_3$. Esta relación iónica es uno de los índices más utilizados en el estudio de la intrusión marina, ya que un aumento brusco refleja la existencia de problemas de intrusión. En las aguas subterráneas $r \text{ Cl}/r \text{ HCO}_3$ oscila entre 0.1 y 5, mientras que en el agua del mar toma valores comprendidos entre 20 y 50.

Según el mapa de la figura 8.16., la zona afectada por la invasión de agua del mar abarca una extensión elevada, desde Maspalomas hasta la Playa Corral de Espino, y es más acusada en las inmediaciones de la Cañada de Morro Besudo, donde se obtiene un valor de esta relación iónica de 62 (muestra nº 19).

En los mapas referentes a las relaciones $r \text{ SO}_4/r \text{ HCO}_3$ (Fig. 8.17.) y $r \text{ Na}/r \text{ Cl}$ (Fig. 8.18.), se ratifican las observaciones realizadas anteriormente, destacando las mismas zonas con valores extremos (tanto máximos como mínimos).

Cuadro 8.4. Valores de algunas relaciones iónicas en las aguas subterráneas del sur de Gran Canaria

DENOMINACION	Nº REGISTRO	r Ca/r Mg	r (Ca + Mg)/ r (Na + K)	r Na/r Ca	r Na/r K	r Na/r Cl	r Cl - r (Na + K) / r Cl	r Cl/r (HCO ₃)	r SO ₄ /r Cl	r SO ₄ /r HCO ₃
1	424310016	4.86	0.21	5.65	96.09	2.39	-1.41	0.57	0.14	0.08
2	424320013	2.43	0.17	7.39	10.14	2.50	-1.75	0.69	0.28	0.20
3	424320032	3.04	0.63	2.07	53.24	1.14	-0.16	7.45	0.65	4.87
4	424320064	3.04	0.42	3.04	28.67	1.32	-0.36	1.73	0.33	0.57
5	424350003	3.95	0.49	2.47	34.94	0.90	0.07	5.67	0.20	1.13
6	424350004	3.95	0.59	2.07	32.94	0.88	0.09	5.26	0.22	1.17
7	424350010	4.86	0.82	1.41	26.00	0.77	0.20	5.75	0.27	1.57
8	424350011	2.89	0.49	2.65	24.65	0.79	0.18	11.62	0.13	1.45
9	424350014	4.25	0.71	1.68	28.69	0.82	0.15	6.56	0.28	1.82
10	424350015	3.24	0.31	4.13	43.07	1.14	-0.17	3.02	0.16	0.47
11	424350016	3.65	0.53	2.32	34.00	1.05	-0.08	2.73	0.25	0.67
12	424350020	2.03	0.57	2.52	30.81	0.89	0.08	4.76	0.21	1.01
13	424350023	3.04	0.34	3.78	38.92	1.03	-0.05	4.16	0.16	0.67
14	424350033	1.22	0.25	7.20	45.05	1.16	-0.18	2.72	0.12	0.33
15	424350034	1.15	0.66	2.75	28.12	0.76	0.21	6.31	0.11	0.72
16	424350043	2.73	0.19	7.00	42.14	1.27	-0.30	2.86	0.20	0.58
17	424360004	1.94	0.31	4.73	51.00	0.87	0.11	21.61	0.10	2.18

Cuadro 8.4. (Cont.) Valores de algunas relaciones iónicas en las aguas subterráneas del sur de Gran Canaria

DENOMINACION	Nº REGISTRO	r Ca/r Mg	r (Ca + Mg)/ r (Na + K)	r Na/r Ca	r Na/r K	r Na/r Cl	r Cl - r (Na + K) / r Cl	r Cl/r (HCO ₃)	r SO ₄ /r Cl	r SO ₄ /r HCO ₃
18	424360005	3.65	0.42	3.01	84.19	0.83	0.16	23.86	0.13	3.10
19	424360006	3.04	0.74	1.78	70.83	0.63	0.36	62.11	0.09	5.30
20	424360008	1.40	0.68	2.46	62.83	0.71	0.28	19.07	0.14	2.63
21	424360009	2.89	0.30	4.44	49.97	0.92	0.06	16.17	0.15	2.50
22	424360010	3.65	0.16	8.02	74.26	1.00	-0.02	17.96	0.11	2.05
23	424360014	4.25	0.35	3.48	45.33	0.89	0.09	16.92	0.13	2.25
24	424360015	1.82	0.38	3.99	71.92	0.81	0.18	35.49	0.08	2.89
25	424360018	1.82	0.11	13.33	60.15	2.24	-1.28	0.76	0.19	0.15
26	424360019	3.44	0.44	2.92	88.09	0.82	0.17	31.16	0.14	4.34
27	424370001	3.04	0.61	2.10	28.33	1.22	-0.26	1.15	0.12	0.13
28	424370002	1.06	0.80	2.36	33.65	0.85	0.12	2.34	0.13	0.30
29	424370010	1.22	0.20	8.70	31.38	1.40	-0.44	2.18	0.23	0.51
30	424370015	2.30	0.64	2.20	47.16	0.73	0.26	10.45	0.11	1.17
31	424370016	1.37	0.22	7.73	45.33	1.25	-0.28	3.04	0.20	0.60
32	424370017	2.43	0.52	2.61	29.14	1.06	-0.10	2.12	0.16	0.34
33	424370018	3.04	0.58	2.23	45.33	0.82	0.16	5.66	0.12	0.69
34	424370020	2.73	0.49	2.71	29.75	0.91	0.06	3.65	0.09	0.34
35	424370036	1.03	0.40	4.91	68.00	0.89	0.09	13.03	0.17	2.17

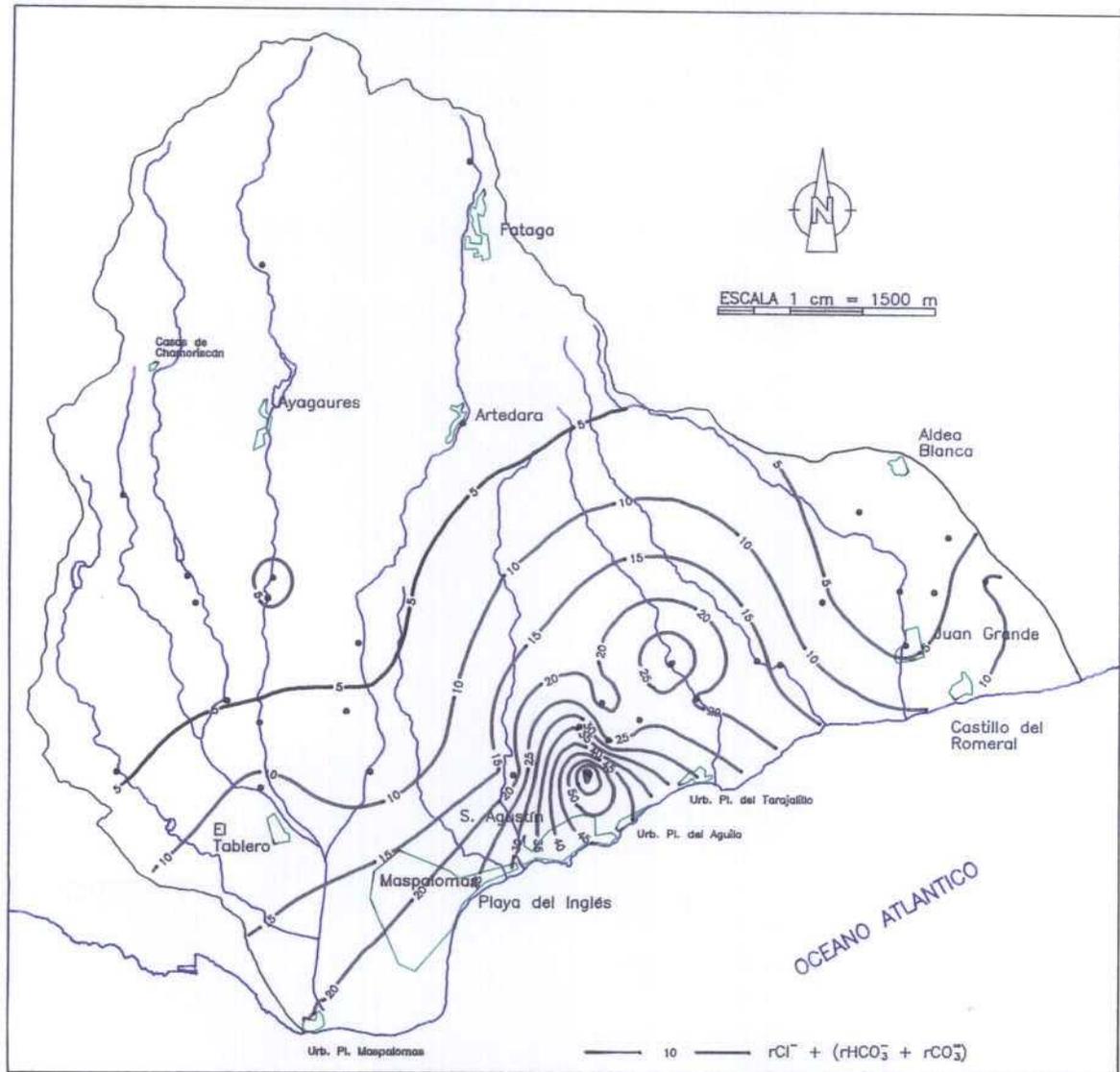


Figura 8.16. Mapa de isovalores de $r \text{Cl}^- / \text{HCO}_3^-$ ($r = \text{meq/l}$)

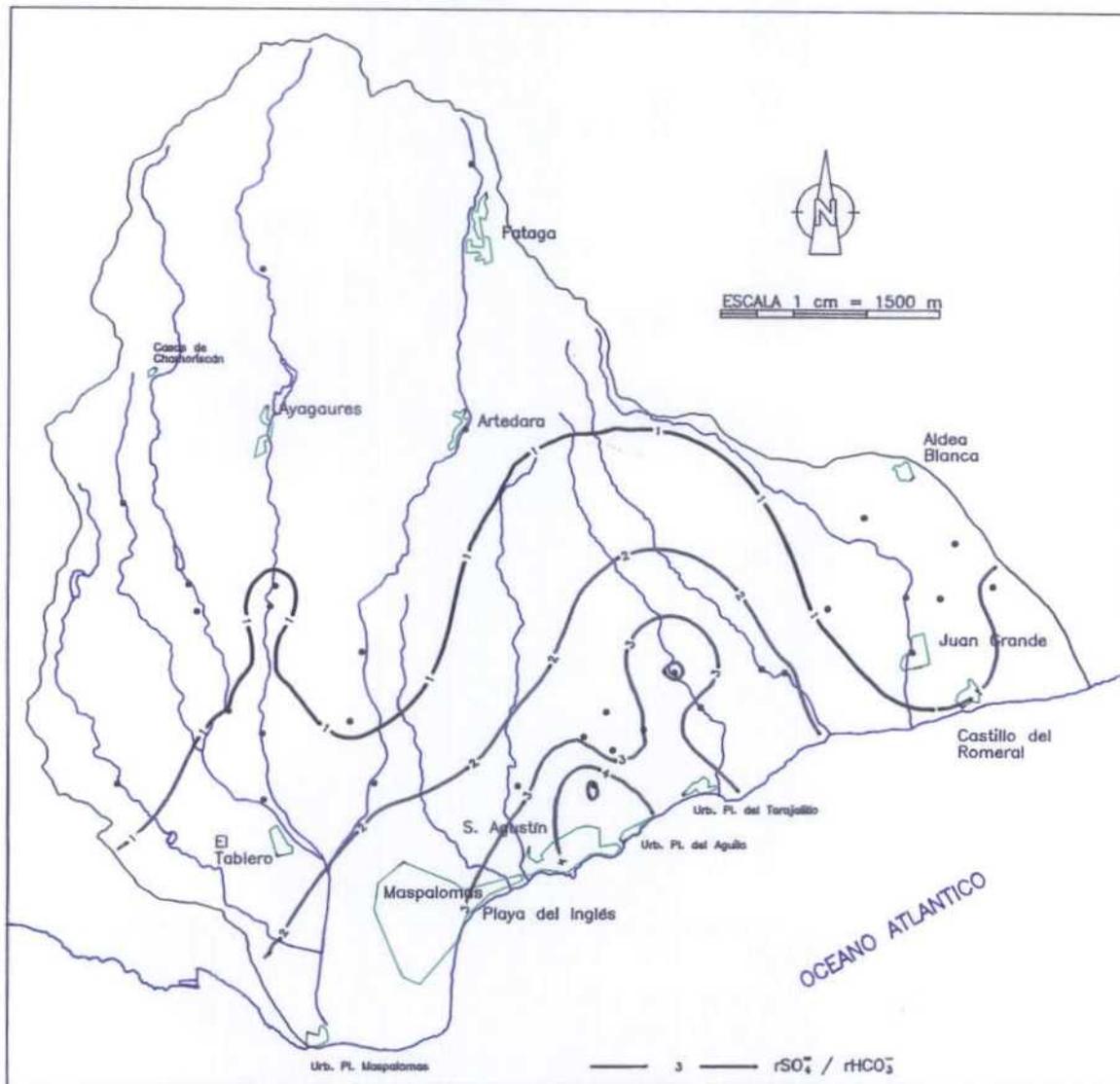


Figura 8.17. Mapa de isovalores de $r \text{SO}_4 / r \text{HCO}_3$ (r = meq/l)

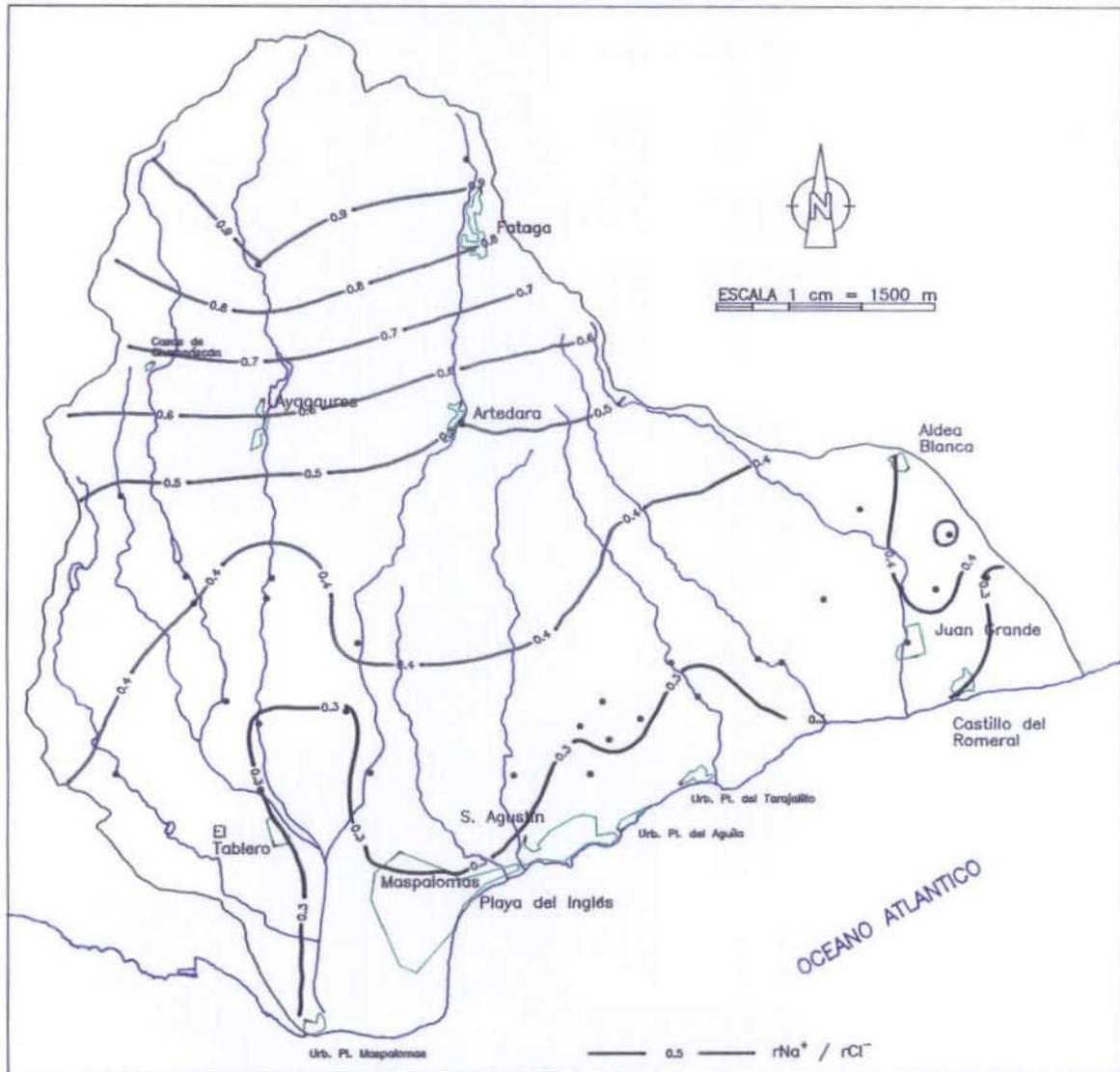


Figura 8.18. Mapa de isovalores de rNa^+ / rCl^- ($r = meq/l$)

8.6. Evolución en el tiempo de la composición química del agua subterránea

Para analizar las variaciones que experimenta la calidad del agua subterránea a lo largo del tiempo, se consideran los resultados hidroquímicos disponibles en la Base de Datos de puntos acuíferos de Canarias.

Los resultados analíticos almacenados en la Base de Datos, correspondientes a cada uno de los pozos muestreados en este estudio, es variable, tanto en lo que se refiere al número de análisis, a los parámetros que considera, como al período en que se realizaron. En el cuadro 8.5. se incluye el número de análisis químicos con que cuenta cada punto de agua, y el período de tiempo que comprenden.

Sería interesante considerar, en los pozos que presentan problemas de intrusión, situados entre Maspalomas y la Playa Corral de Espino (con valores de la relación $rSO_4/rHCO_3$ superiores 2, ver figura 8.10.), cómo han ido aumentando las concentraciones de cloruros y sodio, y las relaciones iónicas más significativas. Pero en la Base de Datos únicamente se dispone de 1 ó 2 análisis químicos correspondientes a estos pozos (ver cuadro 8.5.), lo que imposibilita el estudio de avance de la intrusión.

Lo mismo sucede con los puntos nº 1 (424310016), 2 (424320013), 3 (424320032) y 25 (424360018), en los que la ausencia de datos impide analizar la evolución de la composición química del agua subterránea.

En la figura 8.19. se incluye la variación de los valores de conductividad, cloruros, sulfatos y bicarbonatos, en una serie de puntos acuíferos que disponen de un registro relativamente amplio. Se ha representado además la distribución espacial de los pozos muestreados.

La figura 8.19. incluye la variación que experimentan los parámetros mencionados anteriormente, en los puntos nº 27 (424370001), 10 (424350015), 13 (424350023), 31 (424370016), 28 (424370002) y 30 (424370015), pertenecientes a los distintos grupos hidroquímicos definidos en el apartado 8.3.

Cuadro 8.5. Número de datos disponibles para cada punto de agua y período a que se refiere

DENOMINACION	Nº REGISTRO	PERIODO	Nº ANALISIS
1	424310016	93	1
2	424320013	93	1
3	424320032	91-93	2
4	424320064	91-93	2
5	424350003	85-93	5
6	424350004	81-93	17
7	424350010	83-93	10
8	424350011	84-93	6
9	424350014	81-93	5
10	424350015	82-93	14
11	424350016	83-93	14
13	424350023	81-93	19
14	424350033	91-92	2
15	424350034	85-92	4
17	424360004	92	1
18	424360005	85-93	2
19	424360006	93	1
20	424360008	85-92	2
21	424360009	91-92	2
22	424360010	93	1
23	424360014	93	3
24	424360015	93	1
25	424360018	92	1
26	424360019	93	1
27	424370001	81-93	13
28	424370002	81-92	20
29	424370010	81-92	22
30	424370015	81-93	11
31	424370016	81-93	16
32	424370017	81-93	22
33	424370018	81-92	9
34	424370020	81-93	14
35	424370036	92	1

El punto nº 27 (424370001) tiene una composición clorurada-bicarbonatada sódica, y aunque pertenece al grupo hidroquímico del sector Las Tederas-Fataga (Fig. 8.3.), su situación geográfica en el Barranco de las Palmas, hace que sea considerado anómalo. No obstante, el registro hidroquímico disponible (13 análisis) ratifica las hipótesis de que explota los materiales pertenecientes a una formación geológica distinta que los pozos de su entorno (como se menciona en el apartado 8.5., en la columna de este pozo se han descrito materiales de la Formación Basaltos Antiguos). En la figura 8.19. se observa que la concentración de bicarbonatos es prácticamente constante en el tiempo, en torno a 4 meq/l, y no se trata de una anomalía puntual.

Los puntos nº 10 (424350015), 13 (424350023) y 31 (424370016) pertenecen al sector Artedara-Aldea Blanca (Fig. 8.4.), con valores de $rSO_4/rHCO_3$ comprendidos entre 0.3 y 1.0, y rNa/rCl superiores a 1. El punto nº 28 (424370002), representa a los puntos agrupados en la figura 8.5., situados entre Montaña de la Sabineta y Juan Grande, que tienen valores de $rSO_4/rHCO_3$ comprendidos entre 0.3 y 1.0, y de rNa/rCl inferiores a 1; y el nº 30 (424370015) representa a los puntos con $rSO_4/rHCO_3$ que varían entre 1 y 2, situados en el sector El Tablero-Castillo del Romeral.

En la figura 8.19. se observa cómo los registros de los parámetros representados permanecen prácticamente constantes en la mayor parte de los puntos, y apenas experimentan ligeras variaciones entre muestreos consecutivos. En general la salinidad de las aguas subterráneas es relativamente baja, con valores inferiores a 3000 $\mu S/cm$ (puntos nº 10, 13, 27, 28 y 31). En todos los casos, las concentraciones de bicarbonatos y sulfatos permanecen estabilizadas en valores bajos (inferiores a 5 meq/l), mientras que los cloruros se encuentran en niveles de concentración más elevados, entre 10 y 20 meq/l (excepto en el punto nº 30), reflejando una tendencia similar a los valores de conductividad.

Destaca el gráfico correspondiente al punto 30, que es el más próximo a la costa de los representados. En él se observa que el agua subterránea tienen una mayor salinidad, con conductividades que experimentan un ascenso a través del tiempo, pasando de 2950 $\mu S/cm$ en 1981, a 6290 $\mu S/cm$ en 1993, y llegan a 10499 $\mu S/cm$ en el muestreo realizado en enero de 1991.

9. BALANCE

Uno de los objetivos finales en la realización de los estudios hidrogeológicos es el establecimiento de un balance del sistema considerado para lo cual hay que tener en cuenta los parámetros analizados individualmente en capítulos anteriores.

Dichos parámetros (precipitación, demanda, bombeos, etc) constituyen los datos de partida para el balance y tienen una fiabilidad relativa o al menos un grado de precisión cuestionable. En consecuencia, se puede establecer un balance rígido o un balance más flexible que considere los rangos de variación de los parámetros.

En la zona de estudio considerada no se puede establecer con certeza las posibles entradas y salidas laterales y los flujos con el mar. Lo que si parece evidente es una bajada generalizada de niveles en la zona costera.

El fenómeno de intrusión marina en la zona costera pudiera hacer pensar que limita las descargas de agua dulce al mar pero, teniendo en cuenta el carácter multicapa de acuífero y en su gran potencia entendemos que se puede estar produciendo intrusión en los niveles superficiales y descargas de agua dulce al mar en los niveles profundos.

En estas condiciones tiene más sentido dar un balance flexible.

Entradas:

Las entradas se producen fundamentalmente de tres maneras: por infiltración del agua de lluvia, por aportes laterales y por el retorno de riegos.

La infiltración de agua de lluvia ha sido analizada en el capítulo 6 de Climatología y se ha podido establecer con una serie de consideraciones previas, que dicha infiltración debe ser del orden de 2,85 hm³/año teniendo en cuenta la que se produce en los cuaternarios.

Teniendo en cuenta que el límite de la zona de estudio en la zona norte es la divisoria de aguas, no se estima que se produzcan aportes laterales desde el norte y la piezometría indica lo mismo hacia el este y el oeste.

Un aporte lateral a tener en cuenta es el ocasionado como consecuencia de la intrusión marina. Su cuantificación presenta grandes dificultades aunque si suponemos un frente de intrusión de unos 5 km repartidos en varias zonas con una potencia de 50 m, un gradiente del 2‰ y una permeabilidad de 1 m/d, el orden de magnitud del aporte lateral por intrusión marina será entre 0,18 hm³/año y 2 hm³/año en función de la potencia del acuífero.

Los retornos de riego se han establecido a partir del análisis de la demanda, consumo y dotaciones agrarias suponiendo un retorno del 20% del agua aplicada. Con estos datos se puede cifrar el retorno de riego entre 1,4 y 1,7 hm³/año. Se han tenido en cuenta los retornos del regadío con aguas depuradas de las que se utilizan entre 1 y 1,5 hm³/año.

Salidas:

Las salidas se producen como consecuencia del bombeo y por aportes laterales en este caso al mar.

El consumo ha quedado establecido en el capítulo de demanda con un alto grado de precisión y alcanza la cifra de 22 hm³/año (población estable: 2 hm³/año, población flotante: 13 hm³/año y agricultura: 7 hm³/año). De estos consumos corresponden a bombeos (2 hm³/año para abastecimiento de la población estable, 5,5 hm³/año para la población flotante y 6,2 hm³/año para la agricultura) 13,7 hm³/año.

Las salidas al mar, se han estimado con gradiente del 2‰ y permeabilidad de 1 m/d para distintos espesores entre 0,2 y 2 hm³/año.

El balance ajustado con estas condiciones quedaría establecido así (hm³/año).

	Mínimo	Máximo
Entradas:		
Infiltración	2,85	2,85
Lateral : Intr. mar.	0,18	2
Retornos regadío	1,4	1,7
	—	—
TOTAL	4,43	6,55

	Mínimo	Máximo
Salidas:		
Bombeos	13,7	13,7
Al mar	0,2	2
	—	—
TOTAL	13,9	15,7

En el mejor de los casos (con entradas máximas y salidas mínimas) el déficit en la zona se puede cuantificar en unos 7,35 hm³/año.

BIBLIOGRAFIA

- CABILDO INSULAR DE GRAN CANARIA. "Actualización del conocimiento hidrogeológico de la isla de Gran Canaria". Febrero, 91
- CABILDO INSULAR DE GRAN CANARIA - CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS, VIVIENDA Y AGUAS.
 - Plan Hidrológico de Gran Canaria. Avance (documentos diversos sobre demanda, avenidas, calidad, etc.)
 - Servicio de Recursos Hidráulicos. "Reutilización de Aguas Depuradas en las Islas Canarias". Enrique Castro Santos. Octubre, 1990
- CUSTODIO, E. y BADIELLA, P. "Evaluación de datos de bombeo de los pozos de Amurga". Noviembre, 1990
- DIRECCION GENERAL DE AGUAS (Servicio Hidráulico de Las Palmas). "Estudio hidrogeológico del sureste de Gran Canaria". Diciembre, 1987
- ELMASA. "El agua razón de vida". Folleto informativo.
- GASPARINI, A., CUSTODIO, E., FONTES, F.C., JIMENEZ, J. and NUÑEZ, J.A., 1990. Exemple d'étude géochimique et isotopique de circulations aquifères en terrain volcanique sous climat semiaride (Amurga, Gran Canaria, Iles Canaries) (A geochemical and isotopic study of groundwater flow paths in a volcanic area under semi-arid climatic conditions (Amurga, Gran Canaria, Canary Islands). J. Hydrol., 114: 61-91.
- INSTITUTO CANARIO DE ESTADISTICA (ISTAC). Boletines mensuales. Marzo, 1992
- INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Hoja Geológica a escala 1:100.000
- INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Archivo de Puntos de Agua de Canarias (APAC)

- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Base de Datos de Canarias (BAC)
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Hojas Geológicas a escala 1:25.000 (Plan Magna).
 - San Bartolomé de Tirajana 83-84 (1109-III)
 - Santa Lucía 83-85 (1114-IV)
 - Maspalomas 83-86, 83-87 (1114-III)
 - Agüimes 84-85 (1114-I)
 - Castillo del Romeral 84-86 (1114-II)
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. Instituto de Relaciones Agrarias. Censo de superficies por cultivo (1983)
- MAC-21. "Proyecto de planificación de la explotación y uso racional de los recursos de agua en las Islas Canarias". Comisión Interministerial de las Actuaciones de Estado en materia de Aguas en Canarias (1976)
- SPA-21. "Estudio científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias (SPA/69/515). 1975