

DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE



Marzo 2017



[CIAL]

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVENIDA FRED OLSEN, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL.: 928.59.85.80 - FAX: 928.81.79.88 - www.aguaslanzarote.com

IC INCLAM
Ingeniería del Agua

DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE



MEMORIA



[CIAL]

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVENIDA FRED OLSEN, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL.: 928.59.85.80 - FAX: 928.81.79.88 - www.agualanzarote.com

IC INCLAM
Ingeniería del Agua

■ ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	1
3.	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	2
4.	MARCO LEGAL.....	4
5.	ANÁLISIS DE ANTECEDENTES E INFORMACIÓN DE PARTIDA.....	7
6.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	26
6.1.	Descripción socioeconómica.....	26
6.1.1.	Distribución y evolución de la población.....	27
6.1.2.	Actividades económicas principales en la isla.....	29
6.2.	Descripción biofísica.....	29
6.2.1.	Geología y geomorfología.....	31
6.2.2.	Clima.....	35
6.2.3.	Hidrografía.....	37
6.2.4.	Hidrogeología.....	39
6.2.5.	Coberturas y usos de la tierra.....	40
6.2.6.	Flora, fauna y espacios protegidos.....	42
7.	DELIMITACIÓN DE ACUÍFEROS.....	52
7.1.	Delimitación de acuíferos en la isla de Lanzarote.....	52
7.2.	Acuífero mio-plioceno de Famara.....	53
7.2.1.	Presencia de agua subterránea.....	55
7.3.	Acuífero Mioceno de los Ajaches.....	56
7.3.1.	Presencia de agua subterránea.....	56
7.4.	Acuíferos del pleistoceno y holoceno.....	57
7.4.1.	Presencia de agua.....	57
7.5.	Acuíferos Cuaternario sedimentarios.....	58
8.	DEFINICIÓN DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	60
8.1.	Criterios de definición de masas de agua subterránea.....	60
8.2.	Mio-plioceno de Famara.....	61
8.3.	Mioceno de Los Ajaches.....	62
9.	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA.....	63
9.1.	Geoquímica.....	63
9.1.1.	Mio-Plioceno de Famara.....	63
9.1.2.	Mioceno de Los Ajaches.....	64
9.2.	Aspectos generales sobre la Hidroquímica de lanzarote.....	65
9.2.1.	Datos históricos.....	65
9.2.2.	Caracterización geoquímica en base a las formaciones geológicas.....	66
9.3.	Resultados de la campaña de campo.....	68
9.3.1.	Puntos visitados.....	69
9.3.2.	Interpretación de los resultados.....	70
10.	DINÁMICA DE FLUJO.....	80
10.1.	Recarga y descarga de los acuíferos.....	80

10.2. Parámetros hidráulicos	83
10.2.1. Acuífero Mio-Plioceno de Famara	85
10.2.2. Acuífero Mioceno de Los Ajaches	86
10.3. Evolución de niveles y piezometría	86
10.4. Balance hídrico realizado	92
11. MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN DE LANZAROTE	98
11.1. Acuíferos del Pleistoceno y Holoceno y Acuíferos Cuaternarios sedimentarios	102
11.2. Acuífero Mio-Plioceno de Famara	103
11.3. Acuífero Mioceno de Los Ajaches	104
11.4. La Graciosa	106
11.5. Conclusiones	106
12. PRINCIPALES PRESIONES SOBRE LAS MASAS DE AGUA	108
12.1. Identificación de presiones significativas	109
12.2. Presiones sobre la calidad de las aguas subterráneas	109
12.2.1. Fuentes difusas	109
12.2.2. Fuentes puntuales	116
12.3. Presiones sobre la cantidad	127
12.3.1. Extracción de aguas subterráneas	127
13. IMPACTOS SOBRE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	130
13.1. Impactos que afectan al estado cualitativo	130
13.1.1. Mio-Plioceno de Famara	130
13.1.2. Mioceno de Los Ajaches	131
13.2. Impactos que afectan al estado cuantitativo	131
14. ZONAS PROTEGIDAS	132
14.1. Masas de agua con captaciones superiores a 10 m ³ /día destinadas al consumo humano o que abastezca a más de 50 personas.	132
14.2. Zonas designadas para la protección de especies acuáticas significativas desde un punto de vista económico	133
14.3. Masas de agua de uso recreativo, incluidas las zonas declaradas aguas de baño	133
14.4. Zonas vulnerables por la contaminación por nitratos	133
14.5. Zonas de protección de hábitats o especies	134
14.6. Zonas de protección	136
14.7. Zonas de protección de intrusión marina	136
15. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL	137
15.1. Programa de seguimiento del estado cuantitativo	137
15.1.1. Criterios de diseño	137
15.1.2. Frecuencia	138
15.2. Programa de seguimiento del estado químico	139
15.2.1. Criterios de diseño	139
15.2.2. Frecuencia	142
15.2.3. Programa de seguimiento de las zonas protegidas	142

15.3. Propuesta red de control	143
16. RESUMEN Y CONCLUSIONES	146
16.1.1. Sobre los acuíferos	146
16.1.2. Sobre las masas de agua subterránea.....	146
16.1.3. Sobre la caracterización hidrogeoquímica	146
16.1.4. Sobre la dinámica de flujo, recarga y piezometría.....	147
16.1.5. Sobre el modelo conceptual	147
16.1.6. Sobre las presiones e impactos de las masas de agua subterráneas.....	148
16.1.7. Sobre las Zonas de protección.....	149
16.1.8. Sobre el programa seguimiento	149
17. REFERENCIAS.....	150

■ ANEXOS

ANEXO 1. ANTECEDENTES

ANEXO 2. GEODATABASE

ANEXO 3. CAMPAÑA DE CAMPO

ANEXO 3A. PROTOCOLO DE CAMPO

ANEXO 3B. FICHAS DE CAMPO

ANEXO 3C. RESULTADOS DE CAMPO

ANEXO 4. ESTUDIO CLIMÁTICO Y BALANCE HÍDRICO

ANEXO 5. FICHAS DE LA RED DE SEGUIMIENTO DEL MAPAMA

ANEXO 6. PLANOS

■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ámbito de estudio	3
Figura 2. Esquema de las obligaciones del artículo 5 de la DMA. Fuente: Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en las aguas superficiales, Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente	12
Figura 3. Prelación de usos establecida por la Ley de Aguas de Canarias.....	14
Figura 4. Mapa de lugares de recogida de agua en Lanzarote. Siglo XVI al XVIII (González Morales, 2008) 18	
Figura 5. Imagen del visor del Censo de Instalaciones Hidráulicas Subterráneas en la isla de Lanzarote (http://www.aguazanzarote.com/Censo/#).....	19
Figura 6. Imágenes de los aljibes y maretas en la isla de Lanzarote. Fuente: https://desarrollorurallanzarote.wordpress.com/ ; http://entreveredasyvolcanes.blogspot.com/es/	20
Figura 7. De izquierda a derecha: Imágenes de los pozos púnicos (primeros pobladores) en Rubicón, Lanzarote. Fuente: http://amarocn.blogspot.com/es/ ; Galería en Chafariz-Haría. Fuente: http://mirinconcitodelatlantico.blogspot.com.es/2012/10/la-cultura-del-agua-en-lanzarote.html	20
Figura 8. Objetivos y medidas propuestas específicamente en el Blueprint. Fuente: Esquema Provisional de Temas Importantes –EPTI- del segundo ciclo de planificación 2015-2021.....	23
Figura 9. Localización de los estudios y proyectos hidrogeológicos desarrollados en el ámbito de la isla de Lanzarote desde diciembre de 2008 a octubre de 2016. Elaboración propia. Fuente: CIAL 25	
Figura 10. Evolución de la densidad de población. *Para el año 1997 no se dispone de dato. Fuente: Instituto Canario de Estadística, ISTAC	27
Figura 11. Densidad de población en Lanzarote y La Graciosa. Fuente: IGN, julio 2015	28
Figura 12. Relieve del ámbito de estudio	30
Figura 13. Geología de Lanzarote. Escala 1:25.000. Fuente: IGME	33
Figura 14. Leyenda Geología de Lanzarote. Fuente: IGME.....	34
Figura 15. Mapa de isoyetas. Fuente: PHIL 2015.....	36
Figura 16. Paisaje de cultivos en gavias en la isla de Lanzarote. Fuente: http://entreveredasyvolcanes.blogspot.com/es/	41
Figura 17. Bancales y arenados en Lanzarote (Santamarta, 2009; Santamarta, 2010).....	41
Figura 18. Imagen de los Jameos del Agua. Fuente: http://www.vivalanzarote.es/jameos-del-agua-lanzarote/	44
Figura 19. Mapa de la Red Espacios Protegidos en Lanzarote y La Graciosa	46
Figura 20. Parque Nacional de Timanfaya, Lanzarote. Fuente: http://espanafascinante.com/ http://www.holaislascanarias.com/	47
Figura 21. Imagen de Los Islotes. Fuente: http://www.turismoporespana.com.ar/lanzarote/	47
Figura 22. Imagen de Los Volcanes. Fuente: https://commons.wikimedia.org/	47
Figura 23. Archipiélago de Chinijo, Lanzarote. Fuente: http://www.spain-lanzarote.com/	48
Figura 24. Monumento Natural de La Corona, Lanzarote. Fuente: http://www.ilanzarote.net/	48
Figura 25. Monumento Natural Los Ajaches, playa Papagayo, Lanzarote. Fuente: http://oceandreams.es/es/location/monumento-natural-de-los-ajaches/	48
Figura 26. Monumento Natural La Cueva de Los Naturalistas, Lanzarote. Fuente: http://www.ilanzarote.net/	49
Figura 27. Monumento del Islote de Halcones, Lanzarote. Fuente: https://enfilando.blogspot.com/es/	49

■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 28. Monumento Natural de Las Montañas del Fuego, Lanzarote. Fuente: https://es.pinterest.com/	49
Figura 29. Paisaje Protegido de Tenegüime, Lanzarote. Fuente: http://www.turismoporespana.com.ar/lanzarote/	50
Figura 30. Paisaje Protegido de La Geria, Lanzarote. Fuente: http://www.holaislascanarias.com/	50
Figura 31. Imagen de los Jameos del Agua. Fuente: http://www.vivalanzarote.es/jameos-del-agua-lanzarote/	50
Figura 32. Imagen del Janubio. Fuente: http://www.turismoporespana.com.ar/lanzarote/	51
Figura 33. Delimitación de formaciones acuíferas en base a criterios hidrogeológicos y geológicos. Fuente: elaboración propia	53
Figura 34. Esquema hidrogeológico del macizo basáltico de Famara (Lanzarote) (Modificado por Custodio, 1972)	54
Figura 35. Delimitación del acuífero del Mio-Plioceno de Famara. Área de color azul.	56
Figura 36. Delimitación del acuífero del Mioceno de Los Ajaches. Área de color verde	57
Figura 37. Delimitación de las formaciones acuíferas del Pleistoceno y Holoceno. Área de color naranja	58
Figura 38. Delimitación de las formaciones acuíferas cuaternarias sedimentarias. Área de color amarillo	59
Figura 39. Diagrama TAS del periodo Mio-Plioceno. Fuente: MAGNA hoja 1080	64
Figura 40. Diagrama TAS del periodo Mioceno. Fuente: MAGNA hoja 1084	64
Figura 41. Diagrama de Piper para la formación basaltos antiguos, caso de Gran Canaria. Fuente: Estudio hidrogeológico para la definición de áreas sobreexplotadas o en riesgo de sobreexplotación en la zona baja de Gran Canaria, Convenio específico 1998-2003 IGME y Consejo Insular de aguas de Gran Canaria	67
Figura 42. Diagrama de Piper para las aguas subterráneas del Macizo de Betancuria (Fuerteventura). Fuente: Tesis de caracterización hidrogeoquímica del macizo de Betancuria (Fuerteventura, 2001) 68	
Figura 43. Puntos visitados en la campaña de campo de febrero 2017. INCLAM	69
Figura 44. Cuadro resumen de los puntos visitados. Fuente: campaña de campo febrero 2017	70
Figura 45. Diagrama de Stiff en el punto de muestreo de los Jameos del Agua	70
Figura 46. Puntos visitados en la zona del acuífero del Mio-Plioceno de Famara	71
Figura 47. Figura resumen de las analíticas realizadas durante la campaña de campo. Fuente: elaboración propia	72
Figura 48. Diagramas de Stiff de los pozos de la zona de Haría. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM	72
Figura 49. Diagramas de balance iónico de los pozos de la zona de Haría. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM	73
Figura 50. Diagrama de Piper. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM	74
Figura 51. Diagrama de Schoeller-Berkaloff de los puntos monitoreados. Fuente: Campaña de campo febrero 2017	75
Figura 52. Diagrama de Wilcox para los puntos monitoreados. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. 76	
Figura 53. Puntos muestreados en la zona del acuífero Mioceno de Los Ajaches. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM	77
Figura 54. Diagrama de Stiff del pozo muestreado en la zona de Los Ajaches. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM	77

■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 55. Diagrama de balance iónico del pozo muestreado en la zona de Los Ajaches. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM.....	78
Figura 56. Diagrama de Piper en el punto monitoreado del Mioceno de los Ajaches.....	78
Figura 57. Diagrama de Schoeller-Berkaloff de los puntos monitoreados. Fuente: Campaña de campo febrero 2017.....	79
Figura 58. Niveles de pendientes en el área de estudio. Fuente: INCLAM.....	82
Figura 59. Mapa piezométrico y captaciones de agua subterránea. Fuente: SPA-15 (1975).....	87
Figura 60. Esquema piezométrico de la isla de Lanzarote (Plan Hidrológico de Lanzarote, 1992). Fuente: MAGNA 2004.....	88
Figura 61. Localización del único punto de control de aguas subterráneas. Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote, 2001.....	89
Figura 62. División de las 48 cuencas que integran la superficie total de los acuíferos propuestos, y las 4 cuencas piloto seleccionadas.....	93
Figura 63. Esquema de funcionamiento y parámetros del Modelo de Témez. Fuente: Fco. Javier Sánchez Martínez.....	93
Figura 64. Localización de las cuencas piloto para la realización del balance hídrico. Plano de altitudes (arriba); Localización de las masas de agua propuestas (abajo).....	94
Figura 65. Caudales mensuales calculados en la cuenca del Barranco de la Poceta (C32). Zona Norte: Acuífero de Famara.....	95
Figura 66. Delimitación de formaciones acuíferas en base a criterios hidrogeológicos y geológicos. Fuente: elaboración propia.....	99
Figura 67. Mapa de isoyetas. Fuente: Elaboración propia a partir de la figura del PHIL (2001).....	100
Figura 68. Mapa piezométrico y captaciones de agua subterránea. Fuente: SPA-15 (1975).....	101
Figura 69. Esquema hidrogeológico del macizo basáltico de Famara (Lanzarote) (Modificado por Custodio, 1972).....	103
Figura 70. Presiones significativas según Anexo II de la DMA. Fuente: Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales.....	108
Figura 71. Áreas urbanas y redes de saneamiento urbano. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Plan Hidrológico de Lanzarote, 2001. INCLAM.....	113
Figura 72. Usos del suelo según Corine Land Cover (2006).....	115
Figura 73. Puntos de vertido. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Plan Hidrológico Insular de Lanzarote. INCLAM.....	117
Figura 74. Vertederos de residuos sólidos. Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída del Cabildo de Lanzarote.....	119
Figura 75. Localización de las 2 empresas IPCC registradas y en activo en la isla de Lanzarote.....	120
Figura 76. Ubicación de EDAS (Estaciones Desalinizadoras de Agua Salobre) y EDAM (Estaciones Desalinizadoras de Agua de Mar) de Lanzarote. Fuente: Plan Hidrológico de Lanzarote (2001).....	122
Figura 77. Ubicación de las principales EDAR en la isla de Lanzarote. Fuente: INALSA y Plan Hidrológico de Lanzarote (2001).....	124
Figura 78. Ubicación de escombreras de origen minero. Fuente: IGME.....	127
Figura 79. Espacios Naturales Protegidos cruzados con las Masas de Aguas Subterráneas definidas. Fuente: Elaboración propia. INCLAM.....	135
Figura 80. Distribución mensual del turismo en Canarias. Fuente: Gobierno de Canarias.....	138
Figura 81. . Evolución de la precipitación media mensual en las cuencas piloto para el periodo 1966-	

■ ÍNDICE DE FIGURAS

2000. Fuente INCLAM	139
Figura 82. Puntos de control propuestos. Fuente INCLAM.....	145
Figura 83. Tipo de presión según tipología.....	148

■ ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Redes de seguimiento del estado químico, designadas en cumplimiento del artículo 8 de la DMA – 2006. Fuente: http://www.mapama.gob.es/gl/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/estadoyevolma06.aspx	12
Tabla 2. Redes de seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas en cumplimiento del artículo 8 de la DMA – 2006. Fuente: http://www.mapama.gob.es/gl/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/estadoyevolma06.aspx	13
Tabla 3. Estado cualitativo de las aguas subterráneas, porcentaje respecto al total de masas muestreadas. Fuente: Informe sobre la aplicación de los Planes Hidrológicos de Cuenca de la DMA. Comisión Europea, 2014.....	16
Tabla 4. Contratos registrados por el Gobierno de Canarias en diciembre de 2015 en Lanzarote	29
Tabla 5. Correspondencia entre las columnas vulcano-estratigráficas de la isla de Lanzarote	32
Tabla 6. Listados de conjuntos geomorfológicos y unidades de paisaje homogéneas. Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrológica de Lanzarote, 2001	35
Tabla 7. Valoración de los recursos hídricos en Lanzarote y perspectivas de futuro (Santamarta, 2011) 38	
Tabla 8. Valores de permeabilidad y porosidad efectiva en la isla de Lanzarote. Fuente: SPA-15 (1975)84	
Tabla 9. Reservas de agua estimadas en 1975, en zonas con elevado nivel piezométrico. Expresados en volumen de agua en 106 m ³ , por encima de la cota señalada. Fuente: SPA-15 (1975).....	85
Tabla 10. Características hidráulicas de las galerías del Macizo de Famara. Fuente: SPA-15 (1975).....	86
Tabla 11. Parámetros hidráulicos de las galerías del Macizo de Famara. Fuente: SPA-15 (1975).....	86
Tabla 12. Datos de niveles piezométricos. Campaña de campo realizada durante este estudio junto con la llevada a cabo por el IGME (1972-1973).....	90
Tabla 13. Características físicas de las cuencas piloto para el balance hídrico, periodo 1966-2000.....	94
Tabla 14. Valores de los parámetros característicos de las cuencas de estudio para el modelo de Témez.....	95
Tabla 15. Resumen de los resultados del balance en las cuencas piloto para el periodo 1966-2000.....	95
Tabla 16. Resumen de los resultados obtenidos para la estimación de la recarga en los acuíferos propuestos y en la isla de Lanzarote	96
Tabla 17. Volumen estimado de la recarga media anual en los acuíferos delimitados en la isla de Lanzarote para el periodo 1966-2000.....	97
Tabla 18. Porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración en Famara. Fuente; elaboración propia.....	104
Tabla 19. Porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración en los Ajaches. Fuente; elaboración propia.....	105
Tabla 21. Tipos de presión sobre las aguas subterráneas	109
Tabla 22. Censo ganadero según tipo y municipio. Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Granja experimental del Cabildo de Lanzarote (datos 2015).....	110
Tabla 23. Kg de nitrógeno producidos por especie. Fuente: Valores adaptados del Decreto 136/2009...	111
Tabla 24. Relación entre la producción total de nitrógeno de origen ganadero y la superficie cultivada. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recopilados del Centro de Datos del Cabildo de Lanzarote.....	111
Tabla 25. Superficie cultivada según tipo y cultivo. Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Gobierno de Canarias. Centro de datos, Cabildo de Lanzarote (datos 2014)	112
Tabla 26. Presión por redes de drenaje y alcantarillado de las áreas urbanas. Fuente: elaboración	

■ ÍNDICE DE TABLAS

propia.....	114
Tabla 27. Relación de presiones difusas con Corine Land Cover (2006). Fuente: Extraído del Anexo G del Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales y subterráneas (Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, 2005)	115
Tabla 28. Zonas ocupadas por aeropuertos y zonas de extracción minera según Corine Land Cover (2006).....	116
Tabla 29. Instalaciones IPPC activas ubicadas en Lanzarote. Fuente: Registro Estatal de Entidades de Emisiones y Fuentes contaminantes. Datos 2015.....	120
Tabla 30. Producción en las EDAR de la isla de Lanzarote. Fuente: Cabildo de Lanzarote - Centro de datos (2015). Plan Hidrológico Insular de Lanzarote	123
Tabla 31. Estadística de aguas regeneradas y reutilizadas. Datos extraídos de la web Datos de Lanzarote correspondientes al año 2015.....	125
Tabla 32. Inventario explotaciones mineras en activo de Lanzarote. Fuente: Base de Datos mineros del IGME.....	125
Tabla 33. Inventario de escombreras de Lanzarote. Fuente: IGME	126
Tabla 34. Zonas de protección en la zona de influencia de las Masas de Agua Subterránea definidas. Fuente: Elaboración propia.....	136
Tabla 35. Propuesta de puntos de control. Fuente: Elaboración propia. INCLAM.....	144
Tabla 36. Porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración en Famara. Fuente; elaboración propia.....	147
Tabla 37. Porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración en los Ajaches. Fuente; elaboración propia.....	147

1. INTRODUCCIÓN

La *gestión sostenible* se define como “el uso de los recursos de la tierra, incluyendo suelos, agua, animales y plantas, para la producción de bienes para cubrir las necesidades humanas que cambian, mientras que simultáneamente se asegura el potencial productivo a largo plazo de estos recursos y el mantenimiento de funciones medioambientales” (Cumbre de la ONU para la Tierra, 1992).

A lo largo de los próximos años, y teniendo en cuenta el grado de incertidumbre de las estimaciones, la *crisis del agua* supondrá una gran amenaza y un gran reto a superar. La conexión existente entre el agua, los alimentos, la energía y el cambio climático, es una de las mayores preocupaciones globales ante el hecho de no poder satisfacer una demanda futura. La reducción significativa de la calidad y cantidad de agua dulce disponible afectaría tanto a la salud humana como a la actividad económica.

Las **islas volcánicas**, como es el caso del archipiélago Canario, y concretamente el caso de estudio, la **isla de Lanzarote y el islote de La Graciosa**, tienen una geología singular que condiciona enormemente la forma de aprovechar los recursos hídricos, que generalmente es más compleja que en los territorios continentales.

La *planificación hidrológica* es un requerimiento legal que se establece con los objetivos generales de conseguir **el buen estado y la adecuada protección de las masas de agua** (cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE – Directiva Marco del Agua) en las distintas Demarcaciones existentes, la satisfacción de las demandas de agua, y el equilibrio y armonización del desarrollo territorial y sectorial.

El *modelo conceptual del funcionamiento de las aguas subterráneas* representa la comprensión actual del sistema, basándose en la información de las características naturales y las presiones existentes sobre dicho sistema (TRPHL, art. 47).

La integración de un *programa de control* permite obtener los datos suficientes para la calibración y validación del modelo, así como la integración de las mejoras necesarias que conlleven a alcanzar un nivel apropiado de seguridad en la evaluación de los impactos causados por las presiones determinadas.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio consiste en actualizar el conocimiento de la hidrología subterránea de la isla de Lanzarote, considerando la complejidad litoestratigráfica de la isla y proponer un modelo conceptual de funcionamiento y explotación de los acuíferos que contemple la realidad actual.

Además de este objetivo general se propone como objetivos específicos la delimitación de los acuíferos existentes en la isla de Lanzarote y el islote de La Graciosa, la propuesta de masas de agua subterránea que se adecue a los requerimientos de las Directiva Marco del Agua y la Directiva de protección de las aguas subterráneas, y por último, un primer esbozo de un plan de seguimiento y control de las aguas subterráneas que contemple como mínimo la definición de una red de puntos de control.

3. ÁMBITO DE ESTUDIO

El Archipiélago Canario está formado por siete islas volcánicas levantadas al margen noroeste de África, en el que se han desarrollado procesos eruptivos desde hace más de 20 millones de años.

El estudio que se desarrolla en el presente documento se centra en el ámbito territorial de la isla de Lanzarote y el islote de La Graciosa.

Lanzarote es la más septentrional y oriental de las Islas Canarias, la cuarta más extensa, situada aproximadamente a 125 km de la costa africana, y 1.000 km del continente europeo. Pertenece a la provincia de Las Palmas, y su capital es Arrecife.

El islote de **La Graciosa** forma parte del Archipiélago Chinijo junto con los islotes de Montaña Clara, Roque del Este, Roque del Oeste y Alegranza. Está al noroeste de Lanzarote, isla de la que depende administrativamente y de la que la separa un brazo de mar conocido como El Río. Su capital es Caleta de Sebo.

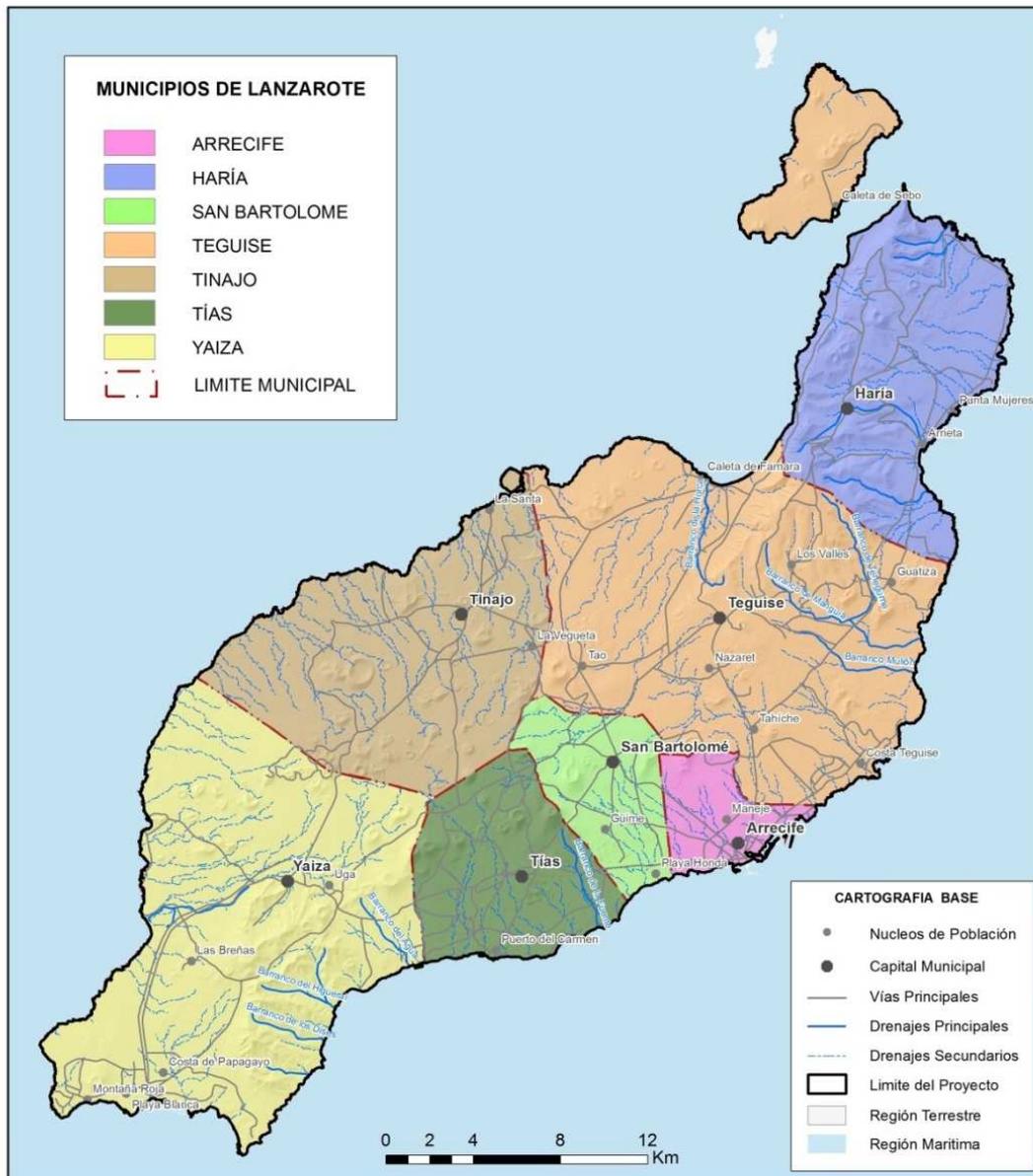


Figura 1. Ámbito de estudio

4. MARCO LEGAL

Una **gestión integral del agua** en el territorio ha de anuar múltiples aspectos que forman parte del ciclo hidrológico.

A continuación se enumeran las principales disposiciones legales aplicables en la materia abordable en el presente proyecto respecto a los recursos hídricos en las islas de Lanzarote y La Graciosa. En el Anexo I se adjunta la tabla de legislación aplicable al presente estudio.

- Decreto 367/1985. De 1 de octubre, por el que se establece provisionalmente la elaboración del Plan Hidrológico Regional de Canarias.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el **Reglamento del Dominio Público Hidráulico**, que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas y sus respectivas modificaciones. La última corresponde a la aprobada en el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre.
- Real Decreto 2618/1986, de 24 de diciembre, por el que se aprueban medidas referentes a acuíferos subterráneos al amparo del artículo 56 de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 650/1987, de 8 de mayo, por el que se definen los ámbitos territoriales de los Organismos de cuenca y de los planes hidrológicos.
- Ley 22/1988, de 28 de julio, de **Costas**.
- Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el **Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica**, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General para desarrollo y ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
- Ley 12/1990, de 26 de julio, de **Aguas de Canarias** modificada por la Ley 10/2010 de 25 de diciembre. La Ley 10/2010, de 27 de diciembre, delimita cada isla como demarcación hidrográfica independiente, es decir como unidad territorial de gestión integral de las aguas; siendo el Gobierno de Canarias la autoridad coordinadora competente de las demarcaciones hidrográficas en dicho ámbito.
- Decreto 63/1991, de 9 de abril, por el que se aprueba definitivamente el Plan Insular de Ordenación Territorial de Lanzarote.
- Decreto 174/1994, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Control de Vertidos para la Protección del Dominio Público Hidráulico (B.O.C. 104, de 24.8.1994).
- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Decreto 135/1997, de 11 de julio, por el que se aprueba el **Estatuto Orgánico del Consejo Insular de Aguas de Lanzarote**.
- Decreto legislativo 1/2000, de 8 de mayo, por el que se aprueba el **Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio y de Espacios Naturales de Canarias (TRLOTENC)**.
- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- Decreto 167/2001, de 30 de julio, por el que se aprueba el **Plan Hidrológico Insular de Lanzarote**.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el **Texto Refundido de la Ley de Aguas** (texto refundido de la Ley de Aguas).
- Ley 16/2002 de IPPC, modificada por Ley 5/2013, de junio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

- **Ley 62/2003**, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la Modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por la que se incorpora al derecho español la **Directiva 2000/60/CEE**, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, conocida como la Directiva Marco del Agua (**Directiva Marco del Agua -DMA**).
- Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados **planes y programas en el medioambiente**.
- Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE).
- Decreto 55/2006, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Procedimientos de los instrumentos de ordenación del sistema de planeamiento de Canarias.
- Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas.
- Decreto 30/2007, de 5 de febrero, por el que se aprueba la modificación del Reglamento de Procedimientos de los Instrumentos de ordenación del sistema de planeamiento de Canarias, aprobado por Decreto 55/2006, de 9 de mayo.
- Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del **Reglamento E-PRTR** y de las autorizaciones ambientales integradas.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica (**Reglamento de la Planificación Hidrológica**). Modificado por el Real Decreto 1161/2010, de 17 de septiembre. La última modificación corresponde a la aprobada en el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. Aprobado el Reglamento de desarrollo parcial mediante el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre.
- Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la **reutilización de las aguas depuradas**.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del **Patrimonio Natural y de la Biodiversidad**.
- Instrucción de la planificación hidrológica, Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica, y Orden ARM/1195/2011, de 11 de mayo por la que se modifica la anterior.
- Resolución del 28 de marzo de 2008, por la que se hace público el Acuerdo de la COTMAC de 22 de febrero de 2008, relativo a la aprobación del Documento de Referencia para elaborar el **Informe de Sostenibilidad** de los Planes Hidrológicos Insulares.
- Orden de 19 de mayo de 2009, por la que se modifica el Programa de Actuación previsto en la Orden de 27 de octubre de 2000, que establece el programa de Actuación a que se refiere el artículo 6 del Real Decreto 26111 996, de 16 de febrero, con el objetivo de prevenir y reducir la contaminación causada por los nitratos de orden agrario. Ley 10/2010.
- El **Real Decreto 1514/2009**, de 2 de octubre, por el que se regula la **protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro**, transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre

de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. **Real Decreto 1075/2015, modifica el anexo II del Real Decreto 1514/2009.**

- Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, traspone la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, relativa a la Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación.
- **Plan de Regadíos de Canarias (PRC).** Documento de planificación estratégica que ha de establecer los objetivos y directrices que habrán de orientar la actuación del Gobierno de Canarias en materia de regadíos durante los próximos años y, en concreto, para el período **2014-2020**, que es el espacio temporal para el que se formula este Plan.
De conformidad con lo dispuesto en la Orden de la Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad de 21 de noviembre de 2012, por la que se aprueba el Documento de Referencia para elaborar el **Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan de Regadíos** de Canarias, se pone a su disposición la siguiente dirección web en la que se puede consultar la versión preliminar del Plan de Regadíos de Canarias, así como el Informe de Sostenibilidad Ambiental.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de **Evaluación Ambiental.**
- Ley 8/2015, de 1 de abril, de Cabildos Insulares.
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de **seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales** y las normas de calidad ambiental.
- Texto Refundido del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote (Conforme art. 47 TRLOTENC). 2015
- **Decreto 362/2015**, de 16 de noviembre, por el que se dispone la suspensión de la vigencia del Plan Hidrológico Insular de Lanzarote, aprobado por el Decreto 167/2001, de 30 de julio, y se aprueban las **Normas Sustantivas Transitorias de Planificación Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote**, con la finalidad de cumplir la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

5. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES E INFORMACIÓN DE PARTIDA

La **Demarcación Hidrográfica de Lanzarote** comprende la isla de Lanzarote y el grupo de islas e islotes que reciben el nombre de Archipiélago Chinijo (La Graciosa, Alegranza, Montaña Clara, Roque del Este y Roque del Oeste), así como las aguas de transición y costeras asociadas a la misma.

El inventariado y revisión de los estudios antecedentes (ampliado en el Anexo 1-ANTECEDENTES. Estudios I) publicados en la isla se corresponde con:

1. Estudio Científico de los “Recursos de Agua en Canarias, SPA-69-515” (**Proyecto SPA-15, 1975**); y el documento titulado “El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15”
2. Informe de recopilación y síntesis sobre el Proyecto de Planificación de la Explotación y Uso Racional de los Recursos de Agua en las Islas Canarias. **Proyecto MAC-21** (1981)
3. **Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote** conforme al artículo 47 del TRLOTENC (Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias). Legislación aplicable
4. Las aguas subterráneas en la Planificación Hidrológica en las islas Canarias. Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Español (Las Palmas de Gran Canaria, 1997)
5. Memoria. Mapa Geológico de España. **MAGNA 2004**. Escala 1:25.000. De la Isla de Lanzarote. Hojas: 1079-1080-1081-1082-1084
6. **Ponencia Marco. La Cultura del Agua en la isla de Lanzarote. Siglos XVI-XX**
7. **Censo de Instalaciones Hidráulicas Subterráneas**. Consejo Insular de Aguas de Lanzarote (<http://www.aguazanzarote.com/Censo/#>)
8. Hidrología y Recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos. Métodos, Técnicas y Experiencias en las Islas Canarias. Juan Carlos Santamarta Cerezal *et al.* Junio 2013, 554 pp
9. Aspectos Hidrológicos, Ambientales, Económicos, Sociales y Éticos del consumo de reservas de agua subterránea en España: Minería del Agua Subterránea en España (**MASE**)
10. **Tesis** doctorales
11. **II Workshop** “Estudio, aprovechamiento y gestión del agua en terrenos e islas volcánicas” (2015)
12. Documentos iniciales. **Segundo Ciclo de Planificación 2015-2021**
13. **Proyectos y Estudios hidrogeológicos** para la realización de sondeos, captación y vertidos de estaciones depuradoras, desde diciembre de 2008 a junio de 2016 (Anexo 1- ANTECEDENTES. Estudios II)

A continuación se resume brevemente cada uno de estos antecedentes:

1. **Estudio Científico de los Recursos de Agua en Canarias, SPA-69-515 (Proyecto SPA-15, 1975); y el documento titulado El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15**

El Estudio Científico de los Recursos de Agua en Canarias, SPA-69-515, conocido como **Proyecto SPA-15**, elaborado por el antiguo Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo y la UNESCO, sentó las bases del conocimiento hidrológico superficial y subterráneo de Canarias. Realizó estudios de detalle de las captaciones existentes y del aprovechamiento del agua subterránea, además de las aguas superficiales, un conjunto de estudios locales, y el trabajo de perforaciones de reconocimiento y piezométricas, durante el período comprendido entre 1970 y finales de 1974.

Dicho trabajo permitió la elaboración de un **modelo conceptual general de los acuíferos insulares volcánicos**. Según este modelo, cada isla se comportaría como un acuífero único heterogéneo y anisótropo, pero con una definida estructura interna, en el que la mayor parte de la recarga se produce en las zonas altas y de medianías (Cabrera y Custodio, 2011).

Los grandes objetivos del Proyecto SPA-15 estaban dirigidos a conseguir una mejor planificación de la explotación, utilización y administración de los escasos recursos hidráulicos de las Islas Canarias. El estudio científico técnico comprendía (Jiménez, 2011):

- a) Evaluación de los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos disponibles y aún explotables (balance hídrico de las islas).
- b) Realización de estudios (reconocimiento) de los recursos hidráulicos de las cinco islas menores, con dedicación preferente a La Palma.
- c) Examen de los problemas científicos y económicos relacionados con la explotación de los recursos hidráulicos de las islas y los posibles medios para solucionarlos.

El balance hídrico resultó muy variable entre islas. Éste indicaba valores de escurrimiento entre el 3% y el 19%, recarga del 19% al 30% y evapotranspiración del 60% al 70% (Jiménez, 2011).

El trabajo realizado cubrió ampliamente los objetivos planteados. Del inventario de captaciones resultó que el Archipiélago contaba con 3.822 pozos productivos, con una producción total de 5,5 hm³/año, con caudales máximos de 130 l/s, y unas 1.500 galerías con una longitud perforada acumulada de 1.675 km, una producción total de 8,2 hm³/año y un caudal máximo de 187 l/s (Jiménez, 2011).

En el proyecto SPA-15 (1975) se contabilizaron alrededor de unos 6.000 aljibes en todas las islas, con una capacidad media situada en torno a los 30 m³ (Instituto Tecnológico de Canarias, 2003).

Los recursos superficiales de Canarias se evaluaron en 350 hm³/año, de los que se aprovechaban unos 40 hm³/año con unas 100 grandes presas. Los recursos hidráulicos subterráneos se valoraron en unos 600 hm³/año, de los que se explotaban unos 450 hm³/año, algo por encima de las posibilidades (ratificado en estudios posteriores), valorándose la explotación de reservas en unos 150 hm³/año.

El consumo medio equivalente era de unos 440 m³/hab/año, con máximos en la isla de La Palma de 1.347 m³/hab/año y mínimos de 26 m³/hab/año en Lanzarote (Jiménez, 2011).

El agua subterránea se extraía prácticamente de todas las formaciones, aunque los basaltos modernos y antiguos tenían mayor protagonismo; de ellos se extraía más del 60% del total del agua subterránea.

La recopilación y elaboración de datos en el estudio SPA-15 incluyó: la teledetección de las surgencias costeras por termografía infrarroja (costeras e internas, especialmente en Lanzarote); la modelación analógica para simular la hidráulica subterránea; los isótopos ambientales (2H, 3H Y 18O) para el estudio de las zonas de recarga y la edad de las aguas subterráneas (entre 30 y 50 años); las posibilidades de la interceptación de nieblas; los estudios sobre lluvia y condensación artificial (fueron abandonados) y el proceso de los datos hidroquímicos (especialmente del cloruro), base del estudio de las interrelaciones químicas entre los diversos tipos de rocas y aguas, y en la determinación de la intrusión marina.

Tras el Proyecto SPA-15 se pudo concluir, de forma generalizada para todo el Archipiélago Canario (Custodio, 2011):

- 1) A efectos de estudio y gestión existe un único sistema acuífero insular en materiales volcánicos anisótropos, heterogéneos en detalle, con unidades diferenciadas territorialmente

- y con notables cambios verticales y laterales, que están en relación con las estructuras genéticas y evolutivas de cada una de las islas, pero interrelacionados.
- 2) En estudio se elaboraron mapas de isopiezas.
 - 3) Es posible describir y cuantificar a escala general el flujo y transporte de soluto por medio volcánico, por tanto es posible hacer una modelización numérica a nivel general.
 - 4) Las islas volcánicas se pueden describir hidrogeológicamente como un núcleo de baja permeabilidad, con diversa elevación, y un conjunto de formaciones menos alteradas que lo recubren y bordean, por donde fluye buena parte del agua subterránea.
 - 5) Existe una relación roca-agua que explica la composición química del agua (mineralización).
 - 6) La caracterización hidrogeológica se puede realizar aplicando técnicas isotrópicas ambientales.
 - 7) La recarga puede ser una fracción importante de la precipitación en las áreas lluviosas y no se anula en las áreas áridas si hay materiales volcánicos recientes con suelo poco desarrollado. En áreas de baja precipitación, tanto más cuanto más próximas al litoral, la recarga natural es salobre y muestra signos de evaporación con fraccionamiento isotópico, diferenciándose de la mezcla con aguas de intrusión marina.
 - 8) La generación de escorrentía superficial es analizable por métodos de balance del agua.
 - 9) La explotación del agua subterránea conlleva descensos de niveles, especialmente en zonas altas. Esto se ha producido sin que la explotación supere la recarga (Custodio, 2002), y es muy característico de la explotación del agua subterránea en el interior insular.
 - 10) Carencia de redes de control de aguas subterráneas, tanto en la medida de la calidad como en cantidad.

El SPA-15 puso de manifiesto los límites de los recursos naturales y la necesidad de nuevas estrategias. Hoy en día continúa siendo una referencia de conocimiento -en hidrodinámica, hidroquímica, hidrología aplicada y técnicas de extracción del agua subterránea- puesto que aún en la actualidad escasean las aportaciones de nuevas elaboraciones, reconocimientos e inversiones con visión amplia, a excepción de avances conceptuales, y de estudios y tesis universitarias (de ámbito restringido) en la región Canaria (Custodio, 2011).

En el caso de la isla de Lanzarote, el SPA-15 determinó dos **únicos acuíferos** existentes por encima del nivel del mar, y se encuentran en **Famara y Femés**, aunque únicamente es explotable el primero mencionado. Probablemente se podría incluir el centro de la isla, haciendo referencia a los enclaves de Tías, Mozaga, Tinajo y Macher como puntos recomendables para investigación de agua subterránea.

El número de pozos inventariados en Lanzarote era de unos 120, en general de bajo rendimiento y alta salinidad. La zona más densa de pozos se localizaba en el Valle de Haría, donde se contabilizaron al menos 102 pozos.

En referencia a las galerías, las únicas existentes en Lanzarote están en el macizo de Famara. Habría 7 galerías, de las que sólo 4 serían importantes en longitud (superior a 7 km), y cuya explotación se hacía cargo el Consorcio de Aguas de Lanzarote (actualmente fuera de uso).

Las galerías de Famara están situadas en el Risco de Famara, sobre basaltos de la serie I. Según el SPA-15 (año 1972), la extracción ascendía aproximadamente a 10,5 l/s o unos 907 m³/día, procedentes principalmente de aguas subterráneas. La explotación total de estas aguas se cifró en 364.000 m³/año.

Las fuentes se concentran en Famara y en la zona central de La Geria. El caudal estimado en 1975 en 21 m³/día.

2. Informe de recopilación y síntesis sobre el Proyecto de Planificación de la Explotación y Uso Racional de los Recursos de Agua en las Islas Canarias. Proyecto MAC-21. Comisión Interministerial Coordinadora de las Actuaciones de Estado en Materia de Agua en las Islas Canarias

El objetivo del informe Proyecto MAC-21 fue proporcionar una herramienta de trabajo indispensable para la Planificación Hidráulica.

En dicho proyecto se realizó la síntesis de la **situación de los recursos hidráulicos en las islas** (más exhaustivamente para Tenerife y Gran Canaria) en el periodo de finales de los años 70 a inicios de los años 80, con año horizonte fijado en 1995, y tomando de base los datos procedentes del Proyecto SPA-15:

- a) La explotación, distribución y uso óptimos de los recursos hidráulicos disponibles (superficiales, subterráneos y "no convencionales" –externos al ciclo hidrológico natural, como la desalación y reutilización).
- b) El establecimiento de prioridades y programas de actuación que ayuden a equilibrar la oferta y la demanda, satisfaciendo fines socio-económicos como son el mantenimiento o mejora del nivel de empleo, y la elevación de la producción y la renta per cápita.

Tras el Proyecto MAC-21 se estableció un inventario de medidas para la reestructuración de la actividad agraria (Planificación Hidráulica y Planificación Agraria), basada en la reconversión de cultivos y en la sustitución de sistemas de riego para la reducción del consumo agrario de agua y el aumento de la eficacia económica del sector.

3. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote conforme al artículo 47 del TRLOTENC (Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias). Legislación aplicable

Hasta finales de los años 80 el enfoque hidrológico tradicional estaba centrado en la ampliación indefinida de la oferta de agua mediante el desarrollo de los sistemas de captación, producción, regulación, conducción y distribución, sin tener en cuenta, en muchos casos, los límites económicos o ecológicos.

La elaboración de los **Planes Hidrológicos Insulares** a finales de la década de 1980 y principios de 1990 dio lugar al desarrollo de gran número de estudios y trabajos por parte de la administración del agua en cada isla, exceptuando Lanzarote.

La planificación hidrológica es un requerimiento legal donde se establecen los objetivos generales para el buen estado y la adecuada protección de las masas de agua de la Demarcación, la satisfacción de las demandas de agua, y el equilibrio y armonización del desarrollo territorial y sectorial.

Según se desprende de la Directrices de Ordenación General (directriz 25) son objetivos del plan hidrológico la planificación de las intervenciones en materia de aguas, con el fin de promover "el ahorro del consumo, la preservación de la calidad de los recursos, el adecuado tratamiento y reutilización de las aguas residuales, el correcto vertido de los efluentes resultantes y la integración de los criterios ambientales en las actuaciones y planes que se llevan a cabo".

El concepto de recursos integrados de aguas frente a la escasez de recurso permite aprovechar mejor cada fuente y dar un mejor servicio, hacia el ahorro y el uso eficiente. La combinación de los recursos

que provienen del agua subterránea con las escasas aguas superficiales, la desalinización de aguas marinas y salobres -importantes en áreas costeras, pero con alto coste y problemática ambiental asociada ante la generación de la salmuera-, y la incorporación de los recursos provenientes de la reutilización, atenúan los posibles problemas de calidad y variabilidad.

A partir de los Planes Hidrológicos adquiere especial relevancia la eficiencia en la gestión integral y la planificación hidrológica de los recursos hídricos que contribuyen a la resolución de los posibles conflictos de intereses públicos y privados, así como las visiones generales y locales, competencias de la Administración del Agua y los Cabildos Insulares.

La **Ley 12/1990**, de 26 de julio, de Aguas, incluye entre las competencias del Gobierno de Canarias (art. 7), la coordinación de las Administraciones hidráulicas entre sí y con la Administración estatal, la coordinación de la planificación hidrológica con la ordenación territorial, económica, social y ambiental, y la asistencia técnica y la alta inspección de la actividad de los Consejos Insulares de Aguas. Se convirtió en la Norma por la que se rige la política hidráulica de la isla.

Mediante el **Decreto 63/1991**, de 9 de abril, por el que se aprueba definitivamente el Plan Insular de Ordenación Territorial de Lanzarote.

La aprobación de la **Directiva Marco del Agua** (Directiva 2000/60/CE) -DMA-, y su transposición a la normativa española mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social, cuyo artículo 129 modifica el Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la **Ley de Aguas**. En este documento se obliga a cada cuenca hidrográfica a elaborar su correspondiente Plan Hidrológico.

A su vez se modifica el enfoque del agua como recurso simplemente instrumental de la economía hacia estrategias de preservación y recuperación de los recursos hídricos en el centro de las políticas hidráulicas, incluyendo la participación pública.

El artículo 5 de la DMA dispone que los Estados miembros de la Unión Europea deben efectuar, en cada demarcación hidrográfica, un **análisis de las características** de la misma y una **evaluación de las repercusiones** de la actividad humana en el estado de las aguas superficiales y subterráneas, cuyo objetivo es identificar el riesgo de que una masa de agua no alcance los objetivos medioambientales previstos en el artículo de la DMA. Para ello se han realizado los **informes IMPRESS**, de identificación de las presiones (en calidad y cantidad) y el análisis del impacto en las aguas superficiales y subterráneas (desarrollado en el apartado 11 y 12 de este documento).

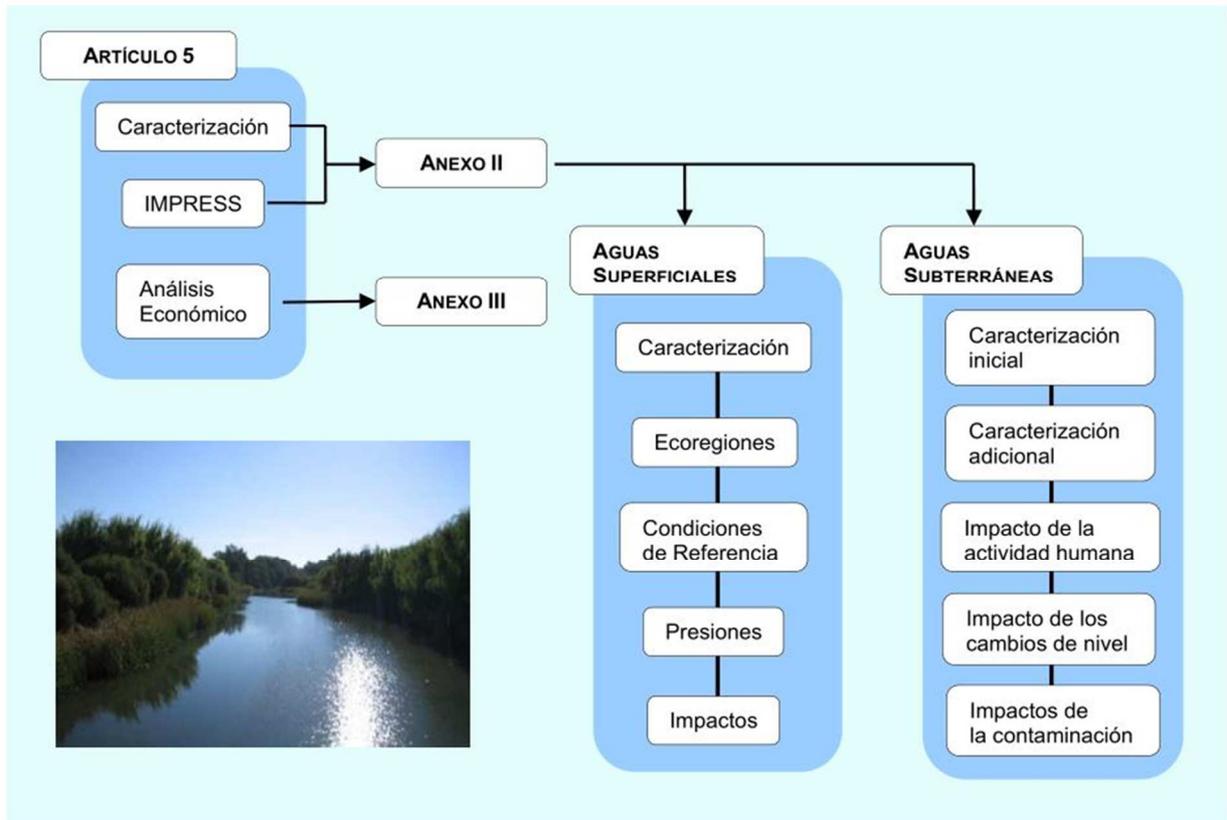


Figura 2. Esquema de las obligaciones del artículo 5 de la DMA. Fuente: Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en las aguas superficiales, Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente

Según el artículo 8 de la DMA, se deben establecer programas de seguimiento del estado de las aguas con el objetivo de obtener una visión general coherente y completa del estado de las aguas en cada demarcación hidrográfica.

Demarcaciones Hidrográficas	Nº de estaciones	Control de Vigilancia	Control Operativo	Control de Zonas protegidas	Superficie de masas de agua (km²)	Densidad (n/100 km²)
MIÑO-LIMIA	15	15	0	0	17.605	0,09
NORTE	78	78	0	28	17.273	0,45
DUERO	434	343	84	0	76.503	0,57
TAJO	126	126	6	40	22.311	0,56
GUADIANA	120	120	25	55	22.113	0,54
GUADALQUIVIR	171	133	62	64	34.754	0,49
SEGURA	145	119	4	26	15.025	0,97
JÚCAR	219	219	62	113	40.573	0,54
EBRO	616	616	188	147	54.858	1,12
C.M. ANDALUZA	49	49	30	36	10.254	0,48
C.A. ANDALUZA	15	15	7	0	4.974	0,30
C.I. CATALUÑA	904	500	705	0	9.551	9,47
GALICIA	41	41	0	0	13.133	0,31
C.I. PAÍS VASCO	17	15	4	10	2.268	0,75
BALEARES	113	113	67	63	4.196	2,69
CANARIAS	204	135	66	0	7.437	2,74
TOTAL	3.267	2.637	1.310	582	352.827	0,93

Tabla 1. Redes de seguimiento del estado químico, designadas en cumplimiento del artículo 8 de la DMA – 2006. Fuente: <http://www.mapama.gob.es/gl/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/estadoyevolma06.aspx>

Demarcaciones Hidrográficas	Nº de estaciones	Estaciones con seguimiento por el MMA		Superficie de masas de agua (km²)	Densidad estaciones (n/100 km²)
		Existentes y nuevas, pendientes de incorporar	En ejecución o en Proyecto		
MIÑO-LIMIA	17	8	9	17.605	0,10
NORTE	103	50	53	17.273	0,69
DUERO	381	231	150	76.503	0,50
TAJO	208	116	92	22.311	0,93
GUADIANA	284	150	134	22.113	1,28
GUADALQUIVIR	266	135	131	34.754	0,77
SEGURA	144	41	-	15.025	0,96
JÚCAR	283	150	-	40.573	0,70
EBRO	260	208	-	54.858	0,47
C.M. ANDALUZA	54	54	-	10.254	0,53
C.A. ANDALUZA	12	12	-	4.974	0,24
C. I. CATALUÑA	520	8	-	9.551	5,44
GALICIA	41	-	-	13.133	0,31
C. I. PAÍS VASCO	14	-	-	2.268	0,62
BALEARES	121	4	-	4.196	2,88
CANARIAS	149	-	-	7.437	2,00
TOTAL	2.857	1.167	569	352.827	0,81

Tabla 2. Redes de seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas en cumplimiento del artículo 8 de la DMA – 2006. Fuente: <http://www.mapama.gob.es/gl/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/estadoyevolma06.aspx>

El Plan Hidrológico Insular de Lanzarote se aprobó a través del Decreto 167/2001, de 30 de julio, en desarrollo de la Ley territorial 12/1990.

La Ley 12/1990 de Aguas de Canarias fue modificada a través de la **Ley 10/2010**, donde se establecieron las siete demarcaciones hidrográficas, designando al Gobierno de Canarias, a los efectos de la aplicación de la DMA, como órgano coordinador de las demarcaciones hidrográficas en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Canarias (art. 6-bis).

Según los datos del Plan Hidrológico de Lanzarote (2001), de los 155,7 hm³ que serían anualmente aportados por las precipitaciones, 150 hm³ (96,4%) se evaporarían, 4,1 hm³ (2,6%) se infiltran y 1,6 hm³ (1%) formarían parte de la escorrentía. Según esta información, la cifra de explotación de los recursos hidráulicos subterráneos probablemente no sobrepasaría los 200.000 m³/año, frente a los 364.000 m³/año estimados en el SPA-15, puesto que prácticamente todo el consumo de la isla depende de recursos no convencionales (agua desalada para el abastecimiento a las poblaciones, y reutilización de las aguas residuales destinadas al uso agrícola).

El **Real Decreto 1514/2009**, de 2 de octubre, por el que se regula la **protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro**, transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. El Real Decreto 1075/2015, modifica el anexo II del Real Decreto 1514/2009.

En noviembre de 2015 se aprobó el **Decreto 362/2015**, por el que se dispone la suspensión de la vigencia del Plan Hidrológico Insular de Lanzarote, aprobado por el Decreto 167/2001, de 30 de julio, y se aprueban las **Normas Sustantivas Transitorias de Planificación Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote**, con la finalidad de cumplir la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Se considera el año 2015 como el año horizonte del Plan, y se adopta el año 2027 como el año límite respecto a la gestión de los recursos y el dimensionamiento de las infraestructuras hidráulicas.

Según la información publicada en el Plan Hidrológico de Lanzarote, se definen **cuatro masas de agua superficiales costeras y una común** (ES70IOTIII) sobre las de Fuerteventura y Lanzarote (Anexo II.D.2 y 5).

Respecto a la identificación y delimitación de masas de agua subterránea, en Lanzarote se localiza **una única masa de agua subterránea**, tal y como recoge el Anexo II.D.4 del Plan Hidrológico, con un único punto de control (masa **ES70LZ001**, sondeo, *Tierra de La Virgen*, 176 m de profundidad, en la cota 194). Con carácter preliminar, el plan integra la delimitación de **una masa de agua costera (ES70LZAMM) muy modificada** (Anexo II.D.3).

Según el Plan Hidrológico de la isla se establecen los criterios de prioridad y compatibilidad de usos con el siguiente orden, teniendo en cuenta las exigencias de calidad requerida en cada caso, y los usos en época de escasez (sequía):

- a) Abastecimiento de la población residente y flotante, incluida la turística y las industrias de bajo consumo conectadas a las redes municipales
- b) Regadíos y otros usos agrarios
- c) Usos turísticos e industriales no incluidos en el apartado a)
- d) Usos recreativos
- e) Acuicultura
- f) Recarga artificial de acuíferos
- g) Navegación y transporte acuático
- h) Restantes aprovechamientos

En el cumplimiento de los objetivos ambientales relativos a las aguas subterráneas, se establece una reducción progresiva del uso de recursos subterráneos, minimizándolos y restringiéndolos a usos agrarios no intensivos.



Figura 3. Prelación de usos establecida por la Ley de Aguas de Canarias

Se establece la adscripción del agua procedente de los recursos superficiales al consumo agrícola, quedando exceptuados los pequeños aprovechamientos, donde las aguas superficiales pueden ser aprovechadas mediante concesiones de embalses, tomaderos o azudes de derivación y de instalaciones de recarga. Se permitirán, siempre condicionados a su idoneidad, los aprovechamientos de aguas superficiales de agua aprovechada por la presa de Mala, prevaleciendo el uso por comunidades de regantes y asociaciones agrícolas y ganaderas.

Como norma general, para los recursos subterráneos destinados al consumo agrícola, exceptuando pequeños aprovechamientos, se establece como extracción máxima admisible la correspondiente al veinticinco (25) por ciento de la infiltración calculada en la zona afectada.

En el caso de pequeños aprovechamientos (concesiones de 25 años, prorrogables únicamente otros 25 años), para autoconsumo, no debe excederse el volumen de quinientos (500) metros cúbicos. Dicho aprovechamiento requiere la comunicación al Consejo Insular de Aguas de Lanzarote y la declaración responsable del titular del aprovechamiento. Dichas captaciones son inscritas en el Registro Insular de Aguas.

Bajo estas condiciones se puede imponer la instalación de un contador aforador volumétrico, y el envío de información de datos de volumen extraído, datos del corte geológico y profundidad de la lámina de agua.

No son objeto de concesión las captaciones subterráneas que realicen un bombeo por debajo de la cota cero (0), ni para aquellas en las que el contenido del ión cloruro en el agua extraída supere los seiscientos (600) miligramos por litro.

Actualmente no existen redes de control sistematizadas y continuas en la isla de Lanzarote.

En el **Informe Anual de Indicadores: Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente – 2015**, publicado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en junio de 2016, se indica que se desconoce el 100% de la información para determinar el estado cuantitativo de la masa de agua subterránea identificada en la isla de Lanzarote.

Demarcación Hidrográfica	Total	Bueno (%)	Deficiente (%)	Desconocido (%)
Miño-Sil	6	100,0	0,0	0,0
Galicia Costa	18	100,0	0,0	0,0
Cantábrico Oriental	28	100,0	0,0	0,0
Cantábrico Oriental	20	100,0	0,0	0,0
Duero	64	92,2	7,8	0,0
Tajo	24	100,0	0,0	0,0
Guadiana	20	45,0	55,0	0,0
Guadalquivir	60	70,0	30,0	0,0
Cuenca Mediterránea Andaluza	67	52,2	47,8	0,0
Guadalete y Barbate	14	21,4	21,4	57,1
Tinto, Odiel y Piedras	4	75,0	0,0	25,0
Degura	63	34,9	65,1	0,0
Júcar	90	66,7	33,3	0,0
Ebro	105	99,0	1,0	0,0
Cuencas Internas de Cataluña	39	84,6	15,4	0,0
Islas Baleares	90	58,9	41,1	0,0
Gran Canaria	10	10,0	90,0	0,0
Fuerteventura	4	0,0	100,0	0,0
Lanzarote	1	0,0	0,0	100,0
Tenerife	4	0,0	100,0	0,0
La Palma	5	100,0	0,0	0,0
La Gomera	5	100,0	0,0	0,0
El Hierro	3	100,0	0,0	0,0
Ceuta	1	0,0	0,0	100,0
Melilla	3	0,0	100,0	0,0
Total	748	71,3	27,3	1,5

Tabla 3. Estado cualitativo de las aguas subterráneas, porcentaje respecto al total de masas muestreadas. Fuente: Informe sobre la aplicación de los Planes Hidrológicos de Cuenca de la DMA. Comisión Europea, 2014

El Consorcio de Aguas de Lanzarote es el encargado de la gestión, a nivel insular, de la desalación de agua para el abastecimiento urbano, turístico y de usos complementarios, industrial y agrícola.

Respecto a la depuración de aguas residuales y reutilización de las aguas regeneradas será competencia del Consorcio de Aguas de Lanzarote.

Para el control de los vertidos rigen los términos del Reglamento de Control de Vertidos aprobado por el Decreto 174/1994, de 29 de julio, del Gobierno de Canarias, en particular aquellas que puedan ocasionar perjuicios a las aguas superficiales o subterráneas, para las cuales se exige autorización administrativa del Consejo Insular de Aguas de Lanzarote.

4. Las aguas subterráneas en la Planificación Hidrológica en las islas Canarias. Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Español (Las Palmas de Gran Canaria, 1997)

En las diferentes islas del Archipiélago Canario las aguas subterráneas tienen un papel muy relevante que ha llevado a su captación y explotación de una forma singular y específica de cada isla.

La Ley de Aguas y los Planes Hidrológicos incorporan esas peculiaridades al tiempo que las integran con otras fuentes de agua de desarrollo más reciente. Así la gestión de los recursos de agua es especialmente compleja y delicada, fácilmente distorsionable y con repercusiones económicas y sociales de gran amplitud.

5. Memorias. Mapa Geológico de España. MAGNA 2004. Escala 1:25.000. De la Isla de Lanzarote. Hojas: 1079-1080-1081-1082-1084

La cartografía y memoria del Mapa Geológico Nacional (MAGNA), a escala 1:25.000, correspondiente a las hojas 1079 (Alegranza y Graciosa) -1080 (Caleta de Sebo, Haría y Soo) – 1081 (Yaiza y Tinajo) – 1082 (Guatiza, Arrecife y Teguisse) – 1084 (Femés), describe de los antecedentes geológicos, la estratigrafía (primer y segundo ciclo volcánico), tectónica, geomorfología, petrología, geoquímica, hidrología e hidrogeología, y geotecnia de las islas de Lanzarote y La Graciosa.

6. Ponencia Marco. La Cultura del Agua en la isla de Lanzarote. Siglos XVI-XX. Alejandro González Morales

El agua ha sido siempre un bien muy escaso en la isla de Lanzarote. La creación de infraestructuras, actualmente en desuso, como:

- **Fuentes:** Temisas-Chafarí; Macizo de Los Ajaches; Macizo de Famara-Guatifay (la de Gusa, Las Ovejas y Las Palomas); el jable de Mancha Vagal, entre la Caleta de Famara y el pueblo de Teguisse; y en la zona de Timanfaya
- **Pozos** (generalmente inferiores a 20 m de profundidad): zona de Haría, Llanos del Rubicón, Puerto Escondido, Arrieta y caleta de Famara, Afe y Femés. Muchos de los pozos hoy en día están secos o sus aguas son tan salobres que se han abandonado (González Morales, 2008)
- **Maretas:** Gran Mareta de Teguisse (inexistente ya), Porto Naos y Maretas del Estado en Arrecife
- **Maretejas**
- **Aljibes** en Haría
- **Galerías** (ascienden hasta 3 km, y 1.000-1.300 m de longitud), en su mayoría en la zona del Macizo de Famara-Guatifay, en la cabecera del valle de Temisas. Provenientes de un acuífero general y otra serie de acuíferos colgados. Agua que se transportaba mediante una canalización y sucesivos estanques o estaciones de bombeo hacia Arrecife. Las galerías de Chafarí son de fractura posterior e inferiores a las de Famara (actualmente abandonadas)
- **Presa:** Mala, en el término municipal de Haría (180.000 m³ de capacidad aunque nunca ha estado lleno, su máximo ha sido de 50.000 m³ en el año 1990). Se construyó con el objetivo de aprovechar las aguas en los llanos de Mala y Guatiza, aunque la presa no es capaz de retener agua
- **Gavias, nateros, traveseros e incluso buques-aljibe** (caso de La Graciosa), permitieron cultivar y mantener el ganado en este territorio.



Figura 4. Mapa de lugares de recogida de agua en Lanzarote. Siglo XVI al XVIII (González Morales, 2008)

A partir de los años sesenta se consigue introducir en el panorama isleño recursos nuevos no convencionales, primero la desalación (ósmosis inversa) y más tarde la depuración de aguas (reutilización de las aguas depuradas).

7. Censo de Instalaciones Hidráulicas Subterráneas. Consejo Insular de Aguas de Lanzarote (<http://www.aguaslanzarote.com/Censo/#>)

Actualmente el Consejo Insular de Aguas de Lanzarote está trabajando para ampliar y mejorar el Censo de Instalaciones Hidráulicas Subterráneas, cuya última actualización publicada y accesible es de junio de 2011.



Figura 5. Imagen del visor del Censo de Instalaciones Hidráulicas Subterráneas en la isla de Lanzarote (<http://www.aguasslanzarote.com/Censo/#>)

Cada una de las instalaciones registradas en el censo tiene asociada una ficha informativa con la localización geográfica, código, tipología, fotografías, clasificación provisional y seguridad.

8. Hidrología y Recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos. Métodos, Técnicas y Experiencias en las Islas Canarias. Juan Carlos Santamarta Cerezal et al. Junio 2013, 554 pp

La disponibilidad de agua es el factor clave para comprender los paisajes de la región canaria. Los estudios sedimentológicos en Lanzarote indican que la erosión comenzó a intensificarse a partir de los inicios de la colonización, cuando la madera fue una materia prima esencial, y las masas arbóreas sufrieron una progresiva reducción y la consecuencia de la merma de la cubierta vegetal fue la reducción de los recursos hídricos.

En la isla de Lanzarote se localizan obras de **aprovechamiento hídrico superficial** mediante estrategias de captación como *azudes*, *tomaderos* y arquitecturas de almacenamiento domésticas como *aljibes* o *estanques*, *albercones* y *maretas*. Otras formas de aprovechamiento de las escorrentías asociados a diversos tipos de agrosistemas e hidrocultivos son los *enarenados*, *gavias*, *nateros*, *berreras*, *bancales*, etc. Todas ellas son obras recolectoras de agua, la cual se perdería por las laderas de no existir, además con ello, consiguen proteger el terreno frente a la erosión, creando un paisaje singular.



Figura 6. Imágenes de los aljibes y maretas en la isla de Lanzarote. Fuente: <https://desarrollorurallanzarote.wordpress.com/>;
<http://entreveredasyvolcanes.blogspot.com.es/>

Los **recursos hídricos subterráneos** también han sido aprovechados por unas obras singulares y de elevada eficiencia y durabilidad (*pozos púnicos* en Rubicón, Lanzarote, Patrimonio Hidráulico). Los pozos, las minas de agua y las galerías (ejemplo: Chafariz-Haría), constituyen lo que se podría denominar como minería de agua dulce.



Figura 7. De izquierda a derecha: Imágenes de los pozos púnicos (primeros pobladores) en Rubicón, Lanzarote. Fuente: <http://amarocn.blogspot.com.es/>; Galería en Chafariz-Haría. Fuente: <http://mirinconcitodelatlantico.blogspot.com.es/2012/10/lacultura-del-agua-en-lanzarote.html>

9. Aspectos Hidrológicos, Ambientales, Económicos, Sociales y Éticos del consumo de reservas de agua subterránea en España: Minería del Agua Subterránea en España (MASE)

En el Proyecto MASE, Minería del Agua Subterránea en España, se analizan los aspectos hidrológicos-hidrogeológicos (en cantidad y calidad, actual y potencial), económicos, de gestión, sociales y éticos de la explotación intensiva de aguas subterráneas con consumo importante de reservas, cuando su recuperación requiera algunas generaciones humanas (Custodio, 2015).

Las áreas de estudio en las cuales se ha desarrollado el Proyecto MASE son el Levante español y Canarias (Gran Canaria y Tenerife). En el caso de las Islas Canarias, la explotación intensiva de los acuíferos mediante pozos (en Gran Canaria) y galerías (en Tenerife), ha producido descensos importantes de los niveles freáticos aunque la extracción sea menor a la recarga. La diferencia la constituye la descarga al mar, importante en el caso de la isla de Tenerife.

No son objeto del Proyecto MASE, los aspectos relacionados con la salinización y contaminación. Tampoco da respuestas definitivas ni propone acciones concretas, puesto que serían necesarios trabajos complementarios a dicho proyecto.

10. Tesis doctorales

Gran parte de la investigación ha sido desarrollada por la administración hidráulica, primeramente por el Servicio Geológico de Obras Públicas –SGOP–, después por la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias, y finalmente por los Consejos Insulares de Aguas.

La dispersión de los trabajos realizados ha dado lugar a un conocimiento desigual de la hidrogeología de las islas, puesto que a lo largo de los últimos cuarenta años el desarrollo de tesis doctorales con contenido hidrogeológico en Canarias, se ha desarrollado principalmente en el marco territorial de Gran Canaria, La Palma, La Gomera, Fuerteventura y Tenerife.

Para la zona objeto de estudio –la isla de Lanzarote y el islote de La Graciosa– no se han localizado tesis doctorales específicas en materia de hidrogeología de los acuíferos volcánicos locales.

En el año 2015 se presentó la tesis doctoral “Aprovechamiento de los recursos volcánicos: Mediterráneo central (Italiza Peninsular), Mediterráneo occidental (Campo de Calatrava) y entorno atlántico (Islas Canarias: Tenerife, Lanzarote y La Palma) (Escobar, 2015). Dicho estudio se centra en la historia geológica de la isla de Lanzarote, y los aprovechamientos antrópicos de los materiales y formaciones geológicas –atractivo turístico– características de la isla.

11. II Workshop “Estudio, aprovechamiento y gestión del agua en terrenos e islas volcánicas” (2015)

Para la buena gobernanza del agua, y en particular del agua subterránea, se requiere de los conocimientos suficientes de las mismas, así como de la **incertidumbre asociada**. Por ello, los diferentes estudios realizados sobre evaluaciones de las aguas subterráneas dan lugar a resultados diferentes (Custodio et al., 2015).

La **modelización matemática del flujo en el acuífero** es una poderosa herramienta para encuadrar los valores del balance de agua con los datos hidrométricos. Se busca su afino por calibración y validación, y por lo tanto, reduciendo así la incertidumbre de la evaluación de los recursos de agua subterránea en condiciones de explotación y su evolución con posibilidad de hacer estimaciones futuras en escenarios no lejanos que no se alejen de las situaciones históricas utilizadas.

En Canarias, y concretamente en la isla de Lanzarote, existen serias limitaciones para llevar a cabo una modelización matemática puesto que **no se dispone de registros continuos largos y frecuentes de los niveles freáticos**, y estos suelen ser profundos, con lo que la respuesta a la recarga se retrasa y se amortigua mucho, además de las perturbaciones que se producen debido a las explotaciones de dichos recursos.

Desde el punto de vista de la gestión del agua en Canarias, la producción industrial de agua y la reutilización está tomando una importancia cada vez mayor en la dotación de recursos hídricos a la población (Santamarta et al., 2015).

12. Documentos iniciales. Segundo Ciclo de Planificación 2015-2021

El **Plan Hidrológico 2009-2015 de Lanzarote (primer ciclo de planificación)**, se tramita como Plan Territorial Especial, conforme a la Directriz 26 de las Directrices de Ordenación General (Ley 19/2003) antes de su modificación por la Ley 9/2014, recogiendo las determinaciones fijadas en los documentos superiores de ordenación territorial, en coherencia con los Planes Territoriales sectoriales convergentes y la Evaluación Ambiental Estratégica. Se trata de un Plan de síntesis que integra los enfoques sectorial, territorial y ambiental.

El Consejo Insular de Aguas de Lanzarote, habiendo aprobado la Consejería de Política Territorial, Sostenibilidad y Seguridad del Gobierno de Canarias las **normas sustantivas transitorias de planificación hidrológica de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote** para dar cumplimiento a lo dispuesto en la DMA sobre los plazos previstos para la adopción de las medidas previstas en la DMA.

El **Esquema Provisional de Temas Importantes (EPTI) de la Demarcación** recoge la identificación, definición y valoración de los principales problemas actuales y previsibles de la demarcación relacionados con el agua, e impiden el logro de los objetivos de la planificación hidrológica.

El plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa, comúnmente denominado *Blueprint*, reflexiona sobre la actuación de las aguas en la Unión Europea doce años después de la implantación de la DMA.

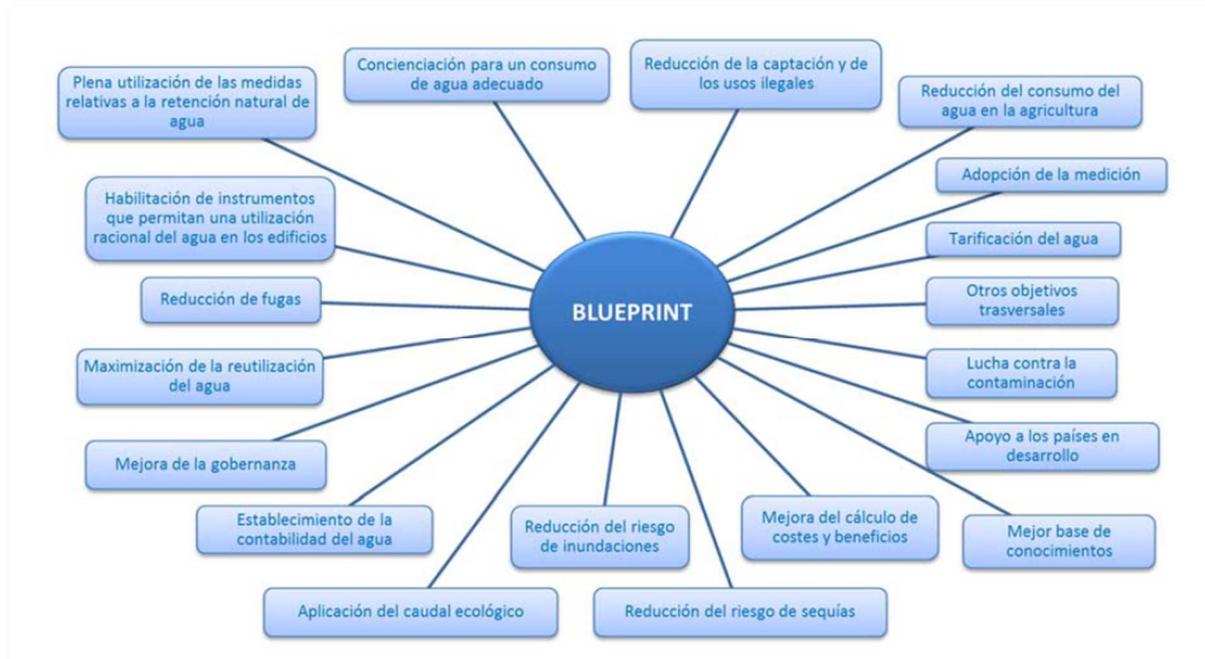


Figura 8. Objetivos y medidas propuestas específicamente en el *Blueprint*. Fuente: Esquema Provisional de Temas Importantes – EPTI- del segundo ciclo de planificación 2015-2021

A través del Programa de Trabajo 2013-2015 de la CIS (*Common Implementation Strategy*) se han creado grupos de trabajo relativos a diversas temáticas: estado ecológico, estado químico, aguas subterráneas, caudales ecológicos, programas de medidas, agricultura, etc.

Entre los objetivos de cumplimiento se establece:

- Fomentar un uso eficiente y sostenible del agua
- **Control sobre la extracción y almacenamiento de agua**
- Protección, mejora y regeneración de la morfología, hábitats o especies vinculados al agua
- Tratamiento y control sobre las aguas residuales y otras actividades con incidencia en el estado de las aguas
- Aplicación del principio de recuperación de los costes del agua
- Adecuada atención de las demandas y su mantenimiento sostenible
- Seguridad frente a fenómenos extremos. Eliminación o reducción de puntos de riesgo de avenidas o inundaciones
- Conocimiento y gobernanza en la gestión de los recursos hídricos

Respecto a las **extracciones de masas de agua subterráneas**, el volumen anual extraído de aguas subterráneas, según el Plan Hidrológico (primer ciclo 2009-2015) se estima en aproximadamente **0,2 hm³/año**. Mientras que el volumen estimado para la infiltración a las masas de agua subterráneas es de 3,47 hm³/año.

El **índice de extracción** fue de un 10,5% considerando la máxima extracción señalada por el Plan para los años 70, y disminuyendo a **5,8% tras la estimación del Plan actual**.

Se confirma el avance en el estado de las redes de distribución de agua, la minimización de las pérdidas en la red, mejora de los sistemas de saneamiento de aguas, explotación de recursos hídricos y satisfacción de demandas en determinados sistemas.

Cabe destacar la problemática existente en la producción industrial de agua para autoconsumo (es decir, la construcción y explotación de desalinizadoras por iniciativas privadas), así como la correcta delimitación de las distintas masas de agua, con especial atención a las aguas subterráneas y de intrusión marina; y a la delimitación de cauces de dominio público hidráulico.

Respecto a las recargas artificiales, el Plan 2009-2015 no contempla las acciones asociadas a sistemas de cultivo en gavías (recolección de aguas de escorrentía y su concentración en el terreno de cultivo).

Según la información publicada y disponible, en la isla de Lanzarote no existirían zonas afectadas por la contaminación por nitratos, ni zonas sobreexplotadas.

Según los datos aportados en las fichas de temas importantes en el EPTI, se concluye que existe una **carencia de información disponible (ausencia de estudios)**, en la isla de Lanzarote, en materias relativas a la captación y aprovechamiento de las aguas subterráneas y superficiales, principalmente en relación a la captación y aprovechamiento de las primeras.

13. Proyectos y Estudios hidrogeológicos para la realización de sondeos, captaciones y vertidos de estaciones depuradoras, desde diciembre de 2008 a octubre de 2016 (Anexo 1-ANTECEDENTES. Estudios II)

A partir de la recopilación y revisión de 43 proyectos y estudios, facilitados por el Consejo Insular de Aguas de Lanzarote, relativos a captaciones, aprovechamientos y vertidos realizados en la isla de Lanzarote, desde diciembre de 2008 a junio de 2016, se puede extraer la siguiente información:

- 20 estudios relativos a la hidrogeología del entorno de las estaciones de depuración de aguas residuales –**EDARs**- municipales y de diversas empresas (bodegas) y urbanizaciones privadas
- 2 proyectos de investigación para la **captación de agua salada**
- 8 proyectos de investigación de **aprovechamientos geotérmicos**
- 4 **sondeos de investigación**
- 7 proyectos de investigación de las repercusiones de un **emisario, puntos de vertido y fosas sépticas**
- 2 estudios diversos de **emplazamientos turísticos**

Son proyectos y estudios planteados en la isla de Lanzarote que hacen referencia sondeos (15 a 50 m de profundidad) en las plantas depuradoras, públicas o privadas, o a instalaciones turísticas (principalmente hoteles o complejos de apartamentos) para realizar la captación y/o vertido de las aguas. Todos ellos representados en el plano 4.2 del Anexo 6.

En algunos de estos proyectos, localizados en Puerto Calero o en la costa de Tegüise, existen indicios de intrusiones de agua de procedencia marina hasta el subsuelo, ya que la geología es propensa a permitir dicha intrusión. La cota a la que se encuentra es a 15 m o 25 m sobre el nivel del mar, y la distancia a la orilla es desde unos 350 a 1.000 m, Por lo tanto, se estima que podría existir agua salada desde los 18 a 40 m de profundidad. Únicamente se conoce la presencia de un nivel freático relacionado con la intrusión marina que penetra en el subsuelo volcánico de la isla y que es más importante cuanto más se aproxima a la costa.

En el estudio de la estación EDAR de Bodegas Antonio Suárez Diama-Laura, S.L. (La Geria) se concluye que según los datos de sondeos cercanos a la localización de la estación, con más de 100 m de

profundidad, en otros puntos del Paraje de La Geria, se podría afirmar la ausencia de acuíferos subterráneos en la zona.

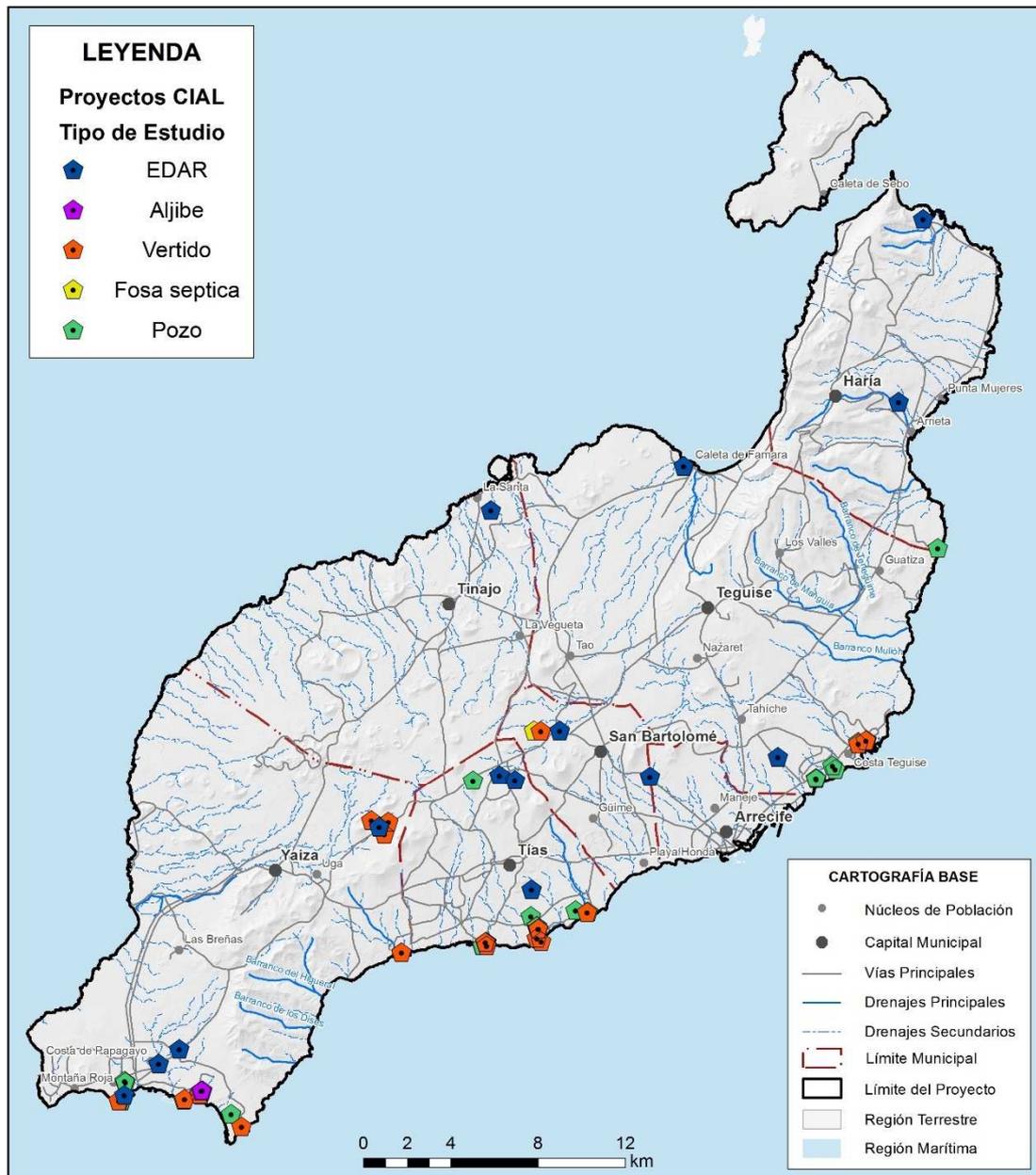


Figura 9. Localización de los estudios y proyectos hidrogeológicos desarrollados en el ámbito de la isla de Lanzarote desde diciembre de 2008 a octubre de 2016. Elaboración propia. Fuente: CIAL

6. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

En la isla de Lanzarote, la utilización del agua de mar y su transformación en agua potable ha posibilitado en los últimos 50 años el asentamiento poblacional y el desarrollo de las áreas geográficas más áridas, además de haber convertido a las Islas Canarias en referente mundial en tecnologías de desalinización, con una de las mayores densidades de población a escala internacional (Sadhwani y Veza, 2008).

En 1993, Lanzarote fue declarado **Reserva de la Biosfera** por la UNESCO, fomentando con ello el desarrollo económico y humano sostenible desde los puntos de vista sociocultural y ecológico. La limitación de los recursos naturales y la insustentabilidad hidrológica y económica de las explotaciones intensivas hicieron necesario la incorporación de nuevos recursos mediante la desalinización de aguas marinas y la desalobración de las aguas salobres subterráneas.

Tanto la desalinización como la desalobración, suponen altos consumos energéticos adicionales (ejemplo, bombeo en cotas altas) que conviene optimizar. Cabe destacar la elevada dependencia energética para la gestión del agua invertida en la isla. En ella se emplea el 27% de la energía que se consume en la isla en el ciclo del agua, y de este porcentaje el 75% se destina a desalar el agua de mar (Martel-Rodríguez y Peñate-Suárez, 2011). Así es primordial la implantación de los últimos avances en las tecnologías de desalación de agua de mar que disminuyen los consumos energéticos, y las hacen cada vez más competitivas.

A su vez, se ha de tomar en cuenta la incorporación de la **reutilización** del agua (Real Decreto 1620/2007, sobre reutilización de las aguas depuradas) para su uso en la agricultura, usos urbanos, turísticos y recreativos (por ejemplo, en los campos de golf), con el adecuado tratamiento y red de distribución, así como la reducción de la salinidad por ósmosis inversa, que suponen una nueva fuente de recurso. Incluso se ha planteado la captación de la lluvia horizontal como nueva fuente hídrica, pero no parece tener la suficiente significancia a nivel insular.

En noviembre de 2013 se elaboraron los *Planes de Acción para la Reserva de la Biosfera de Lanzarote*, y para los municipios de Lanzarote a partir del marco de referencia establecido en *La Estrategia Lanzarote 2020*, resultado de la herramienta europea *Sistema de Gestión Integrada para la Sostenibilidad – SIGS* implementada ya en la isla (<http://www.lanzarotebiosfera.org/>).

6.1. DESCRIPCIÓN SOCIOECONÓMICA

La rápida evolución económica y social tiene asociado el aumento poblacional, la mejora del nivel de vida y una agricultura con menor extensión de superficie regada, tecnificación del riego y de los equipamientos utilizados, así como cultivos en evolución adaptativa.

Una mayor tecnificación, en un contexto de ahorro asociado a la población residente, permite avances significativos no sólo en la reducción de demandas y consumos, sino para conseguir calidades aceptables y regulares del agua residual previa al tratamiento.

El binomio agua-energía no se centra únicamente en la obtención de cantidad de recurso para satisfacer las demandas de la población y de las actividades económicas. Se trata de gestionar los escasos recursos disponibles: económicos, energéticos, naturales y humanos, en pro de dar un servicio de calidad, tanto en garantía de suministro como en calidad del producto, recuperando todos los costes, incluidos los ambientales, y sin sobrepasar los límites económicos que la sociedad está dispuesta a asumir (Martel-Rodríguez y Peñate-Suárez, 2011). Como referencia de ello en la isla de

Lanzarote han aplicado la eco-ordenanza insular para la gestión de la demanda de agua en la edificación, establecida por el Cabildo de Lanzarote dentro del Programa LIFE LANZAROTE 2001-2004 (Reserva de la Biosfera).

6.1.1. Distribución y evolución de la población

La isla de Lanzarote ha experimentado dinámicas demográficas expansivas en los últimos años, sin que se pueda obviar la incidencia de la población de hecho (no empadronada pero residente) en los recuentos estadísticos. La densidad de población en la isla, en 2015, se ha incrementado en un 40% desde el año 1991 (Anexo 6, plano 1.3).

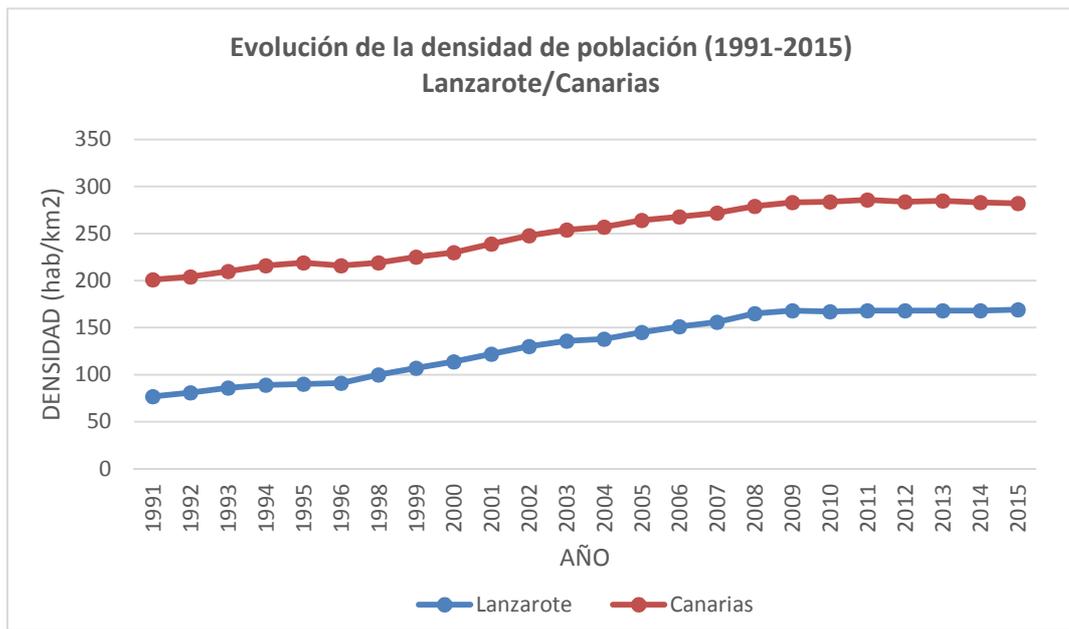


Figura 10. Evolución de la densidad de población. *Para el año 1997 no se dispone de dato. Fuente: Instituto Canario de Estadística, ISTAC

La población de derecho de Lanzarote en 2015, según el Centro de Datos del Cabildo de Lanzarote (<http://www.datosdelanzarote.com/>) y el Instituto Canario de Estadística (ISTAC), asciende a 143.209 habitantes. Supone aproximadamente el 7% de la población total del Archipiélago Canario (2.100.306 habitantes totales).

Lanzarote pertenece a la provincia de Las Palmas. Consta de siete municipios: Arrecife, Haría, San Bartolomé, Teguiise, Tías, Tinajo y Yaiza. Desde el punto de vista geográfico la mayor parte de la población se concentra en la capital de la isla, Arrecife, que absorbe el 40% del total (56.940 habitantes). Destacan también los municipios de Teguiise, Tías y San Bartolomé con el 15%, 14% y 13% de la población respectivamente.

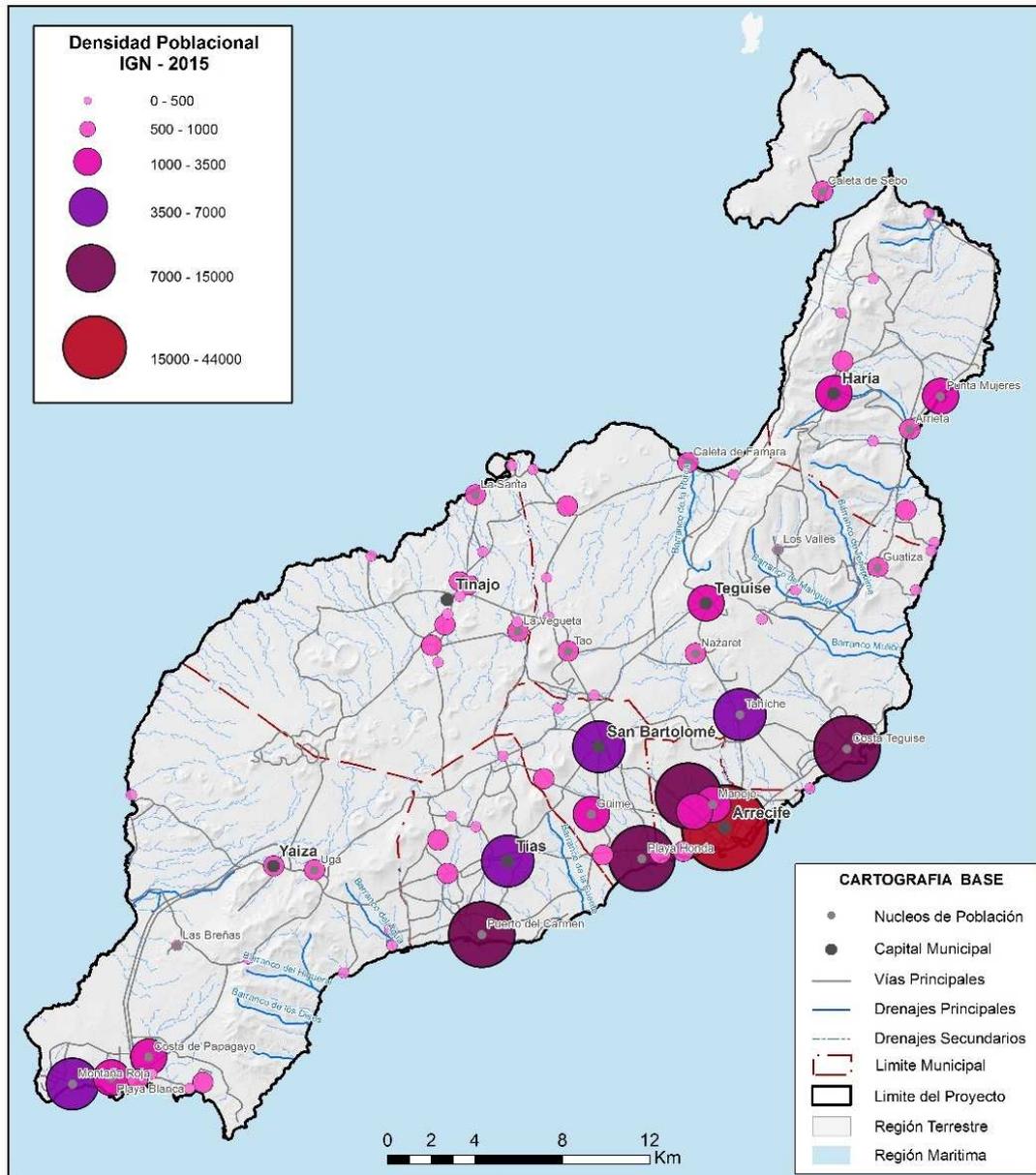


Figura 11. Densidad de población en Lanzarote y La Graciosa. Fuente: IGN, julio 2015

Al norte de la isla se encuentran los islotes e islas menores de Alegranza, La Graciosa, Montaña Clara, Roque del Este y Roque del Oeste, que forman el Archipiélago Chinijo, administrativamente dependiente de Lanzarote.

En la isla de La Graciosa, perteneciente al municipio de Teguise, se hallan los dos únicos pueblos: La Caleta del Sebo (capital insular) y Casas de Pedro Barba (deshabitado, residentes temporales). Su población actual es de 720 habitantes. Salvo los cascos urbanos de los dos núcleos, el resto de la isla pertenece al Patrimonio del Estado, estando su gestión adscrita al Organismo Autónomo Parques Nacionales.

6.1.2. Actividades económicas principales en la isla

La economía de Lanzarote muestra una evidente dependencia del sector turístico. Así, en diciembre de 2015 -y según el Observatorio de Empleo de Canarias (OBECAN)-, el 53% de los contratos en la isla corresponden a la hostelería, el 13% al comercio y el 27% al resto de servicios, empleos directamente relacionados con las actividades turísticas (en total un 93 %), sin duda motivado por la propia coyuntura económica.

AÑO	MES	SECTOR ECONÓMICO	TOTAL	%
2015	Diciembre	Agricultura	32	1
		Comercio	687	13
		Construcción	254	5
		Hostelería	2.789	53
		Industria	72	1
		Resto de servicios	1.383	27
TOTAL			5.217	100

Tabla 4. Contratos registrados por el Gobierno de Canarias en diciembre de 2015 en Lanzarote

La actividad agraria suponía una de las bases de la economía insular hasta hace cuarenta años. En la actualidad, y tras un proceso de progresiva pérdida de importancia debida a la transformación hacia un **modelo turístico**, el sector agrario en Lanzarote representa apenas un 1% del Producto Interior Bruto (PIB) insular.

El sector primario ha sido clave en la configuración territorial de la isla, en la conservación de los valores ecológicos, culturales, arqueológicos y en la comprensión de la estructura social tradicional de la población isleña.

Al igual que la agricultura, el sector industrial tiene una representación aproximada al 1% en cuanto a generación de empleos en Lanzarote, con una escasa representación, también, del PIB insular.

La economía insular en La Graciosa está basada en la **pescas** y el turismo.

La isla cuenta con el Aeropuerto de Lanzarote-Guacimeta, en el municipio de San Bartolomé; así como con los puertos marítimos: Puerto de los Mármoles, en el municipio de Arrecife, y el puerto de Playa Blanca, en el municipio de Yaiza.

La Graciosa únicamente es accesible desde el mar, aunque también posee un helipuerto situado cerca de la capital (Caleta del Sebo).

6.2. DESCRIPCIÓN BIOFÍSICA

La superficie de Lanzarote es de 862 km² (905 km², con los islotes del Archipiélago Chinijo: La Graciosa, Montaña Clara, Alegranza y los dos Roques, del Este y del Oeste), situándose entre las islas de dimensiones medias junto a La Palma. Se localiza entre los 29° 14' 05" y los 28° 40' 55" de latitud Norte (punta de Fariones y punta Papagayo respectivamente) con una longitud en este sentido de unos 60 km. Dista 125 kilómetros de la costa africana y 11 kilómetros de la isla de Fuerteventura.

Lanzarote es la menos montañosa de las Islas Canarias, aunque hay zonas con relieve abrupto, tanto en el norte (Macizo de Famara) como en el sur (Macizo de Femés). La cumbre más elevada de la isla está a una altura de 670 m (Las Peñas del Chache). Hay bastantes llanuras de escasa cota; una, alrededor de la capital, Arrecife, que se une con otra más grande en Soo, y una tercera denominada Los Llanos del Rubicón, situada en la parte meridional de la isla.

La isla de La Graciosa está al noroeste de Lanzarote, separada por un brazo de mar conocido como El Río. También se halla relativamente cerca de la costa continental africana. Posee unos 27 km² de extensión, y su pico más alto es el de Las Agujas (266 m).

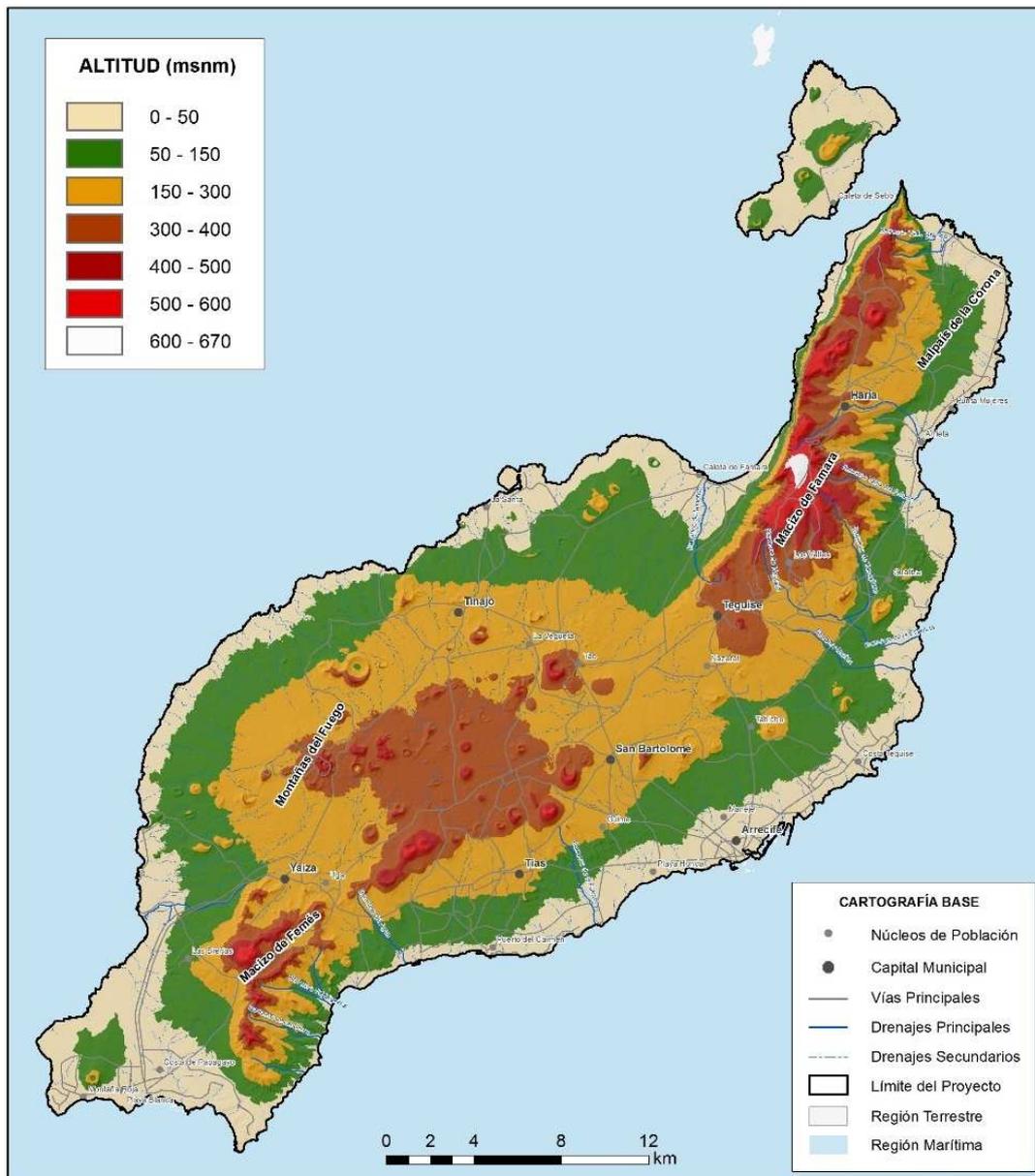


Figura 12. Relieve del ámbito de estudio

Las grandes erupciones volcánicas históricas han originado grandes extensiones de ásperos campos de lava, llamados "malpaíses", bastante llanos, pero prácticamente intransitables. Los más importantes son los de "Montañas de Fuego", de unos 200 km², y "La Corona", de unos 50 km².

Lanzarote es **Reserva de la Biosfera (UNESCO)** desde 1993. Además, la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos recoge en esta isla un total de 13 entornos naturales, que suponen más del 40% del territorio insular, entre los que destaca el Parque Nacional de Timanfaya.

La red de drenaje es incipiente o no existente, a excepción de la zona de los macizos de Famara y Femés. Se trata de barrancos de régimen temporal.

La vegetación natural es escasa, con especies características de áreas desérticas. Prácticamente no hay árboles, exceptuando las palmeras en los alrededores de Haría y las higueras de poca altura.

6.2.1. Geología y geomorfología

El origen y la evolución geológica de las Islas Canarias, y por extensión, de Lanzarote, se relaciona estrechamente con el proceso de apertura y expansión del Atlántico Sur y el margen noroccidental africano, sin que la construcción del archipiélago canario guarde relación ninguna con la evolución geológica de la Península Ibérica.

Desde el punto de vista geológico, el archipiélago se encuentra situado en la zona magnética tranquila del margen pasivo africano. Su substrato es oceánico y se formó al separarse África de América a lo largo de un sistema de rift (la actual dorsal medio atlántica). Es, por lo tanto, un buen ejemplo de vulcanismo oceánico intraplaca de tipo alcalino.

En Lanzarote, la geología y la geomorfología constituyen dos factores de diferenciación geográfica y paisajística, además de ser objeto de análisis fundamental para explicar la estructuración física y funcional del territorio y afrontar cualquier propuesta de ordenación; y un elemento de interés científico, cultural y turístico de primer orden desde el siglo XIX.

Se distinguen tres ciclos volcánicos diferentes:

- 1) El de los basaltos tabulares (entre 15 y 6 Millones de Años-Ma) visibles en los macizos de Famara al Norte y Los Ajaches al Sur;
- 2) Ciclos volcánico intermedio (entre 2-1 Ma) y
- 3) Ciclo reciente, que incluye las erupciones históricas

La isla está formada casi en su totalidad por rocas basálticas, emitidas desde el Mioceno -cuarta época geológica de la era Cenozoica, y primera época del periodo Neógeno-, hasta tiempos recientes -siglo XVIII.

El bosquejo geológico, complejo basal de Lanzarote, está constituido por materiales anteriores a la Serie I ("Basaltos Antiguos"), que forman el conjunto plutónico-subvolcánico que aflora en las coladas basálticas y productos piroclásticos.

Algunas de las manifestaciones volcánicas subaéreas más antiguas del Archipiélago Canario se han datado en las **plataformas basálticas** de Lanzarote. Así el modelado de la isla está dominado por el vulcanismo cuaternario que se manifiesta en el volcán de La Corona y en Timanfaya, ejemplos de las grandes erupciones del siglo XVIII.

Las Fases establecidas por los especialistas, en lo relativo a las diferentes etapas del vulcanismo insular son las siguientes:

- **Serie I**, llamados “Basaltos Antiguos” (muy transformados), correspondiente a episodios muy antiguos, identificables en Famara y Los Ajaches. Constituye la base de la isla y está atravesada por diques subverticales, tanto más frecuentes a mayor profundidad; también existen potentes intrusiones tipo sill y lacolito. Serie I y series basálticas iniciales, localizadas al nordeste y al sur.
- **Serie II-A**, localizadas en los llanos del Rubicón, al oeste de Los Ajaches, y al sur de Nazaret. Son lavas muy básicas y con grandes conos de cinder parcialmente destruidos por la erosión.
- **Serie II-B**, reconocible, fundamentalmente, en la rampa de Teguise y en Femés.
- **Serie III**, identificable en una amplia superficie de la isla (rampas entre Puerto Calero y Mala y norte insular). Tiene abundantes coladas de carácter alcalino olivínico, distinguiéndose de Serie II por el estado de conservación de sus edificios volcánicos.
- **Serie IV**, correspondiente a los episodios históricos más recientes, reconocibles en Timanfaya, en el volcán de La Corona y en las coladas del centro insular (siglo XVIII). Dieron origen a los conocidos “malpaíses” y las “Montañas del Fuego”. Se citan valores de transmisividad (T) de hasta 20.000 m²/día en basaltos modernos con aluviones intercalados y valores de permeabilidad (k) de más de 1.000 m/día en basaltos cuaternarios recientes en Lanzarote (Santamaría-Cerezal, J. C. *et al.*, 2013)

Sobre las series más antiguas y en parte de la Serie III, se extiende una costra calcárea llamada localmente “caliche”.

La correspondencia entre las columnas vulcano-estratigráficas de la isla de Lanzarote se detalla a continuación (las traquitas y tobas traquíticas se asimilan al techo del complejo basal.):

LANZAROTE	
Hausen (1959)	Fuster <i>et al.</i> (1968)
Volcanes históricos	Serie
Volcanes subrecientes	Basáltica IV
Volcanes cuaternarios	Serie Basáltica III
	Serie Basáltica II
Series basálticas tableadas	Serie Basáltica I
	Traquitas y tobas traquíticas

Tabla 5. Correspondencia entre las columnas vulcano-estratigráficas de la isla de Lanzarote

A continuación se muestra una figura con la delimitación geológica realizada por el Instituto Geológico y Minero Español (IGME) a escala 1:25.000, y su leyenda en la figura siguiente (Anexo 6, plano 2.1).

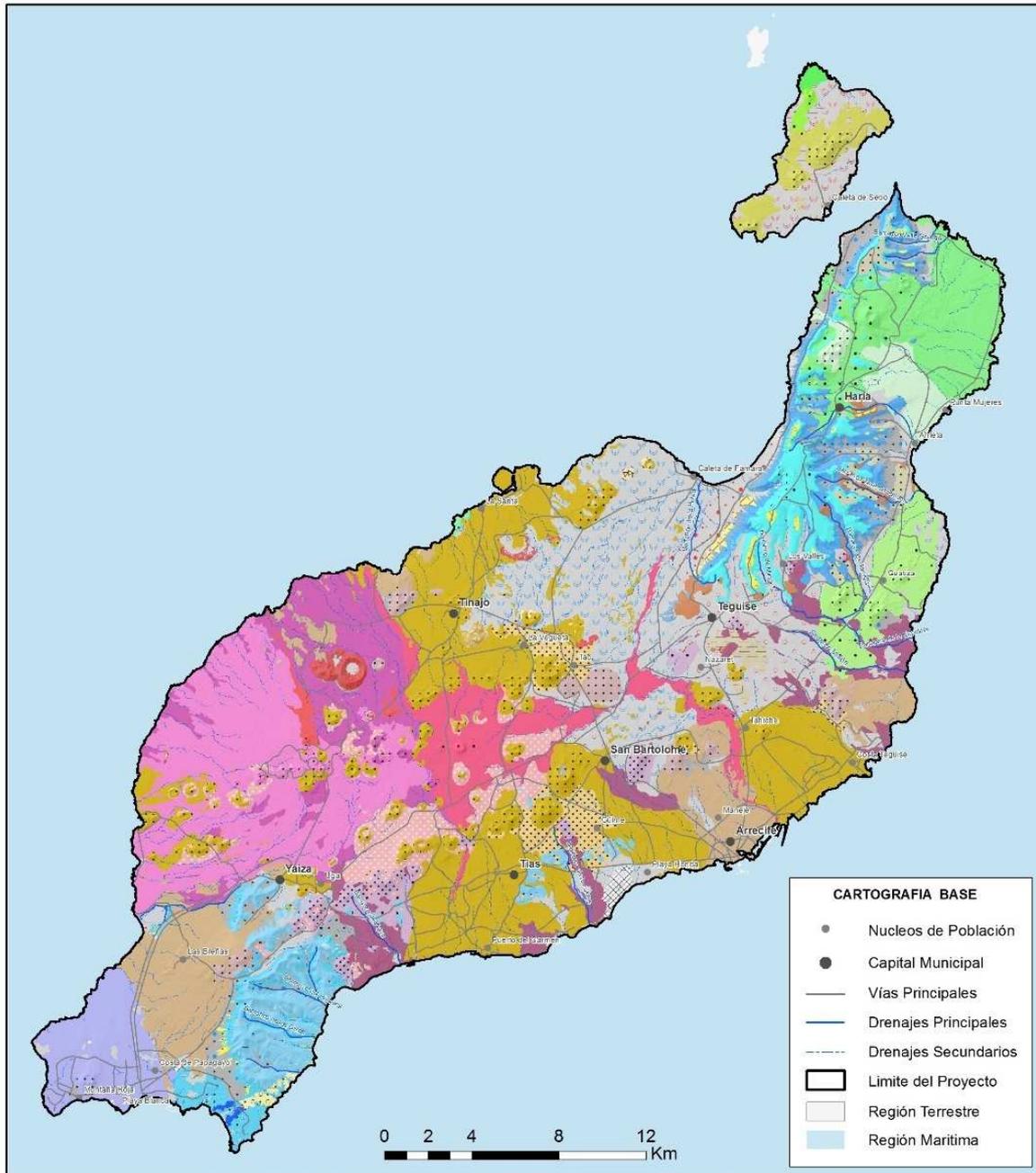


Figura 13. Geología de Lanzarote. Escala 1:25.000. Fuente: IGME



Figura 14. Leyenda Geología de Lanzarote. Fuente: IGME

Se muestra cartográficamente la información sobre formaciones volcánicas en las diferentes fases del vulcanismo insular, formaciones sedimentarias ("jables", formaciones arenosas de origen eólico, parcialmente cimentadas), y playas cuaternarias de la Demarcación.

Las morfologías asociadas a la actividad volcánica pretérita y reciente (en términos geológicos) modelan un paisaje dominado por la presencia de los volcanes y los campos de lava o malpaíses

(vinculados principalmente a los violentos episodios de actividad acontecidos en el primer tercio del siglo XVIII); los macizos antiguos, como el de Los Ajaches y Famara; las dorsales volcánicas o las montañas o calderas aisladas.

Otras formaciones sedimentarias cuaternarias, como El Jable, en este caso con una génesis que se vincula con los procesos de arrastre y deposición eólica, cuentan también con una notable significación territorial.

Respecto a la geomorfología de Lanzarote, se pueden distinguir conjuntos geomorfológicos que se corresponden con unidades de paisaje homogéneas.

CONJUNTO GEOMORFOLÓGICO	UNIDAD DE PAISAJE HOMOGÉNEA
Volcán de La Corona y malpaíses	Cuestas y malpaíses de la Corona y Punta Mujeres
Macizo volcánico de Famara	Risco de Famara
El Jable	El Jable
Macizo volcánico de Los Ajaches	Los Ajaches
Dorsal volcánica del centro insular (eje estructural de actividad encuadrada en el cuaternario)	Coladas históricas del centro insular
Rampas y cuestas del sur insular	Paisajes de las rampas
Volcanes de Timanfaya, malpaíses y campos de lapilli	Paisajes de Vulcanismo histórico
La Graciosa	La Graciosa y Los Islotes
Llanos del Rubicón	Paisajes de los Llanos

Tabla 6. Listados de conjuntos geomorfológicos y unidades de paisaje homogéneas. Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrológica de Lanzarote, 2001

6.2.2. Clima

El clima de Canarias está afectado directamente por su situación geográfica, localizándose en el Trópico de Cáncer y junto a la zona desértica del Sáhara, dentro del área de influencia del anticiclón de Las Azores (altas presiones) y de la corriente marina conocida como corriente fría de Canarias, que actúa como termorreguladora. La confluencia de esos dos fenómenos atmosféricos determinan la formación de los vientos alisios (cargados de humedad 60-80%; con una cota de inversión de 1.200-1.500 m).

El clima de la isla de Lanzarote puede considerarse de tipo desértico (subtipo BW, árido), su bajo relieve y su proximidad al continente africano hace que sea una de las más áridas del Archipiélago Canario. Los vientos predominantes son de norte y noroeste, con velocidades medias mensuales de 20 a 40 km/hora. El promedio de humedad relativa es del 70%, aún con el predominio de vientos muy secos del Sahara, con polvo en suspensión y descenso de la humedad relativa al 35%.

La pluviometría media anual en la isla, según el PHIL (2001), es de 156 mm (134 hm³). Son precipitaciones escasas y de carácter torrencial cuando se producen, concentrándose entre los meses de noviembre y marzo. La altitud no es bastante elevada -670 m- como para producir lluvias

orográficas de importancia, aunque las mayores precipitaciones se encuentran en los macizos montañosos (Macizo de Famara y Macizo de Femés).

El Consejo Insular de Aguas de Lanzarote (CIAL) tiene instalados un total de 39 pluviómetros. Los valores más elevados de precipitación se localizan en el municipio de Haría, fundamentalmente hacia la parte centro-occidental, en la zona de la Montaña de Haría. Por el contrario, los valores más bajos tienen lugar en la zona de Arrecife.

El régimen de precipitaciones muestra una llamativa irregularidad, con unos volúmenes anuales muy bajos, que no alcanzan los 150 mm (146 mm anuales en Arrecife). Estos valores son propios de los medios desérticos (índice de Martonne por debajo de 20).

El sistema desarrollado por Köppen para Canarias, incluye a Lanzarote en el ámbito de los "Climas áridos o desérticos", mientras que en la clasificación de Papadakis se corresponde con el "desértico tropical fresco".

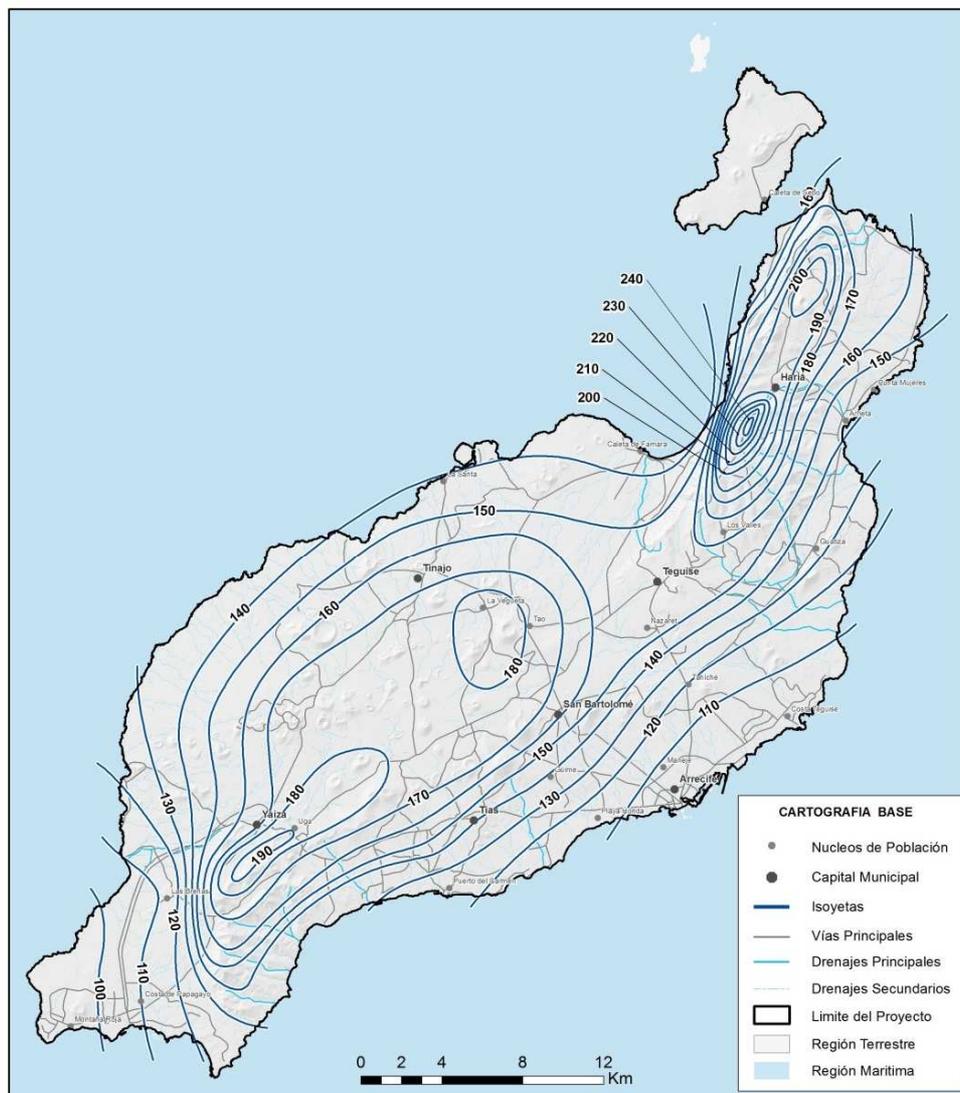


Figura 15. Mapa de isoyetas. Fuente: PHIL 2015.

La escasez de precipitaciones se debe a que las bajas presiones atlánticas que afectan al resto de Canarias suelen incidir en Lanzarote cuando ya se encuentran muy debilitadas. Resulta importante destacar el hecho de que las lluvias se produzcan cuando las borrascas se sitúan al SW (con el denominado "tiempo majorero"), aportando precipitaciones importantes y de mayor intensidad horaria. Poseen una duración de pocos días y se alejan rápidamente hacia el NE.

En menor medida, las precipitaciones también se producen con las perturbaciones oceánicas, consecuencia de las depresiones desgajadas del flanco meridional del frente polar, que adquiere una dirección NW-SE. Cuando esta depresión se forma o desarrolla en latitudes más meridionales da lugar a un flujo de aire marítimo tropicalizado del sur a sureste, recibiendo importantes lluvias en la vertiente sur de la isla.

La tercera situación, que puede provocar precipitaciones, con las depresiones frías o gota fría, producidas por el descolgamiento de las bolsas de aire frío sobre Canarias.

El régimen de temperaturas en Lanzarote se caracteriza por la regularidad y la moderación. Las temperaturas muestran unos valores medios bastante constantes (20,2 °C), registrándose las mínimas durante los meses de enero y febrero y las máximas en agosto y septiembre. Las laderas expuestas a los alisos (barlovento) registran temperaturas algo más frescas que las de sotavento.

El viento es un elemento presente en Lanzarote con regularidad, casi siempre moderado pero con frecuencia muy persistente. Los flujos de alisos del NNE son los dominantes y discurren paralelos a la costa con una frecuencia entre el 40% y el 75%, durante el verano, y del 15% al 30% durante el invierno, según la estación meteorológica de referencia.

Los valores de humedad relativa del aire en Lanzarote son relativamente elevados, como corresponde a un espacio insular localizado a esa latitud, oscilando entre el 64% y el 80% en los espacios de interior y entre el 63% y el 91% en las zonas próximas a la costa.

La evaporación libre es del orden de 2.200 mm/año (SPA-15, 1975), siendo inferior en las partes más altas de la isla y en la zona septentrional, y superior en las regiones meridionales. Análogamente un valor estimado de la evapotranspiración potencial en la isla es 1.567 mm/año (SPA-15, 1975).

La combinación de unas temperaturas relativamente altas todo el año, la escasez de precipitaciones, junto a la casi constante presencia del viento -que acelera notablemente la evapotranspiración- y el elevado número de días de sol que se registran al año, explican la acusada aridez ambiental y edáfica que soporta la isla.

6.2.3. Hidrografía

Las características climáticas y, en menor medida, las geológicas explican la ausencia en Lanzarote de cursos de agua naturales de carácter permanente.

La red de drenaje superficial se compone de algunos barrancos que se activan de manera esporádica durante los episodios de precipitación torrencial ("tipo rambla"). Son fenómenos frecuentes en las antiguas construcciones volcánicas de Los Ajaches y Femés, así como en buena parte de la vertiente meridional del Risco de Famara.

La inexistencia de una red de drenaje regular y el régimen torrencial de las precipitaciones ha conllevado la realización de un amplio catálogo de pequeñas obras hidráulicas (Censo de Instalaciones Hidráulicas Subterráneas) tendentes tanto al almacenamiento, o el transporte dirigido de las aguas de lluvia, para incremento de la humedad del sustrato y mejora de la aptitud agrológica de los suelos

agrícolas, como a la protección efectiva frente a las avenidas (aljibes o maretas, pozos, conducciones, drenajes transversales, muretes de defensa, etc.).

En materia de hidrología superficial la isla carece de vegas aluviales, donde los procesos de sedimentación se deben fundamentalmente a la acción eólica (formación del Jable) o a las dinámicas de vertiente, con acumulación de material coluvial en los conos de deyección de los barrancos o en algunas cubetas con un comportamiento endorreico.

El aprovechamiento de las aguas subterráneas se realiza por medio de manantiales, pozos y galerías. La calidad de esta agua sólo hace su aprovechamiento en usos agrícolas, bien por aplicación directa o tras su mezcla con aguas de mejor calidad. La cifra de explotación, según datos del Plan Hidrológico de 2001, no superaría los 200.000 m³/año.

En Lanzarote, el ciclo hidrológico se encuentra condicionado por:

- Escasez e irregularidad de las precipitaciones
- Ciclos de sequía
- Baja permeabilidad del sustrato en las zonas más elevadas y de mayor pluviometría
- Escasa cobertura vegetal, en un amplio porcentaje de la isla
- Elevada evapotranspiración

Según los datos publicados en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote, conforme al artículo 47 del TRLOTENC (Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y Espacios Naturales de Canarias), el balance hídrico natural para la isla fue estimado en:

- 111 hectómetros cúbicos anuales de aportaciones totales por lluvia
- 89% de pérdidas por evapotranspiración
- 2% de escorrentía superficial
- 9% de infiltración

El análisis de la serie seca (1980-2013) en esta última revisión del Plan Hidrológico refleja la tendencia de la disminución de precipitación general que se detecta en todo el país. Así en el PHL 2001, el volumen de la precipitación media anual se cifraba en 155,7 hm³, frente a los 111hm³ de esta última versión.

Algunos estudios antecedentes señalan que, considerando el balance hídrico natural de la isla, y las posibilidades que ofrece la utilización de las técnicas tradicionales de captación y depósito (aljibes, pozos, etc.), en la actualidad, se podría responder al 3% de los requerimientos de la isla.

Ante la notable ausencia de recursos, como alternativa y respuesta a la demanda para abastecimiento de la isla se ha implantado la utilización del agua de mar, una vez tratada en las desalinizadoras mediante ósmosis y otros procedimientos.

ISLA	RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES	RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS	DESALACIÓN Y REUTILIZACIÓN	APROVECHAMIENTO HÍDRICO QUE PREDOMINA	TENDENCIA EN EL FUTURO
Lanzarote	NULOS	ESCASOS	ALTOS	DESALINIZACIÓN	DESALINIZACIÓN

Tabla 7. Valoración de los recursos hídricos en Lanzarote y perspectivas de futuro (Santamarta, 2011)

La capacidad de transformación y potabilización ha crecido en las últimas décadas condicionadas por el incremento de la población residente (de hecho y derecho) y flotante, así como por los nuevos requerimientos turísticos (complejos hoteleros, desarrollos residenciales, campos de golf, etc.), agrícolas e industriales.

6.2.4. Hidrogeología

Un acuífero es una formación geológica subterránea permeable, susceptible de almacenar y transmitir agua.

Los acuíferos presentes en la isla son debidos a la permeabilidad originada en la presencia de grietas y fisuras. Este tipo de acuíferos se denominan acuíferos fisurados. Cuando en un acuífero la superficie del agua corta a la superficie del terreno se produce una descarga de agua o manantial.

Las grandes coladas de lava y los conos volcánicos son las dos formas típicas en las que se encuentran los materiales volcánicos en Lanzarote. Estas formaciones presentan barreras impermeables o poco permeables, con disposición unas veces casi paralela al buzamiento de las coladas, mientras que otras veces son perpendiculares al mismo. Estas barreras pueden dar origen a la compartimentación de la formación geológica, quedando aisladas desde el punto de vista hidráulico.

El subsuelo de una isla volcánica se caracteriza por una extraordinaria heterogeneidad, responsable directa de la irregularidad en la circulación del agua subterránea. Las diferencias en el grado de permeabilidad de los elementos litológicos individuales del subsuelo hacen que como ocurre en el caso de las galerías, se alternan tramos secos a otros con fuerte caudal y flujo generalizado de agua en techo, repisa y hastiales. Así, en distancias cortas, coexisten tipos de roca que carecen de huecos interconectados (como diques enteros, lavas muy compactas, brechas de matriz arcillosa, etc.) junto a otros elementos muy porosos y permeables (como diques fracturados, zonas escoriáceas sin compactar, etc.).

Estas discontinuidades son heterogeneidades que a gran escala sólo se traducen en cierto grado de anisotropía (Custodio, 1974). Los diques (intrusiones filonianas), en ocasiones y localmente muy poco permeables, a veces resultan tan permeables como la roca de caja y su inyección ha contribuido a crear grietas verticales por las que circula el agua.

Las mayores diferencias se dan entre los terrenos jóvenes y los antiguos, donde estos últimos han experimentado una alteración y compactación que atenúa los contrastes de porosidad, y la permeabilidad tiende a ser menor.

La permeabilidad de las rocas volcánicas presenta un campo de variación extraordinario, donde los materiales piroclásticos rara vez tendrán permeabilidades superiores a 0,10 m/día, por lo cual los pozos que en ellos se construyen sólo podrán proporcionar caudales muy reducidos. Según datos del año 75, en las coladas volcánicas, los caudales específicos de los pozos oscilan entre los 150 m²/día para los basaltos antiguos, y 1.500 m²/día o más, para los basaltos modernos.

En la isla de Lanzarote existirían unos 120 pozos (SPA-15, 1975). La profundidad del agua oscilaba entre 2 y 10 m, y la producción era muy baja, menos de 1 m³/día por pozo. La zona más densa en número de pozos se localiza en el Valle de Haría (102 pozos contabilizados en el SPA-15). No existían manantiales propiamente dichos, sino zonas de rezumes en Famara y en el centro de la isla.

Las principales galerías que existen en Lanzarote están en el macizo de Famara y explotan los basaltos antiguos, aunque tradicionalmente han proporcionado unos 10 l/s, en la actualidad se mantienen sin producción, como reserva.

Las galerías del Chafaríz son de factura posterior a las de Famara, y se hicieron debido a la existencia de fuentes en el lugar. Estas galerías tienen una perforación inferior a la de Famara y sus aguas vierten a un estanque que en estos momentos se encuentra abandonado. Estas galerías, al igual que las de Famara, se realizaron junto a almogres y están perforadas en basaltos antiguos.

Los materiales volcánicos que constituyen el islote de La Graciosa, dada su juventud y escasa alteración, mantienen prácticamente inalteradas sus características hidráulicas primarias, por lo que representan en general medios de alta permeabilidad. Por su parte, las formaciones sedimentarias existentes en ellas, representadas mayormente por depósitos de arenas eólicas, muestran una elevada porosidad y permeabilidad, que facilita la infiltración de las aguas de lluvia hacia el interior.

En el caso de la isla de La Graciosa, las formaciones geológicas presentes en ella, debido por un lado, a sus características hidrogeológicas, potencia, posición topográfica próxima al mar, y por otro, por la escasa recarga natural, no permiten la existencia de niveles saturados de importancia. Se considera, por tanto, que no existen recursos de aguas subterráneas en ella.

6.2.5. Coberturas y usos de la tierra

Los suelos de Lanzarote se encuentran totalmente condicionados, en su naturaleza, estructura y composición, por las bases geológicas y litológicas y por los factores climáticos. Los vientos, como agente de transporte, la topografía o los factores antrópicos ejercen, también, un papel importante en la constitución de los sustratos edáficos de la isla y en la dinámica actual de los mismos.

Los suelos volcánicos son en general muy jóvenes comparados con los suelos de terrenos continentales. La tipología de suelos en el archipiélago canario es de Andosoles y Andisoles. En los Andisoles el material original lo forman, fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre otros materiales volcánicos como son las tobas, pumitas, lapillis (picón) y otros productos de eyección volcánica (Guerra *et al.*, 2003). Suelen aparecer en pendientes importantes, obligando a los agricultores a realizar abancalamientos para su uso. El perfil es de tipo AC o ABC.

Los Andisoles con carácter ándico, son la tipología de suelo que ocupan una mayor extensión en las áreas forestales de Canarias y, la erosión hídrica es el mayor factor que influye en el creciente proceso de desertificación que se observa en la mayoría de islas del archipiélago Canario (Rodríguez *et al.*, 2002).

Otros suelos presentes en regiones volcánicas son los Vertisoles, Aridisoles, Ultisoles, Alfisoles, Inceptisoles y Entisoles. Estos suelos se distribuyen en secuencias altitudinales climáticas y cronológicas atendiendo a factores ambientales como el clima, la topografía o la edad de los materiales parentales.

Los Aridisoles se sitúan en las zonas costeras coincidiendo con condiciones climáticas áridas. Los Vertisoles suelen ubicarse en cotas superiores relacionados normalmente con depósitos coluviales. En un nivel más alto suelen encontrarse los Alfisoles y los Ultisoles, estos últimos en localidades con mayor humedad. Los Inceptisoles son suelos incipientes se localizan en todas las franjas altitudinales excepto en la costa. Los Entisoles están relacionados con la presencia de materiales geológicos recientes o topografías abruptas que dificultan el desarrollo edáfico.

Según un estudio de un estudio elaborado por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial del Gobierno de Canarias unas 329.000 hectáreas del archipiélago, el 43% de su superficie, están sometidas a intensos procesos de erosión por la lluvia y el viento, siendo Fuerteventura y Gran Canaria las islas que sufren este problema de forma más acuciante. Estos procesos de erosión hídrica y eólica suponen grandes pérdidas de suelo y por lo tanto pérdidas económicas y ambientales.

En general, si se excluyen los suelos líticos, constituidos por las propias coladas de lava o malpaíses (de origen reciente), las descarnadas laderas de los macizos montañosos volcánicos más antiguos, de las calderas o de los barrancos, son muy pocos los territorios que aportan un sustrato mínimamente desarrollado y con cierta aptitud agrológica.



Figura 16. Paisaje de cultivos en gavias en la isla de Lanzarote. Fuente: [http://entreveredasyvolcanes.blogspot.com/es/](http://entreveredasyvolcanes.blogspot.com.es/)



Figura 17. Bancales y arenados en Lanzarote (Santamarta, 2009; Santamarta, 2010)

Por otra parte, la ausencia de cursos fluviales, que propicien la formación de fértiles vegas de tipo aluvial, explica que los materiales cuaternarios (coluviales) se identifiquen exclusivamente en las salidas de algunos barrancos (conos de deyección) o en las zonas de deposición de arenas, en la gran unidad de El Jable.

Otro aspecto importante son los sistemas radicales de la vegetación puesto que favorecen la sujeción de los suelos volcánicos y mejoran la infiltración, y en cierta medida, la recarga de los acuíferos. A su vez, las diversas tipologías de hidrotecnias u obras forestales de conservación de suelos para la retención de sedimentos y su relación con las infraestructuras hidráulicas.

6.2.6. Flora, fauna y espacios protegidos

Lanzarote posee diversos ecosistemas, y en cada uno de ellos diferentes especies vegetales que han sido capaces de adaptarse a las duras condiciones, tanto en las áreas volcánicas (falta de lluvia y elevada insolación), y en las zonas costeras (maresía o spray marino con alta salinidad).

- Flora

La vegetación potencial del territorio de la isla, según el Mapa de Series de Vegetación de Rivas-Martínez (1987), presenta las siguientes series:

- Macroserie infracanaria arido-semiarida del cardon o *Euphorbia canariensis* (*Kleinio nerifoliae-Euphorbio canariensis sigmion*). Cardonales.
- Macroserie termo-infracanaria semiarido-seca de la sabina o *Juniperus phoenicea* (*Mayteno canariensis-Jumpero phoeniceae sigmion*). Sabinares.
- Geomacroserie de las dunas y arenales costeros.
- Geomacroserie de los saladares y salinas.

La vegetación real presente en la isla se caracteriza por la cubierta vegetal de carácter natural bastante pobre debido a la acusada aridez climática, la importante extensión que ocupan los suelos líticos, la presión antrópica ejercida sobre los suelos más aptos para la agricultura, el sobrepastoreo o el excesivo desarrollo urbano, entre otros. Se distinguen diferentes comunidades vegetales en relación con la vegetación real del ámbito isleño:

- Tabaibal
- Comunidad de acebuches y lentiscos
- Vegetación de sustitución
- Comunidad de complejos arenosos
- Vegetación halófila costera
- Saladares
- Comunidad de lavas y malpaíses

El arbolado natural es por tanto escaso, con la particularidad de la zona de Haría, donde existen palmerales importantes de *Phoenix canariensis*. Por otra parte, las repoblaciones forestales acometidas han tenido resultados muy pobres, observándose algunos reductos de eucalipto.

A modo de síntesis, los espacios destacables y la flora asociada a ellos sería el siguiente:

- **Zonas costeras**, en las que predominan las especies capaces de soportar condiciones de alta salinidad y prolongada exposición al sol, como el balancón (*Traganum moquinii*) o el salado blanco (*Polycarpea nivea*).
- **Macizo de Famara**, repleto de endemismos. Se han encontrado especies pertenecientes a la laurisilva (*Myrica faya*) y brezo (*Erica arborea*). Junto a los restos de laurisilva conviven decenas de especies hasta totalizar casi 300. De éstas, 14 son endemismos como corregüela (*Convolvulus lopezsocasi*), la siempreviva de Famara (*Limonium papillatum*), la lechuguilla de Famara (*Reichardia famarae*), la yesquera roja (*Helichrysum webbi*). En la Playa del Risco y el entorno de las Salinas del Río, ambas al pie del Risco, con elevada salinidad se encuentran el salado blanco (*Polycarpea nivea*), el matomoro (*Suade vera*) o la uvilla de mar (*Zygophyllum fontanesii*).
- Fruto de acción antrópica, es el de los barrancos y valles aprovechados para el cultivo. El área de Haría acoge cientos de palmeras canarias (*Phoenix canariensis*), que

conviven con las aulagas (*Launaea arborescens*), tojios (*Nauplius intermedius*), cabezotes (*Carlina salicifolia*) o magarzas de Lanzarote (*Argyranthemum maderense*) que ocupan los terrenos de cultivo abandonados.

- **Malpaís de La Corona.** Constituido por las dunas localizadas en el tramo costero, creadas por los aportes de arena de origen marino. Se caracteriza por las altas temperaturas y la elevada salinidad del ambiente, se pueden encontrar ejemplares de la tabaibilla marina (*Euphorbia paralias*), el salado blanco (*Polycarpea nivea*) y la uvilla de mar (*Zygophyllum fontanesii*). Desde la costa hasta los 100 m de altura está compuesto por la tabaiba dulce (*Euphorbia balsamifera*), símbolo vegetal de Lanzarote, y por arriba de esa cota por la tabaiba amarga o higuera (*Euphorbia regis-jubae*).
- **Parque Nacional de Timanfaya.** Declarado Parque Nacional en 1974. Se encuentra situado en el sector centro-occidental de la isla de Lanzarote, en los términos municipales de Yaiza y Tinajo. Abarca una superficie de 51 km² y un perímetro de unos 30 km. Su naturaleza volcánica así como una gran diversidad biológica que alcanza a 180 especies de vegetales distintos, en el que se encuentran desde líquenes hasta especies como *Stereocaulon vesuvianum*, *Ramalina bourgeana* o *Lecanora sulphurella*.

- Fauna

La condición de Lanzarote como isla ha dificultado la existencia de especies animales. Sin embargo, se encuentran especies endémicas como la musaraña canaria (*Crocidura canariensis*), el lagarto de Haría (*Gallotia atlántica*) o el perenquén majorero (*Tarentola angustimentalis*).

Las cabras de la subespecie *Capra hircus* pueden encontrarse en Lanzarote. Son de la raza majorera y tinerfeña, estando perfectamente adaptadas a las condiciones de la isla.

El camello (raza mora y majorera) es el otro animal destacado en Lanzarote. Traído en el siglo XVI, contribuyó de forma decisiva al desarrollo agrícola de la isla.

Lanzarote dispone de unos 165 km de costa entre los que se cuentan las zonas intermareales más interesantes de Canarias desde el punto de vista científico. A esto hay que sumar el papel de las corrientes marinas que afectan a la isla, que aumentan el número de ejemplares de las especies presentes en las aguas lanzaroteñas, así se pueden encontrar cangrejos moros (*Grapsus grapsus*) y de roca (*Pachygrapsus masmoratus*), además de moluscos y crustáceos como el burgao o burgado (*Osilinus astratus*), el burgao macho (*Thais haemastoma*) o la lapa de pie negro (*Patella candei*).

Dentro del registro de zonas protegidas se incluyen las que se han declarado de protección de especies acuáticas significativas desde el punto de vista económico por parte de las respectivas autoridades competentes. Se deben incluir las zonas de producción de moluscos declaradas en el ámbito de la Directiva 79/923/CEE relativa a la calidad exigida a las aguas para cría de moluscos (actualizada mediante la Directiva 2006/113/CEE).

Un caso especial en el litoral lo representan las salinas, que albergan áreas con distintos grados de salinidad que sirven de refugio a distintas especies como artemia salina (*Artemia parthenogenetica*), un pequeño crustáceo que escapa de los peces al vivir en ambientes de gran salinidad. Por otro lado, la presencia de una microalga, la dunariola salina, es la que da un tinte rojizo a las salinas, como puede verse claramente en las Salinas del Río.

Una mención aparte merece los Jameos del Agua, donde la laguna de agua marina permanece en relativo aislamiento y oscuridad, siendo el marco en el que viven varios endemismos como el cangrejo ciego o jameito (*Munidopsis polymorpha*), el remípedo (*Speleonectes ondinae*) o el anélido poliqueto (*Gesiella jameensis*), entre otros.



Figura 18. Imagen de los Jameos del Agua. Fuente: <http://www.vivalanzarote.es/jameos-del-agua-lanzarote/>

En el Archipiélago Chinijo se encuentran numerosos ejemplares de diversas especies, que aprovechan, entre otros factores, los túneles submarinos formados en la base de los Islotes. Allí se conservan especies como el ostrón, que desapareció del resto de Canarias a raíz de una epidemia que se produjo entre 1981 y 1984, y que a partir de esta zona se recuperó.

Otras especies de interés en el Archipiélago Chinijo son el mero (*Epinephelus guaza*), el abad (*Mycteroperca rubra*), el medregal (*Seriola dumerili*), y la bicuda (*Sphyræna viridensis*), además de hermosos ejemplares de gorgonias de distintos colores.

Lanzarote posee Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs) en los Islotes del Norte de Lanzarote y costa de Famara, La Geria, Parque Nacional de Timanfaya, Salinas de Janubio y Los Ajaches.

Las zonas más inaccesibles de la isla, como el Risco de Famara y el Archipiélago Chinijo, acogen las especies más raras y valiosas, como la pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*), se encuentran en peligro de extinción, siendo el Archipiélago Chinijo su refugio más importante en Canarias.

En el Norte de Lanzarote se encuentran individuos de halcón de Eleonor (*Falco eleonora*), que nidifica en los Islotes; el guincho o águila pescadora (*Pandion haliaetus*); el tagorote o halcón peregrino (*Falco peregrinus*); el paño pechialbo (*Pelagodroma marina*), que tiene en Montaña Clara el único punto de cría en toda Canarias.

El entorno del Jable es el hogar de aves propias de zonas semidesérticas, como el alcaraván (*Burhinus oedichnemus*); la hubara canaria (*Chlamydotis undulata* Fuerteventura), que combina el vuelo y la carrera; el corredor (*Cursorius cursor*).

La Geria y otras áreas de cultivo acogen diversas especies que se alimentan de frutos, semillas o insectos. Especies destacables son el papapús o abubilla (*Upupa epops*), la curruca tomillera (*Sylvia conspicillata*), y la tórtola común (*Streptopelia turtur*).

La costa de Lanzarote posee lugares de gran interés biológico, como las Salinas de Janubio o la zona intermareal de Órzola. Estos espacios muestran la variedad de especies que se encuentran en la isla, al albergar aves de paso como los flamencos (*Phoenicopterus ruber*), y también especies nidificantes como el chorlitoje patinegro (*Charadrius alexandrinus*) o la garceta dimorfa (*Egretta gularis*).

El Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias, aprobado por el Decreto Legislativo 1/2000, de 8 de mayo, establece las determinaciones relativas al planeamiento de ordenación de los Espacios Naturales de la Comunidad Canaria.

En el artículo 21 de la Sección 4ª del citado Texto Refundido (TR), quedan establecidos los instrumentos de ordenación que afectan a los diferentes Espacios que conforman la Red Canaria de Espacios Naturales en función de su categoría.

La lista de los 174 Lugares de Importancia Comunitaria (en adelante LIC) de la Macaronesia propuesta por la Comunidad Autónoma de Canarias fue aprobada por Decisión de la Comisión Europea el 28 de diciembre de (DOCE de 9 de enero de 2002).

En la isla de Lanzarote, la Red Canarias de Espacios Naturales es extensa y variada, estando integrada por un total de 13 espacios que ocupan una superficie total cercana a las 30.000 hectáreas, es decir, más de una tercera parte de la isla (incluyendo la superficie de los islotes).

La **Red Canaria de Espacios Protegidos** (Anexo 6, plano 1.5) cuenta en Lanzarote con una amplia representación, tanto en lo que se refiere a su cobertura superficial como a la variedad de figuras que incorpora. En la actualidad la Red integra las siguientes figuras: 1 Parque Nacional; 1 Reserva Natural Integral; 2 Parques Naturales; 5 Monumentos Naturales; 2 Paisajes Protegidos y 2 Sitios de Interés Científico.

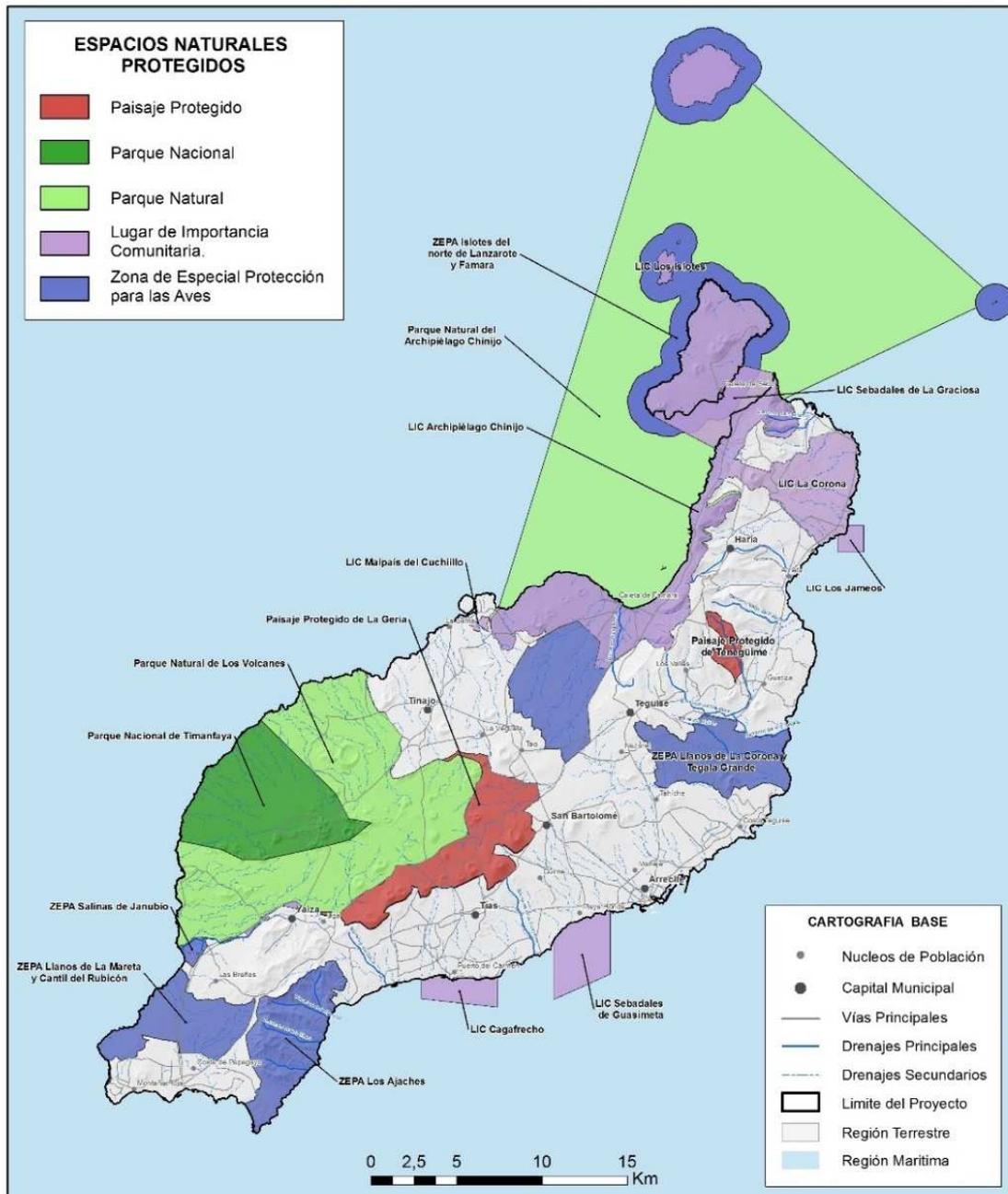


Figura 19. Mapa de la Red Espacios Protegidos en Lanzarote y La Graciosa

1. Parque Nacional de Timanfaya.



Figura 20. Parque Nacional de Timanfaya, Lanzarote. Fuente: <http://espanafascinante.com/> <http://www.holaislascanarias.com/>

2. Reserva Natural Integral de Los Islotes.



Figura 21. Imagen de Los Islotes. Fuente: <http://www.turismoporespana.com.ar/lanzarote/>

3. Parque Natural de Los Volcanes.



Figura 22. Imagen de Los Volcanes. Fuente: <https://commons.wikimedia.org/>

4. Parque Natural del Archipiélago Chinijo.



Figura 23. Archipiélago de Chinijo, Lanzarote. Fuente: <http://www.spain-lanzarote.com/>

5. Monumento Natural de La Corona.

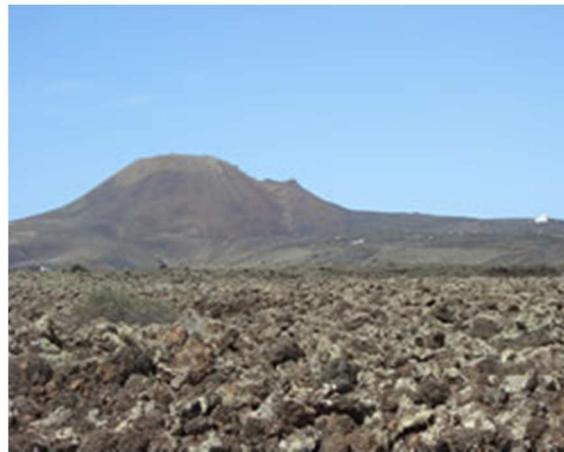


Figura 24. Monumento Natural de La Corona, Lanzarote. Fuente: <http://www.ilanzarote.net/>

6. Monumento Natural de Los Ajaches.



Figura 25. Monumento Natural Los Ajaches, playa Papagayo, Lanzarote. Fuente: <http://oceandreams.es/es/location/monumento-natural-de-los-ajaches/>

7. Monumento Natural de La Cueva de Los Naturalistas.



Figura 26. Monumento Natural La Cueva de Los Naturalistas, Lanzarote. Fuente: <http://www.ilanzarote.net/>

8. Monumento Natural del Islote de Halcones. Se encuentra incluido dentro del Parque Nacional de Timanfaya.



Figura 27. Monumento del Islote de Halcones, Lanzarote. Fuente: <https://enfilando.blogspot.com.es/>

9. Monumento Natural de Las Montañas del Fuego. Se encuentra incluido dentro del Parque Nacional de Timanfaya.



Figura 28. Monumento Natural de Las Montañas del Fuego, Lanzarote. Fuente: <https://es.pinterest.com/>

10. Paisaje Protegido de Tenegüime.



Figura 29. Paisaje Protegido de Tenegüime, Lanzarote. Fuente: <http://www.turismoporespana.com.ar/lanzarote/>

11. Paisaje Protegido de La Geria.



Figura 30. Paisaje Protegido de La Geria, Lanzarote. Fuente: <http://www.holaislascanarias.com/>

12. Sitio de Interés Científico de Los Jameos.



Figura 31. Imagen de los Jameos del Agua. Fuente: <http://www.vivalanzarote.es/jameos-del-agua-lanzarote/>

13. **Sitio de Interés Científico del Janubio.** Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA)



Figura 32. Imagen del Janubio. Fuente: <http://www.turismoporespana.com.ar/lanzarote/>

7. DELIMITACIÓN DE ACUÍFEROS

La DMA define en su artículo 2 a la "masa de agua subterránea" como "un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos", entendiendo como acuífero "una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir el paso de un flujo significativo de agua subterránea o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas".

Se presta especial atención al contenido, es decir el agua, y no al continente, que es el acuífero. No obstante, "masa de agua" es un concepto útil para la **gestión**, pero no debe olvidarse nunca el concepto de "acuífero" que es la entidad básica y que puede ser delimitado físicamente de forma clara, atendiendo exclusivamente a criterios hidrogeológicos.

7.1. DELIMITACIÓN DE ACUÍFEROS EN LA ISLA DE LANZAROTE

En el proyecto SPA-15 se indica que en el centro de la isla de Lanzarote, la baja permeabilidad hace que la transmisividad sea prácticamente nula, sin embargo, por encima del nivel del mar y teniendo en cuenta las características hidrogeológicas cabría la posibilidad de localizar 2 grandes acuíferos asociados a los malpaíses la Corona y Timanfaya, que son las únicas formaciones con permeabilidad suficiente para formar acuíferos. Estos están separados por terrenos que sólo tienen agua de forma transitoria en los suelos que recubren los materiales volcánicos.

Resulta importante el conocer la información existente sobre pozos, fuentes o manantiales que son o han sido explotados en algún momento ya que son un indicativo claro de la existencia de agua subterránea explotable y los lugares en los que ésta se ubica.

Para la delimitación y caracterización inicial de los acuíferos que pueden estar presentes en la isla de Lanzarote se parte de criterios esencialmente hidrogeológicos, usando la información existente de geología e hidrogeología, así como de sus permeabilidades asociadas. Considerando que un acuífero hace referencia a aquellas formaciones geológicas en las que se encuentra agua, y que son lo suficientemente permeables de manera que permiten la circulación y el almacenamiento de ésta.

La información de partida utilizada es la siguiente:

- Mapa litoestatigráfico 1:200.000 del IGME
- Mapa de permeabilidades 1:200.000 del IGME
- Cartografía geológica 1:25.000 del IGME

Estos mapas se encuentran en el Anexo 3 de Planos del documento.

En base a las unidades geológicas, sus características como la permeabilidad y a la información disponible se han delimitado como una primera aproximación 4 formaciones acuíferas (Anexo 6, plano 2.4) que son descritas a continuación:

- **Acuífero Mio-Plioceno de Famara**
- **Acuífero Mioceno de Los Ajaches**
- **Acuíferos del Pleistoceno y Holoceno**
- **Acuíferos Cuaternarios sedimentarios**

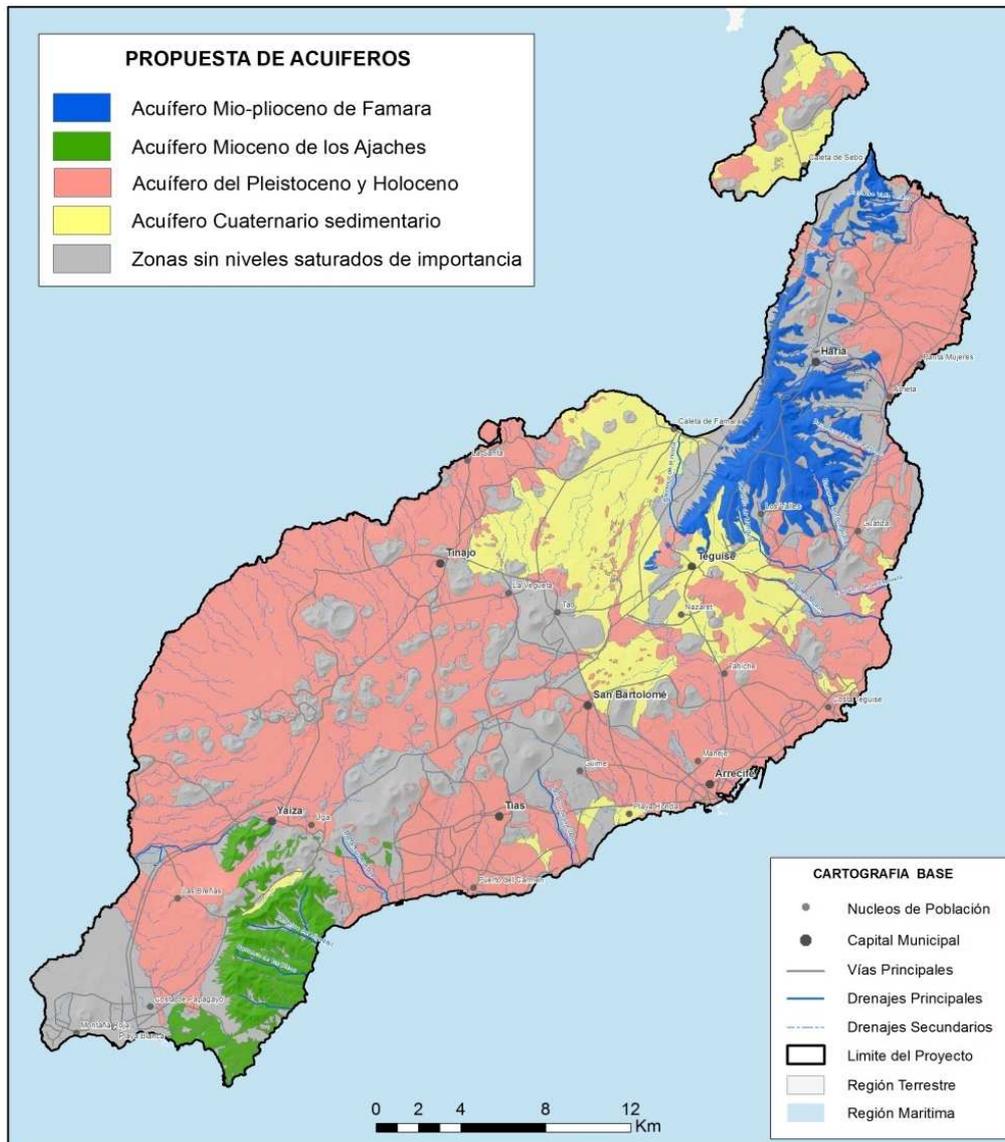


Figura 33. Delimitación de formaciones acuíferas en base a criterios hidrogeológicos y geológicos. Fuente: elaboración propia

7.2. ACUÍFERO MIO-PLIOCENO DE FAMARA

Tal y como se recoge en los estudios antecedentes, el **Macizo de Famara** se considera como la mayor reserva hidrogeológica de la isla, y es una de las zonas más estudiadas de Lanzarote (Custodio, 1972, 1974, 1976 y 1977). Por encima del nivel del mar los únicos lentejones de agua existentes se encuentran en Famara y Femés y, probablemente, en el centro de la isla, aunque únicamente parece explotable Famara (Custodio, 1974).

En la siguiente figura se muestra el corte geológico del Macizo de Famara elaborado por Custodio (1972).

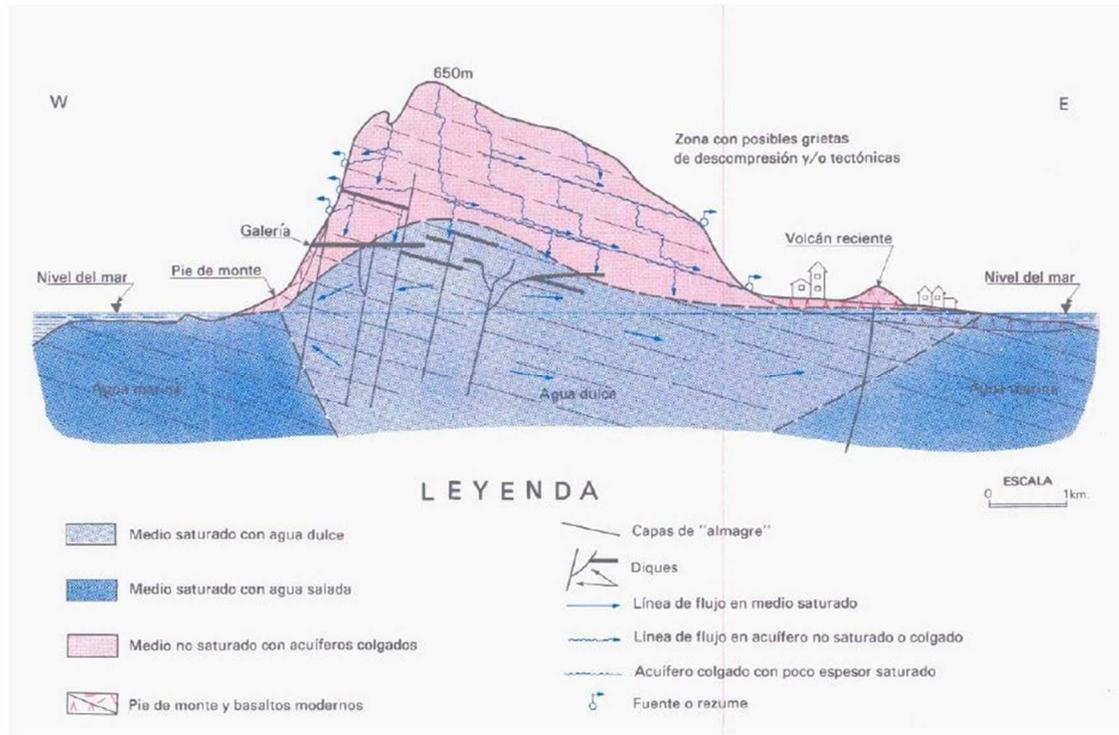


Figura 34. Esquema hidrogeológico del macizo basáltico de Famara (Lanzarote) (Modificado por Custodio, 1972)

Según datos del Proyecto SPA-15, el estudio piezométrico en la Galería III del Macizo de Famara determinó un nivel piezométrico regular con pendientes del 12% en unos 400 m de longitud, en el que se encontraron coladas de lava, zonas piroclásticas, almagres y dos diques.

Los cortes realizados establecieron una zona saturada dentro del macizo volcánico, donde los pozos y galerías situados por encima del límite de saturación, están secos o producen pequeñas cantidades de agua. En la zona no saturada, el movimiento del agua es fundamentalmente vertical hasta alcanzar la zona saturada donde es principalmente horizontal.

En el macizo basáltico de Famara existen unos diques (inyecciones de magma en la roca madre, que son de alta impermeabilidad). El agua va acumulándose sobre ellos (agua colgada), así al romper estos diques, el agua emana por gravedad o se canaliza al exterior. Cuando la presión del agua se vuelve demasiado alta, el agua tiende a salir en esta zona de contacto, formando nacientes (Jiménez-Díaz, J.F. et al, 2016).

En un estudio hidrológico realizado en 1953 fueron señaladas las áreas de explotación de Famara, especialmente bajo los valles semi-cerrados y campos de malpaíses donde las aguas se filtran íntegramente en pocos minutos después de caer. Debido a la descomposición de los basaltos antiguos, las aguas arrastran algunas sales teniendo unos porcentajes relativamente altos. Así, en el borde oriental de la Meseta, las aguas procedentes del núcleo del macizo pueden estar en niveles muy profundos y por haber recorrido un gran trecho de basalto descompuesto tienen un mayor porcentaje de sales.

7.2.1. Presencia de agua subterránea

La zona de Haría es en la que históricamente han existido un mayor número de **pozos**. Desde hace varios siglos, los pozos, aljibes y maretas que se encontraban en esta zona eran el recurso básico de la población, ganadería y agricultura.

Los pozos existentes no tenían más de 20 m de profundidad y aunque su producción no era muy alta (podían proporcionar hasta 1 m³/día) fueron la principal fuente de recurso durante bastante tiempo, a pesar de la progresiva salinización de las aguas que, junto con la entrada de nuevos recursos hídricos no convencionales (desalinización) provocaron que fueran siendo abandonados.

En las estadísticas-administrativas de 1862, publicadas en 1883 por don Pedro de Olive, dice el número y los tipos de agua que existen en el municipio Haría:

- Pozos: cuatro (4) pozos. Se recogen 22 pipas de agua en 24 horas. Las condiciones del agua: es dulce y tiene un grado regular de temperatura templada y es de dominio público.
- Fuentes: trece (13), de corriente. La cantidad de agua que se recoge en 24 horas es de 130 pipas. Las condiciones del agua: es dulce, tiene un grado regular de temperatura templada y es de dominio público.

El municipio de Haría ha llegado a contar con hasta 150 pozos en los años de 1950, cuya agua quedó contaminada con la Red de Saneamiento de los años de 1970 de los cuales se recogería 740 pipas de agua en 24 horas. Sus características eran salobres y con un grado de temperatura templada (Los pozos del municipio de Haría, por Jesús Perdomo Ramírez, 2011). Actualmente, el número de ellos en funcionamiento es muy bajo, bien por quedar gran parte de ellos por encima de los niveles saturados, y por tanto improductivos, bien por obtener aguas salobres poco aptas para los usos habituales.

En lo referente a las **galerías**, las únicas existentes en Lanzarote se concentran en 2 zonas: las galerías de Famara y las galerías de Chafaríz, ambas construidas para explotar el acuífero del Mio-Plioceno de Famara.

Las más conocidas son las que se encuentran en el Macizo de Famara, más concretamente en el Risco de Famara. Actualmente están fuera de uso, pero según la información disponible existen 7 galerías (4 de ellas principales) con una longitud superior a los 7 km. Las galerías del Chafariz (que significa fuente o manantial) son de factura anterior a las de Famara, y se construyeron debido a la existencia de fuentes en el lugar. Estas galerías tienen una perforación inferior a la de Famara y sus aguas vierten a un estanque que en estos momentos se encuentra abandonado. Estas galerías, al igual que las de Famara, se realizaron junto a almagres y están perforadas en basaltos antiguos

La primera galería en Famara se comenzó a perforar por parte del Cabildo Insular en el año 1926. Las galerías de mayor importancia datan de los años cincuenta y sesenta del siglo XX (Jiménez-Díaz, J.F. et al, 2016).

La primera de las galerías de Famara, perforada en 1926, está situada en el Barranco del Rincón de la Paja a unos 100 m de altura y tiene una longitud de 1 km. El agua que se obtenía de las galerías de Famara se canalizaba hasta la capital de la isla, la ciudad de Arrecife, mediante una tubería de conducción que se inauguró en 1953. Su caudal era de unos 1.000 m³/día y se depositaba en las Maretas del Estado. Existían limitaciones de uso del agua subterránea porque por la sobreexplotación del acuífero fue perdiendo su calidad hasta convertirse en salobre. (Jiménez-Díaz, J.F. et al, 2016).

Por otra parte, señalar la importancia de las **fuentes y manantiales naturales**. Muchas de ellas están en desuso pero algunas todavía funcionan y son parte del atractivo turístico de la isla. Destacan la fuente de Chafariz en el valle de Temisa (que producía hasta 4 pipas al día), la fuente de las Ovejas en Guinate (800-900 l/día), la fuente de Gusa cerca de Ye, la de Gayo, en Gayo, y varios pozos en la zona baja de Tabayesco, aparte de algunos otros nacientes en Debajo del Risco y Valles de Órzala.

Finalmente, las nacientes que aparecen en el contacto entre niveles lávicos y piroclásticos o almagres, debido a la diferente permeabilidad entre ellos. En la cabecera del barranco de Temisa y en el de Palomo, se detectan pequeños rezumes de aguas estacionales y de bajo caudal.

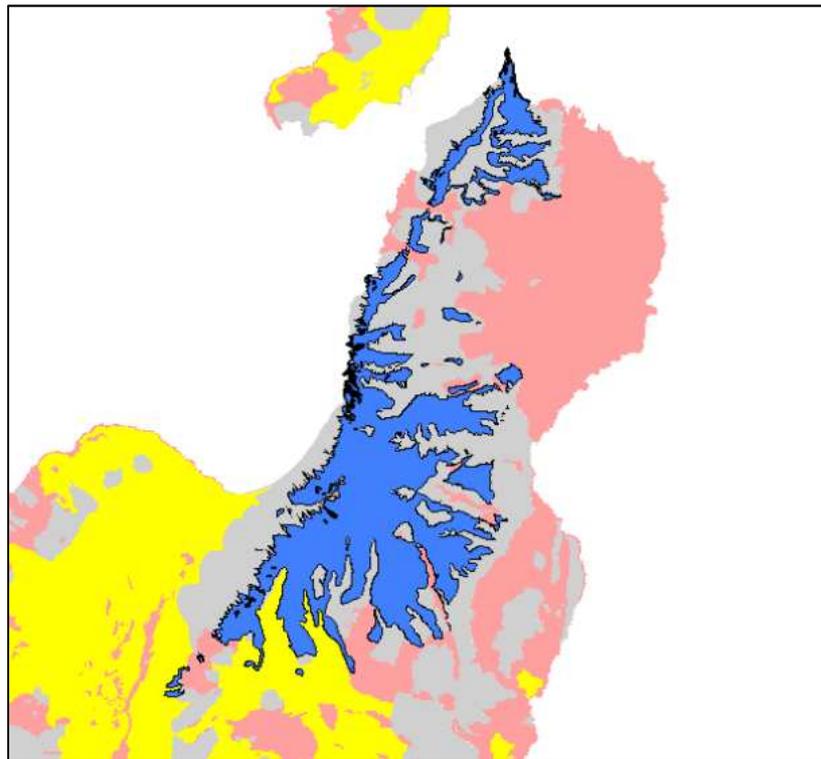


Figura 35. Delimitación del acuífero del Mio-Plioceno de Famara. Área de color azul.

7.3. ACUÍFERO MIOCENO DE LOS AJACHES

Tal y como se ha comentado anteriormente, por encima del nivel del mar los únicos lentejones de agua existentes se encuentran en Famara y Femés (Custodio, 1974).

Al igual que en el macizo de Famara, en Los Ajaches, al sur de la isla, se encuentran basaltos antiguos con una serie de fisuras que les hacen permeables, infiltrándose el agua hasta nivel de almagre.

7.3.1. Presencia de agua subterránea

Se conoce la existencia de **pozos** muy antiguos en playa Papagayo, pozos del Afe y pozos de San Marcial del Rubicón, de agua salobre, que fueron funcionales durante el siglo XV. Su producción era muy baja y básicamente servían para el almacenamiento de agua de lluvias.

Según los antecedentes consultados, se indica la presencia de pozos también en la zona de Femés, en el Macizo de Los Ajaches. La posible presencia de agua subterránea se hace notable por pequeños rezumes o goteos, en ningún caso se encuentran galerías o nacientes comparables a los de Famara.

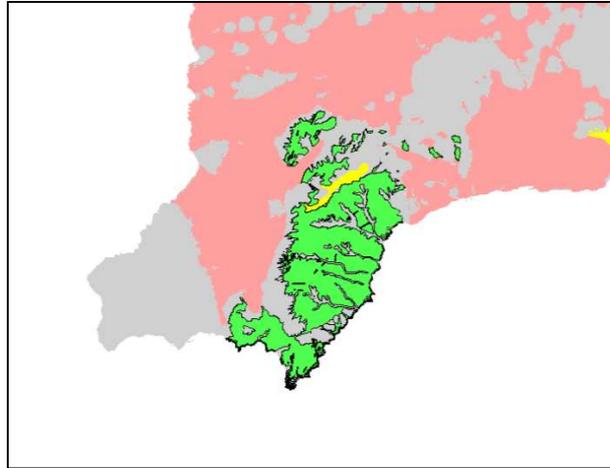


Figura 36. Delimitación del acuífero del Mioceno de Los Ajaches. Área de color verde

7.4. ACUÍFEROS DEL PLEISTOCENO Y HOLOCENO

Son las formaciones predominantes en la isla de Lanzarote. Se trata de coladas basálticas y basálticas olivínicas de diversas alineaciones volcánicas, caracterizadas por tener permeabilidades altas y muy altas.

7.4.1. Presencia de agua

Aunque sus características de permeabilidad son altas o muy altas, la presencia de aguas subterráneas asociadas a estas formaciones es rara.

Cabe destacar Los Jameos del Agua y la Cueva de los Verdes, ubicados en la costa este en el municipio de Haría. Estas formaciones de agua marina se localizan en el interior del túnel volcánico producido por la erupción del Volcán de la Corona. Son formaciones que han sido modificadas a partir de jameos naturales. Sus aguas no son explotadas debido a su salinidad y constituyen un atractivo turístico de la isla y cuentan con figura de protección ambiental (LIC).

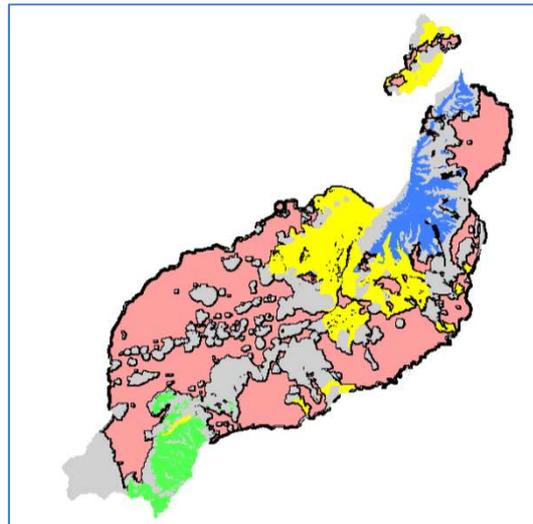


Figura 37. Delimitación de las formaciones acuíferas del Pleistoceno y Holoceno. Área de color naranja

7.5. ACUÍFEROS CUATERNARIO SEDIMENTARIOS

Formaciones ubicadas en el centro de la isla y cerca de la costa. Constituidos por materiales detríticos y arenas eólicas en su mayoría, sus permeabilidades suelen ser muy altas.

La elevada permeabilidad primaria de los materiales más modernos (malpaíses cuaternarios) contrasta con la de los más antiguos, como los basaltos miopliocenos de Famara, en los que los procesos de alteración, relleno de fisuras y huecos, y la compactación en profundidad los hacen más impermeables. En el caso de las formaciones sedimentarias, arenas eólicas, depósitos de ladera y de fondo de barranco, por su naturaleza primaria, presenta mayor permeabilidad y porosidad intergranular, facilitando la infiltración de las aguas hacia el interior.

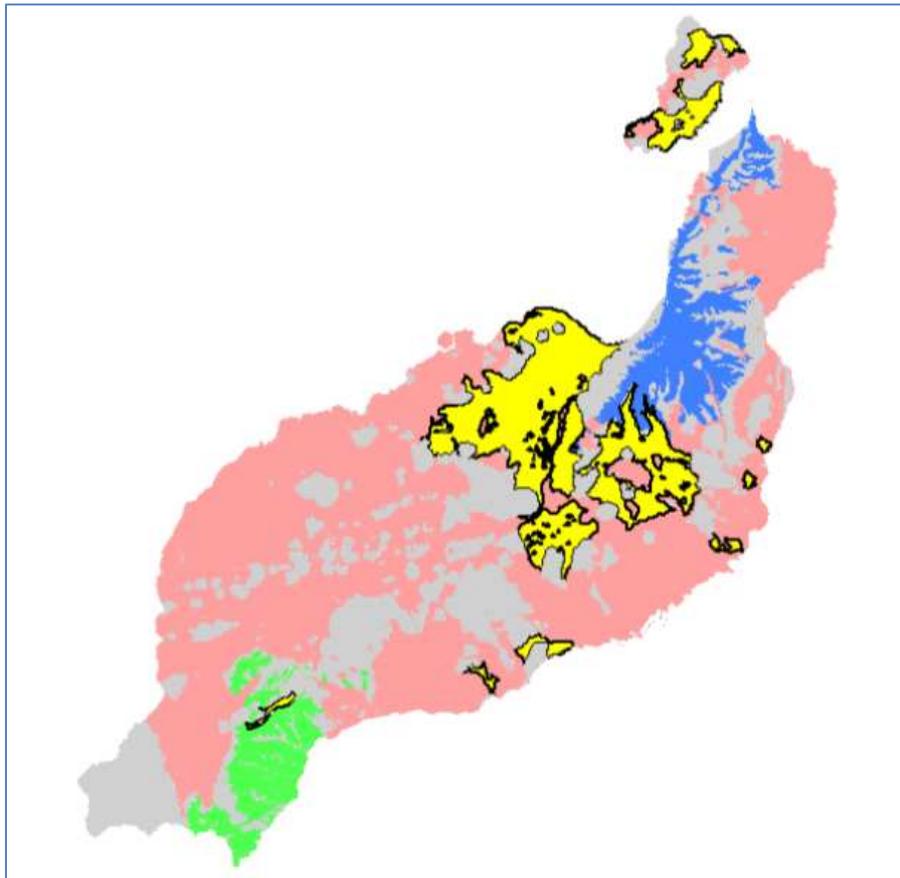


Figura 38. Delimitación de las formaciones acuíferas cuaternarias sedimentarias. Área de color amarillo

8. DEFINICIÓN DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

La delimitación de las masas de agua subterránea forma parte de los requerimientos de caracterización que se establecen en el **artículo 5 y en el Anexo II de la Directiva Marco del Agua**.

Las masas de agua subterránea se definen como todas aquellas aguas que “se encuentran bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o subsuelo”, es decir, una masa de agua subterránea será un volumen claramente diferenciado de agua subterránea en un acuífero o acuíferos.

Para delimitar las masas de agua subterránea, la consideración general es que ésta debe constituir una **unidad de gestión** que permita adoptar las medidas pertinentes para reducir la entrada de contaminantes y establecer un aprovechamiento.

La configuración de la superficie freática está condicionada por la estructura del zócalo impermeable y el espesor y permeabilidad de las unidades acuíferas. Los ejes estructurales (intensa fracturación e intrusiones filonianas) condicionan el modelo de capas: perfil escalonado y barreras (diques).

Un aspecto importante es la disponibilidad de los datos relativos a los afloros (aguas superficiales, no disponible), y pozos, fuentes o manantiales que son o han sido explotados en algún momento. Estos últimos son un indicativo claro de la existencia de agua subterránea explotable y los lugares en los que ésta se ubica.

Mediante la zonificación hidrogeológica se pueden definir zonas por:

- Diferencias de volumen de infiltración
- Comportamiento hidrogeológico
- Posición del zócalo
- Volumen de reservas disponibles
- Grado de conocimiento

Por tanto, la elaboración de un modelo conceptual permite disponer de información suficiente para posteriormente poder desarrollar la representación numérica de forma consistente.

8.1. CRITERIOS DE DEFINICIÓN DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Los criterios generales para que un acuífero o acuíferos sean considerados como una masa de agua subterránea fueron definidos en diversos documentos.

- Documento guía elaborado por la Comisión Europea *Identification of water bodies* (noviembre 2002).
- En diciembre de 2003, el Ministerio de Medio Ambiente propuso el documento *Criterios para la identificación y delimitación de las masas de agua subterránea*.

La DMA exige la caracterización de todas aquellas masas de agua utilizadas para abastecimiento (o que se prevea utilizar) que proporcionen un promedio de **más de 10 m³ diarios** o que abastezcan a más **de 50 personas**.

En el artículo 5 y en el Anexo II.2.1, además, se establecen aspectos específicos a ser considerados como son la ubicación y límites, presiones (extracción, fuentes de contaminación puntual y difusa, recarga artificial), características de los estratos a partir del cual se alimenta y dependencia de ecosistemas de aguas superficiales o ecosistemas terrestres.

En los acuíferos volcánicos, debido a sus características particulares como la heterogeneidad y la anisotropía, a un nivel de saturación regional no siempre reconocible a pequeña escala y a variaciones laterales en los parámetros hidráulicos no predecibles, la labor de modelado puede resultar muy complicada (Cruz Fuentes, 2008).

Estudios precedentes de Lanzarote y La Graciosa delimitan **una única masa de agua subterránea en toda la isla** (código ES70LZ001), formada por un acuífero principal en los Basaltos Antiguos de la Serie I, donde el comportamiento hidrogeológico está condicionado por el medio rocoso, la edad y profundidad de estas formaciones geológicas anisótropas y heterogéneas que lo constituyen (SPA-15, 1975).

En el capítulo anterior se han definido 4 formaciones acuíferas en la isla de Lanzarote. De éstas, sólo 2 (Mio-Plioceno de Famara y Mioceno de Los Ajaches) **son susceptibles a ser explotadas, y por lo tanto, sólo éstas 2 están en posición de ser definidas como masa de agua.**

El caso de las formaciones acuíferas del Pleistoceno y Holoceno, y de las cuaternarias sedimentarias, su explotación no es posible y por lo tanto, no se considera como una masa de agua subterránea (Anexo 6, plano 2.5).

8.2. MIO-PLIOCENO DE FAMARA

A continuación se describen las principales características de las masas de agua definidas a modo de ficha, tal y como lo requiere la DMA en sus formatos.

Identificación y localización geográfica

Esta masa de agua se ubica en la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote. Se extiende por aproximadamente 50 km² e incluye parcialmente los municipios de Haría y Tegüise.

Hidrogeología y geología

Desde el punto de vista hidrogeológico, en esta área la principal formación acuífera la constituyen los **materiales basálticos de Edad Mio-Pliocena** que conforman el Macizo de Famara.

Según el Plan Hidrológico (2001), las observaciones realizadas en galerías y sondeos configuran un esquema general de flujo subterráneo dominante de componente vertical, interrumpido, localmente, por zonas o niveles impermeables que dan lugar a niveles saturados colgados a diferentes alturas. A menor cota, próximo al nivel del mar, se establece un flujo horizontal con una débil componente vertical descendente en el centro y otra ascendente cerca de la costa.

Las medidas de porosidad total de los materiales de la isla son escasas, pero los datos generales indican que presentan una porosidad eficaz baja. En contraposición a los materiales modernos que conservan su alta permeabilidad primaria, alcanzando valores de 1 m/día en aquellos que no han sido alterados y edafizados. Los basaltos antiguos son más homogéneos a escala macroscópica, principalmente por la subsiguiente compactación, alteración y relleno de fisuras. En esta masa rocosa basáltica el agua circula preferentemente a través de las fisuras y los niveles piroclásticos actúan como zonas semipermeables (porosidad secundaria).

La existencia de pequeñas cantidades de agua en la zona no saturada está en relación con niveles de agua colgados, permitiendo la infiltración a lo largo de los barrancos. Algunas de las galerías situadas a mayores cotas no alcanzan la zona saturada, y únicamente reciben la componente vertical del flujo de agua subterránea.

La heterogeneidad es debida a la sucesión e imbricación de coladas basálticas con piroclastos, conos enterrados, almagres y cuerpos intrusivos, en especial diques y sills.

Límites de la masa

Al oeste limita con depósitos de ladera del Holoceno, de muy alta permeabilidad en contraposición de las bajas permeabilidades del Mioceno de Famara. Al este con depósitos piroclásticos. Al sur se establecen contactos con depósitos aluvio-coluviales y areno-arcillosos,

Recarga. La recarga de este acuífero se realiza mediante infiltración a partir de las aguas procedentes de las precipitaciones.

Descarga. La descarga se produce mediante manantiales, galerías, nacientes y pequeños rezumes. El principal representante de estas descargas son las Galerías de Famara. Parte de la descarga puede también llegar al mar.

8.3. MIOCENO DE LOS AJACHES

Identificación y localización geográfica

Esta masa de agua se ubica en la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote. Se extiende por unos 36 km² y está incluida en su totalidad en el municipio de Yaiza.

Hidrogeología y Geología

Desde el punto de vista hidrogeológico, en el ámbito de Femés la principal formación acuífera la constituyen **los materiales basálticos de Edad Miocena**, que conforman el Macizo de Los Ajaches. En el resto de formaciones aledañas, por sus características hidrogeológicas, potencia, posición topográfica, etc., no existen niveles saturados de importancia.

En el Macizo de Los Ajaches, los valores de permeabilidad y porosidad resultan sensiblemente inferiores a los de Famara, oscilando, según las zonas, entre 0,01-0,1 y 0,0002 m/día. Este hecho puede deberse a la mayor antigüedad de las coladas del Macizo de Los Ajaches, lo cual implica un mayor relleno de vesículas por carbonatos y ceolitas que da lugar a una menor porosidad y permeabilidad. En materiales más recientes, como los malpaíses cuaternarios de la zona central de la isla, se han obtenido permeabilidades del orden de 1 m/día cerca de las Montañas del Fuego.

Las medidas de porosidad total de los materiales de la isla son escasas, pero los datos generales indican que presentan una porosidad eficaz baja. Así, en los basaltos miocenos de Los Ajaches se obtiene una permeabilidad entre 0,03 y 0,05 m/día.

Límites de la masa

Limita al este con arenas y gravas del Holoceno y depósitos aluviales al noroeste. Al este y sur con el océano Atlántico. Al norte limita con coladas basálticas del Pleistoceno inferior.

Recarga. La recarga de este acuífero se realiza mediante infiltración a partir de las aguas procedentes de las lluvias.

Descarga. La descarga se produce por pequeños rezumes (de menor intensidad que las Galerías de Famara). Parte de la descarga puede ser también hacia el mar.

9. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA

Lanzarote es la isla menos montañosa de todo el archipiélago canario, sus relieves principales están situados al norte (Macizo de Famara) y al sur (Macizo de Femés), el resto son llanuras de baja cota.

La red de drenaje es incipiente y prácticamente inexistente a excepción de los Macizos de Famara y de Femés. Tal y como se ha descrito en capítulos anteriores, Lanzarote es una isla formada practicamente por rocas basálticas sobre las cuales (las más antiguas) se ha desarrollado una capa calcárea.

La Hidrogeoquímica es la herramienta que se utiliza para conocer los fenómenos químicos que tienen lugar en el agua subterránea. Es una parte importante en la caracterización de los acuíferos y del agua subterránea.

Por lo general, la calidad de las aguas subterráneas dependen de:

- ✓ Litología del suelo
- ✓ Calidad del agua de infiltración
- ✓ Relación con otras aguas o acuíferos
- ✓ Reactividad de posibles sustancias presentes en el agua

Para la caracterización hidrogeoquímica de las masas de agua identificadas se ha realizado una recopilación de información existente y posteriormente se ha realizado una pequeña verificación en campo

9.1. GEOQUÍMICA

Si bien las Islas Canarias en su conjunto son una de las áreas mejor estudiadas desde el punto de vista petrológico y químico, el conocimiento sobre la fuente, origen y diferenciación de los magmas es muy escaso debido a la falta de estudios conjuntos de campo y laboratorio.

Las rocas ígneas de las islas presentan un amplio espectro tanto químico como mineralógico. Según la clasificación TAS (*Total Alkali Silica*) de las rocas ígneas de Lanzarote (datos extraídos del Programa de control de las aguas subterráneas, PHIL 2015), se puede destacar que la característica principal de las rocas de la isla de Lanzarote es su carácter fuertemente alcalino y su poca variedad composicional, ya que la mayor parte de sus emisiones son de tipo basáltico, habiéndose cartografiado tan sólo algunos asomos de traquita en el sur de la isla.

9.1.1. Mio-Plioceno de Famara

Según la información consultada en la cartografía geológica MAGNA, el edificio basáltico de Famara presenta pocas variaciones petrográficas. La práctica totalidad de sus materiales corresponden a basanitas, existiendo también algunas tefritas, incluso tefritas-fonolíticas y piroclastos, tal y como se muestra en el diagrama TAS a continuación.

En su conjunto, son rocas de carácter subsaturado, de alcalinidad moderada y con un contenido de SiO₂ bastante bajo.

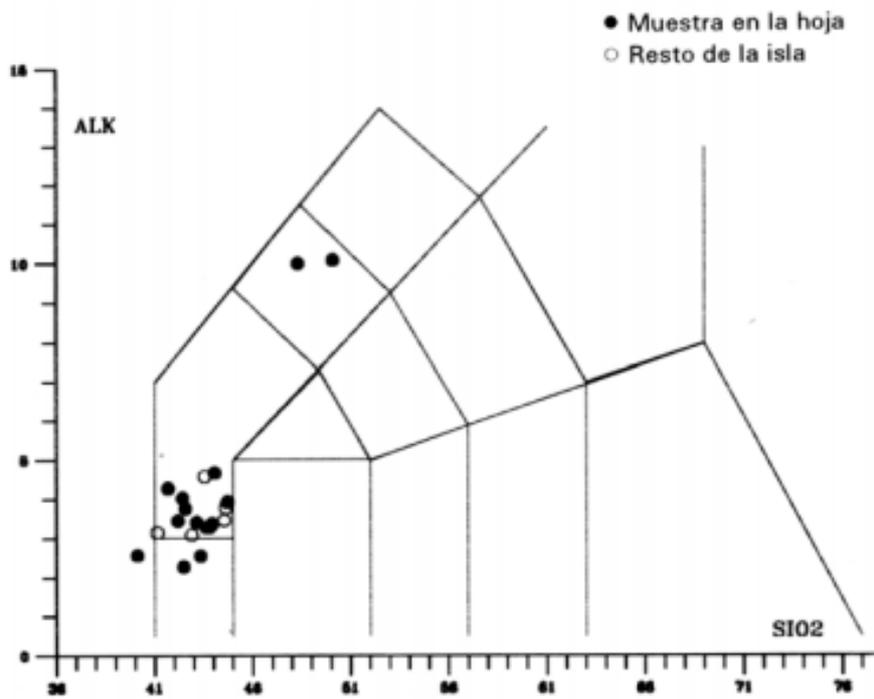


Figura 39. Diagrama TAS del periodo Mio-Plioceno. Fuente: MAGNA hoja 1080

9.1.2. Mioceno de Los Ajaches

La evolución geoquímica del Macizo de Los Ajaches se refleja en la siguiente figura, donde se observa que los tipos presentes en esta área son un poco más heterogéneos que en el caso anterior: basaltos, traquibasaltos y traquitas.

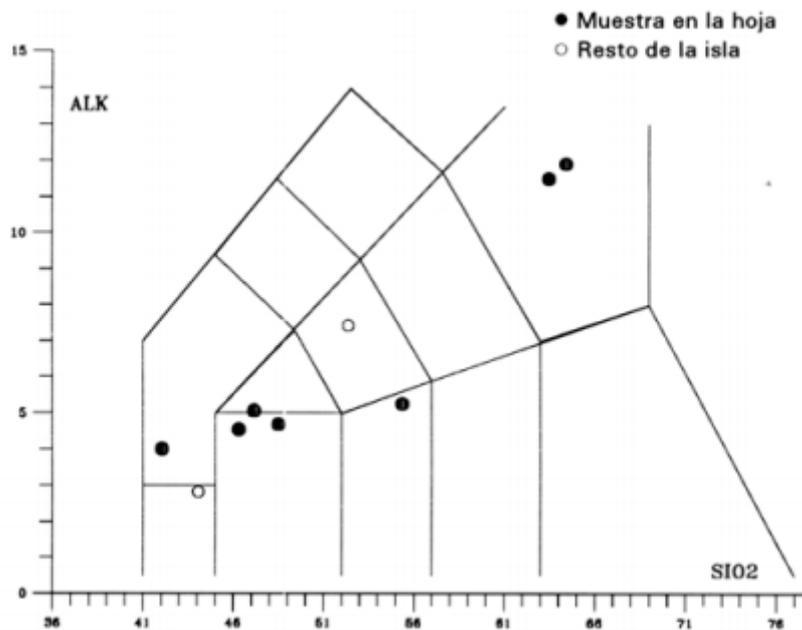


Figura 40. Diagrama TAS del periodo Mioceno. Fuente: MAGNA hoja 1084

Las rocas de carácter más básico (basanitas-basaltos) se localizan en la zona basal de la serie de Los Ajaches (Carracedo y Rodríguez Badiola, 1993). Las de características intermedias (basálticos-traquibasálticos) se ubican en la secuencia estratigráfica de Pico Redondo, y las rocas de carácter más ácido (traquitas máficas y traquitas) se encuentran en los diques de la zona de Janubio y de Papagayo.

9.2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA HIDROQUÍMICA DE LANZAROTE

En general, todas las islas del archipiélago Canario presentan unos rasgos hidroquímicos particulares, derivados de sus especiales características geológicas y climatológicas.

En particular, la isla de Lanzarote se caracteriza por 2 aspectos muy concretos:

- Su clima especialmente árido. Esto produce la **aridificación de la recarga**, es decir, el aumento de mineralización del agua de lluvia como consecuencia de su evaporación. En zonas áridas o semi-áridas, el agua procedente de la atmósfera puede retornar por evaporación varias veces a la atmósfera antes de llegar a infiltrarse. Este fenómeno produce que las aguas subterráneas presenten unos contenidos en sales inusualmente elevados. Este efecto puede verse favorecido en zonas cercanas al mar y zonas ventosas (Macizo de Famara, Malpaís de la Corona).
- **Origen volcánico**. La actividad volcánica reciente favorece la incorporación de anhídrido carbónico (CO₂) a las aguas subterráneas. Este componente disminuye el pH y aumenta su agresividad favoreciendo la disolución de los minerales a través de los que fluye. De esta manera, las aguas subterráneas de Lanzarote van incorporando sodio, magnesio, calcio, bicarbonatos y otros elementos asociados.

No existen estudios específicos acerca de la composición química de las aguas subterráneas de Lanzarote. Se sabe que, en general, las aguas subterráneas de Lanzarote son aguas muy salinas y muy mineralizadas (debido a su origen volcánico y la aridez de la recarga). Tampoco se han realizado estudios específicos sobre intrusión cerca de la costa.

9.2.1. Datos históricos

La naturaleza de las aguas subterráneas de Lanzarote, según indica el SPA-15 (1975), son consideradas frecuentemente como no potables debido a su contenido en cloruro sódico y bicarbonatos, a la vez que un alto residuo seco, superior a 1.000 mg/l y ausencia frecuente de dureza permanente, un contenido en nitrato inferior al tolerable y un contenido en fósforo superior a lo que establece la normativa estatal, aunque en Lanzarote se permite. En consecuencia, la calidad de las aguas subterráneas de la isla es de deficiente a muy deficiente.

En el proyecto SPA-15 se analizaron 100 datos procedentes de fuentes diversas, de las cuales se desconoce la ubicación, pero que abarcan la totalidad de la isla. Las conclusiones obtenidas por entonces, es que se trata de aguas fuertemente mineralizadas, cuyo anión predominante es el cloruro (superando la mayoría de las veces los 500 mg/l).

Las concentraciones de sulfatos oscilan entre 30 y 850 mg/l, siendo las menores las que se encuentran en la zona centro. En general, las aguas de los rezumes de la zona centro están mucho menos mineralizadas por su menor tiempo de permanencia en el acuífero y su mayor velocidad de circulación.

El sodio es el catión más abundante, con concentraciones entre 110 y 2.800 mg/l. El magnesio varía entre 5 a 360 mg/l y el calcio entre 10 y 240 mg/l.

Los nitratos, en la zona de Haría, presentan valores más elevados que el resto.

Los fosfatos aparecen frecuentemente adquiriendo concentraciones relativamente elevadas (1 mg/l) aunque de origen natural.

En cuanto a microelementos, se encuentra litio en algunos pozos del Macizo de Famara (concentraciones aproximadas de 0,01 mg/l).

Cabe destacar la existencia de una zona geotérmica de unos 20 km² en las Montañas de Fuego. Ésta presenta algunas emisiones de vapor acompañadas de pequeñas cantidades de azufre y cloro.

9.2.2. Caracterización geoquímica en base a las formaciones geológicas

En líneas generales, la composición química y calidad del agua subterránea depende de un conjunto de varios factores como lo son la geología, clima, topografía y usos del suelo. En ese aspecto, las 2 masas de agua definidas presentan grandes similitudes, aunque algunos parámetros como la velocidad de flujo y la recarga pueden presentar particularidades.

Un primer factor a tener en cuenta es la composición del agua de lluvia que produce la recarga. En el caso de las 2 masas de agua descritas, el agua de lluvia es de origen atlántico, es decir, su composición es **clorurada-sódica**. Además, tal y como se ha comentado anteriormente, el fenómeno de aridificación de la recarga produce que estas sales se concentren mucho más, aumentando así la concentración de cloruro y de sodio.

Por otra parte, la baja velocidad del agua en algunas zonas, la presencia de CO₂ que favorece la disolución de sales y la alcalinidad de las rocas volcánica acaba traducándose en un aumento de sodio, bicarbonatos, y en menor medida, de sulfato y cloruros.

Ambas masas de agua son susceptibles a sufrir los efectos de la intrusión salina. Las causas son la elevada permeabilidad de los materiales basálticos cuaternarios y la fisuración generalizada de la Edad Miopliocena de Famara y de la Edad Miocena de Los Ajaches.

En el caso de la zona de Femés-Los Ajaches, la escasa recarga existente en la zona puede contribuir a agravar este fenómeno.

Otro factor a considerar es la ubicación de la isla de Lanzarote, muy propicia a recibir polvo de procedencia africana que produce, al ser meteorizado, un incremento de calcio y bicarbonatos y en menor medida de nitratos y fosfatos.

9.2.2.1. Formación basaltos antiguos

En este apartado se pretende analizar la relación entre la composición química de las aguas subterráneas y las distintas formaciones geológicas existentes asociadas a los acuíferos que se han delimitado.

Se ha consultado los diagramas de Stiff y el diagrama de Piper elaborado para otras zonas próximas cuyas aguas subterráneas explotan las mismas formaciones.

En el caso de Gran Canaria, en sondeos que explotan basaltos antiguos (Estudio hidrogeológico para la definición de áreas sobreexplotadas o en riesgo de sobreexplotación en la zona baja de Gran Canaria, Convenio específico 1998-2003 IGME y Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria).

En el caso de las aguas subterráneas que explotan la formación de basaltos antiguos, se detectan 3 tipos de aguas:

- Bicarbonatadas sódicas: estables y con alta mineralización
- Bicarbonatadas magnésico-cálcicas o sódicas con mineralización elevada. Esta tipología se encuentra en los sondeos más cercanos a la costa.
- Clorurada magnésico cálcica en aquellos pozos donde se ha referido una cierta intrusión marina.

Si bien no se puede generalizar, las similitudes geológicas y geográficas podríamos suponer que las aguas de Lanzarote tienen una composición similar.

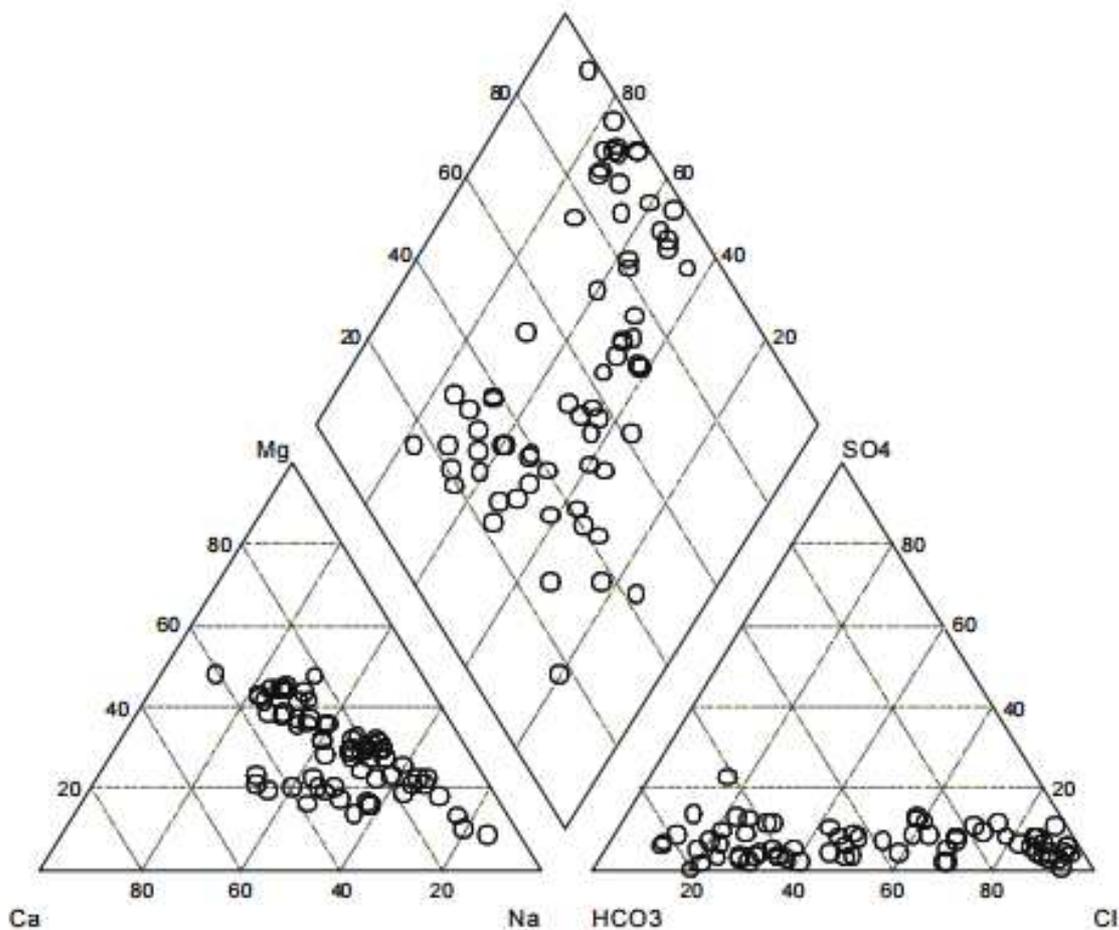


Figura 41. Diagrama de Piper para la formación basaltos antiguos, caso de Gran Canaria. Fuente: Estudio hidrogeológico para la definición de áreas sobreexplotadas o en riesgo de sobreexplotación en la zona baja de Gran Canaria, Convenio específico 1998-2003 IGME y Consejo Insular de aguas de Gran Canaria

Por otra parte, se han consultado las analíticas de aguas subterráneas que explotan el Macizo de Betancuria, en Fuerteventura, que por proximidad y naturaleza también se podrían asimilar a las de Lanzarote. En este caso, se detecta una mayor concentración de sodio (atribuida a la interacción agua-roca) y una composición aniónica marcada por una elevada concentración de sulfato y cloruro.

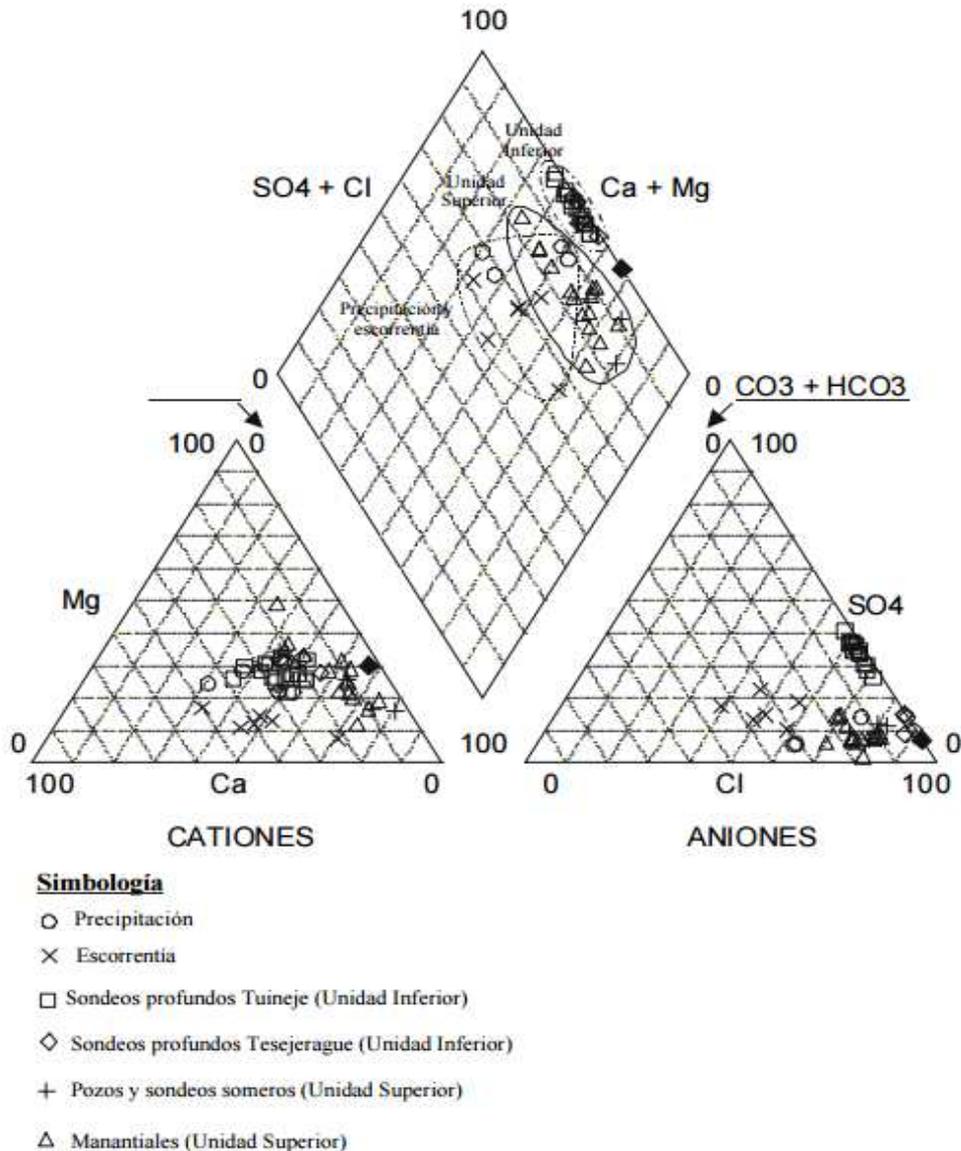


Figura 42. Diagrama de Piper para las aguas subterráneas del Macizo de Betancuria (Fuerteventura). Fuente: Tesis de caracterización hidroquímica del macizo de Betancuria (Fuerteventura, 2001)

9.3. RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE CAMPO

Se ha realizado una campaña de campo con el objetivo de verificar ciertas características de las aguas subterráneas que han sido recopiladas en los estudios anteriores.

Cabe indicar que no se trata de una campaña exhaustiva y que no se ha elaborado a partir de una red de control. Es decir, son muestras de verificación y la línea base de control de calidad de aguas subterráneas deberá realizarse sobre la red que se defina a tales efectos.

En el **Anexo 3** se incluyen los detalles de la campaña de campo (fichas de campo, protocolos utilizados y resultados).

9.3.1. Puntos visitados

En total se visitaron 12 puntos, 8 puntos en la zona de Famara, 3 puntos en la zona de Los Ajaches y 1 punto en los Jameos del Agua (Anexo 6, plano 2.6 y 2.7).

En todos los puntos se tomó el nivel piezométrico (en caso de haber agua), se tomaron los parámetros fisicoquímicos *in situ* y en algunos casos se tomaron muestras de agua para analizar los componentes mayoritarios.

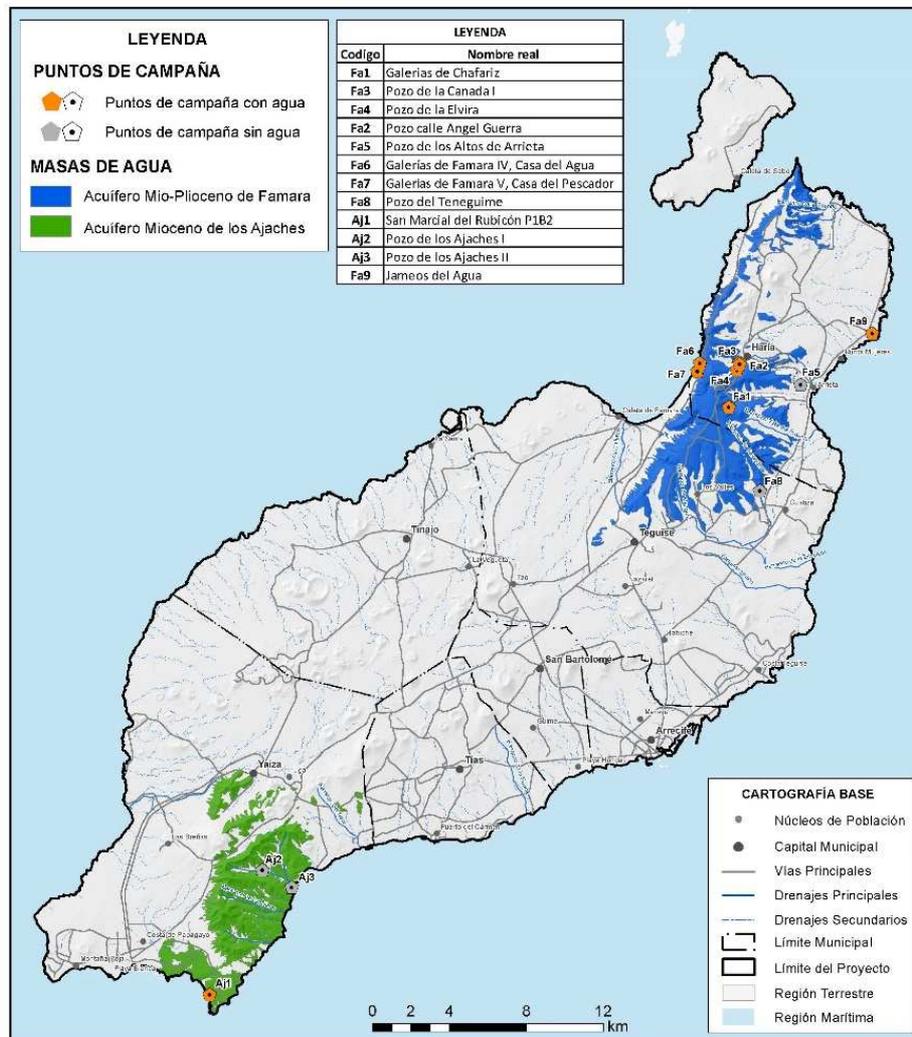


Figura 43. Puntos visitados en la campaña de campo de febrero 2017. INCLAM

Para cada uno de los puntos se incluye la ficha de campo con los datos recopilados en el **Anexo 3b**.

En la siguiente tabla se incluyen los puntos visitados y los parámetros tomados.

		ID	UTMX	UTMY	Toma de nivel	Parámetros fisicoquímicos in situ	Toma de muestra para laboratorio
Zona de Haría	Galerías de Chafariz	Fa1	645093	3222546	X	X	X
	Pozo de la Cañada I	Fa3	645641	3224907	X	X	
	Pozo de la Elvira	Fa4	645509	3224489	X	X	X
	Pozo calle Ángel Guerra	Fa2	645647	3224797	X	X	
	Pozo de los Altos de Arrieta	Fa5	648837	3223729	X	X	X
	Galerías de Famara IV	Fa6	643452	3224432		X	
	Galerías de Famara V	Fa7	643583	3224861		X	
	Pozo del Teneguime	Fa8	646704	3218158	X	X	
					6	8	3
Zona Los Ajaches	Pozo San Marcial del Rubicón P4	Aj1	618101	3191766	X	X	X
	Pozo de Los Ajaches I	Aj2	620843	3198280	X	X	
	Pozo de Los Ajaches II	Aj3	622373	3197364	X	X	X
					3	3	2
	Jameos del Agua	Fa9	652546	3226421		X	X

Figura 44. Cuadro resumen de los puntos visitados. Fuente: campaña de campo febrero 2017

9.3.2. Interpretación de los resultados

A continuación se analizan los resultados obtenidos por masa de agua estudiada. Se analiza también la naturaleza del agua de los Jameos del Agua.

9.3.2.1. Jameos del Agua

El punto tomado en los Jameos del Agua arroja unos resultados muy característicos de un agua de mar. Si se observa el diagrama de Stiff para este punto, presenta una forma de "T" muy clara. Sus iones mayoritarios son cloruro y sodio, con un valor de magnesio de aproximadamente 1.200 ppm, y el valor de Sólidos Disueltos Totales supera los 30.000 ppm, lo que indica **claramente que se trata de agua de mar**.

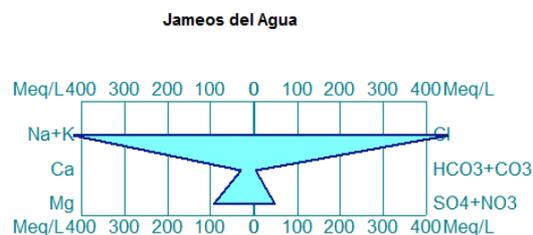


Figura 45. Diagrama de Stiff en el punto de muestreo de los Jameos del Agua

Como se observa en la figura, el punto de los Jameos del Agua no está ubicado sobre el área de influencia del acuífero, pero se ha preferido analizar este punto para confirmar el origen del agua y corroborar la extensión y funcionamiento propuestos para el acuífero.

9.3.2.2. Mio-Plioceno de Famara

Se visitaron un total de 8 pozos ubicados en el área de influencia de la Masa de Agua Subterránea del Mio-Plioceno de Famara. En 2 de ellos no se encontró agua, justamente los que se sitúan sobre los límites definidos del acuífero. Los pozos con agua son los que se encuentran en la zona de Haría (área de influencia del acuífero definido) y en los riscos de Famara.

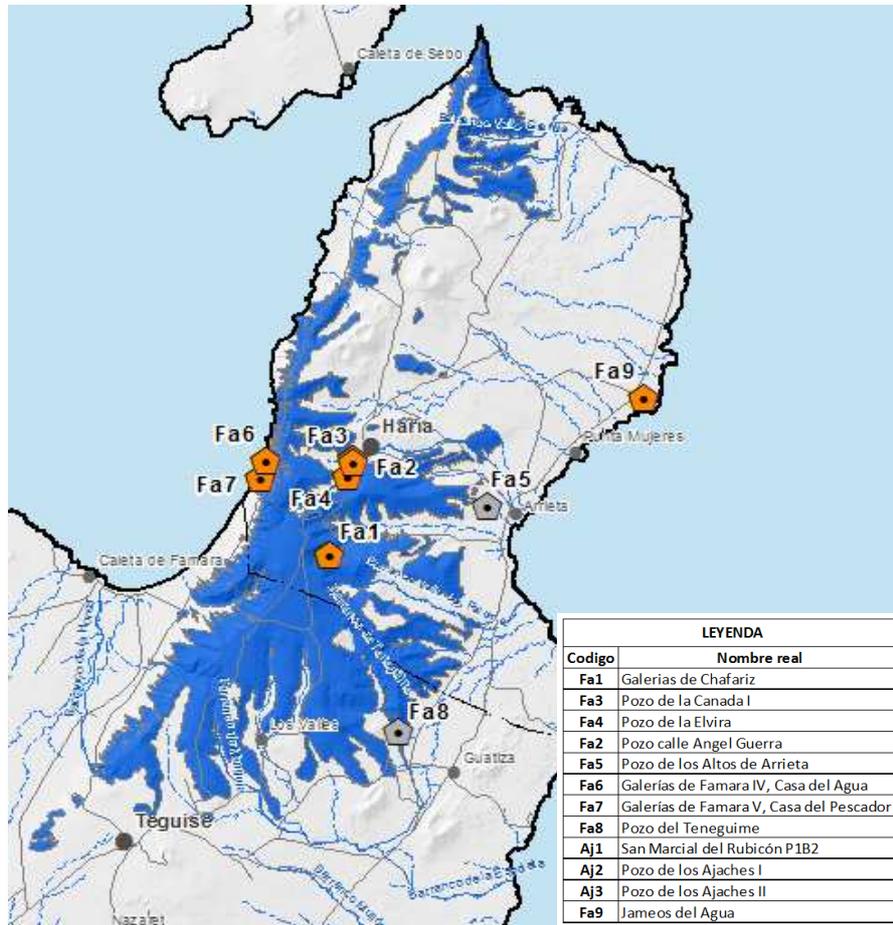


Figura 46. Puntos visitados en la zona del acuífero del Mio-Plioceno de Famara

Se tomaron muestras de 4 pozos ubicados en las cercanías de la ciudad de Haría y se visitaron 2 galerías de Famara donde se tomaron parámetros fisicoquímicos *in situ*.

En el caso de los 4 puntos analizados en la zona de Famara se observa que los diagramas de Stiff presentan una forma típica de "punta de flecha", característica de las aguas subterráneas naturales. En este caso no se aprecia influencia del agua de mar.

Los valores medidos en campo de Sólidos Disueltos Totales no superan en ninguno de los pozos los 3000 ppm, con lo que se puede considerar que se trata de agua dulce.

Cabe resaltar la similitud entre los pozos de Ángel Guerra y de la Cañada por una parte, y las Galerías de Chafaríz y el pozo Barranco de la Elvira por otra parte.

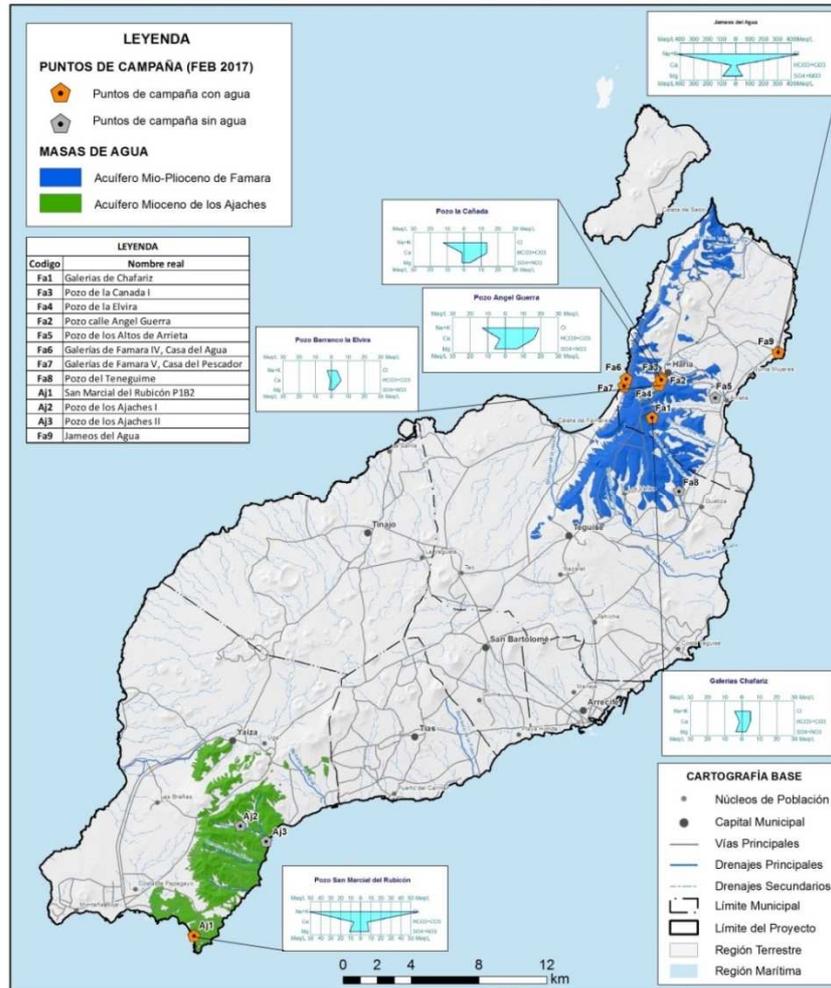


Figura 47. Figura resumen de las analíticas realizadas durante la campaña de campo. Fuente: elaboración propia

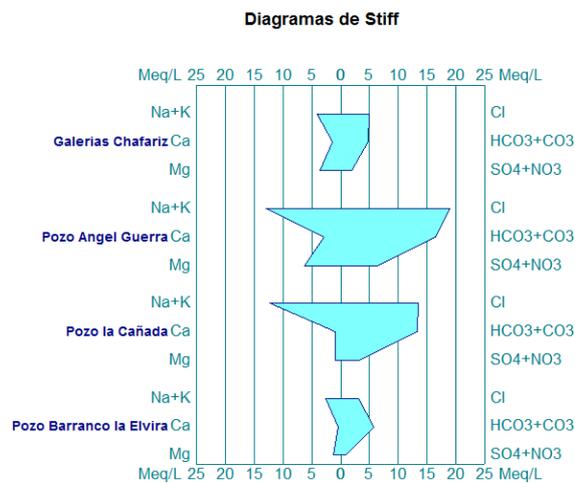


Figura 48. Diagramas de Stiff de los pozos de la zona de Haría. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM

Las diferencias entre puntos son poco significativas, y solo cabría destacar que los puntos del pozo de Ángel Guerra y pozo de la Cañada son aguas ligeramente más mineralizadas que el resto.

Los resultados obtenidos en los puntos analizados coinciden con las observaciones hechos en la campaña elaborada para el SPA-15 (ver apartado 9.2.1). Las concentraciones de magnesio, sulfatos y calcio permanecen en los mismos rangos de valor que daba el SPA-15. El valor de nitratos es bajo, por debajo de los umbrales permitidos, al igual que indicaban los estudios antecedentes.

La concentración de cloruros y en sodio es ligeramente más baja que lo medido en estudios antecedentes. El SPA-15 indicaba valores por encima de los 500 mg/l de cloruros (en las Galerías de Chafariz y el pozo de la Elvira los cloruros no superan los 200 mg/l) y entre 110 y 2800 mg/l (concentraciones de aproximadamente 280 mg/l en las Galerías de Chafariz y el pozo de la Elvira, y valores inferiores a los 100 mg/l en el resto de los puntos).

Esto puede deberse al abandono de la explotación de los pozos de esta zona que no favorecería el avance de la intrusión salina.

Al observar los diagramas de balance iónico, se puede observar que su composición es prácticamente idéntica en los 4 pozos analizados, a excepción del pozo de la cañada cuya concentración en sodio es un poco mayor.

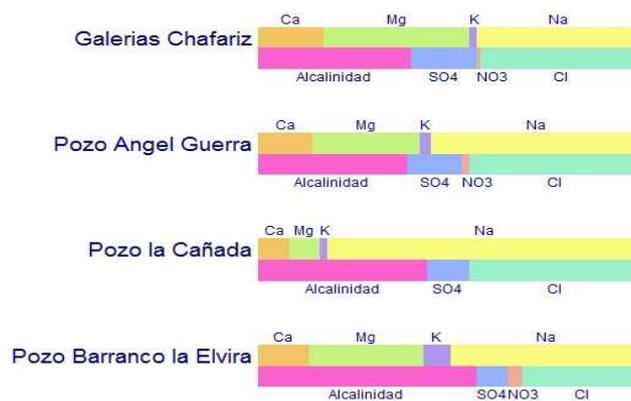


Figura 49. Diagramas de balance iónico de los pozos de la zona de Haría. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM

A continuación se muestra el diagrama de Piper elaborado donde se han incluido todos los puntos analizados en laboratorio (Famara más Ajaches).

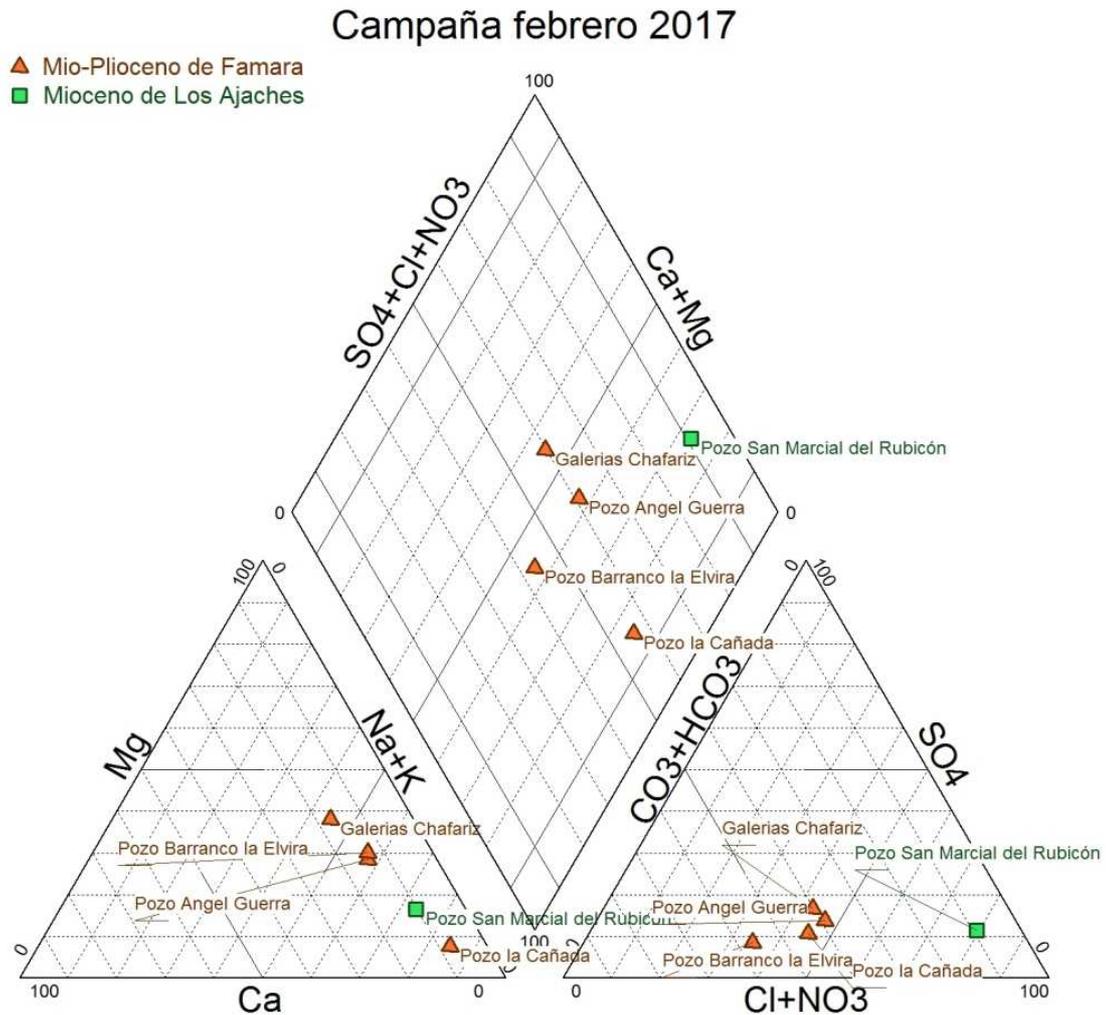


Figura 50. Diagrama de Piper. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM

Según el diagrama de Piper, las aguas recolectadas en los pozos monitoreados, las aguas subterráneas de la masa de agua del Mio-Plioceno de Famara son aguas tipo sódico-potásicas (por la composición catiónica) y tipo mixtas-bicarbonatadas (por la composición aniónica). Las muestras se localizan en el centro del rombo del diagrama de Piper, ligeramente en el cuadrante derecho, lo que clasifica sus aguas como aguas dulces **ligeramente cloradas sódicas**.

La forma del diagrama es muy parecida y concordante a la que encontramos en las formaciones similares de basaltos antiguos de otras islas vecinas, como por ejemplo Gran Canaria (ver apartado 9.2.2.1).

Observando el diagrama de Schoeller-Berkaloff, la diferencia entre las muestras no parece muy significativa. Todas ellas presentan un mismo patrón.

Lanzarote

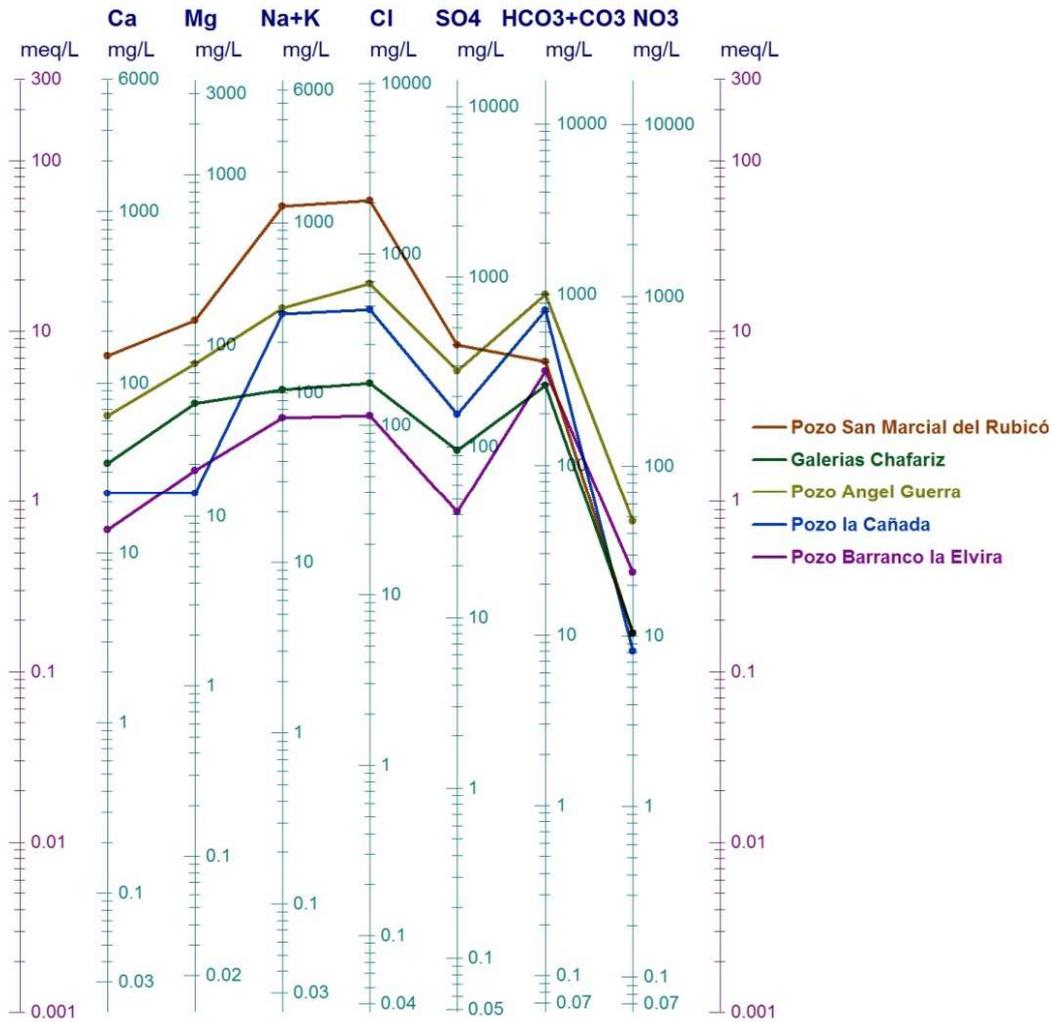


Figura 51. Diagrama de Schoeller-Berkaloff de los puntos monitoreados. Fuente: Campaña de campo febrero 2017

Se han representado también los puntos analizados en un diagrama de Wilcox, que nos indica las posibilidades de uso del agua según sus características. Este diagrama se utiliza principalmente para uso agrícola y si bien el recurso es abastecido por agua de desalinizadora y los caudales de los pozos son más bien escasos, es una posibilidad a contemplar.

Observando el siguiente diagrama de Wilcox, las aguas de los pozos muestreados en las proximidades de Haría no serían apropiadas para uso agrícola por su alta conductividad y su contenido en sales, en particular en sales de sodio. Esto concuerda con el progresivo abandono de los pozos que ha sucedido a lo largo de las últimas décadas. El agua procedente de las Galerías de Chafariz y del pozo del Barranco de la Elvira tiene una mejor calidad de agua al tener una conductividad menor.

Al igual que en los diagramas anteriores se observa que los pozos de la Elvira y las galerías de Chafariz son similares, de la misma manera que los pozos de la Cañada y de Ángel Guerra que también son similares entre ellos y con ligeras diferencias respecto los anteriores.

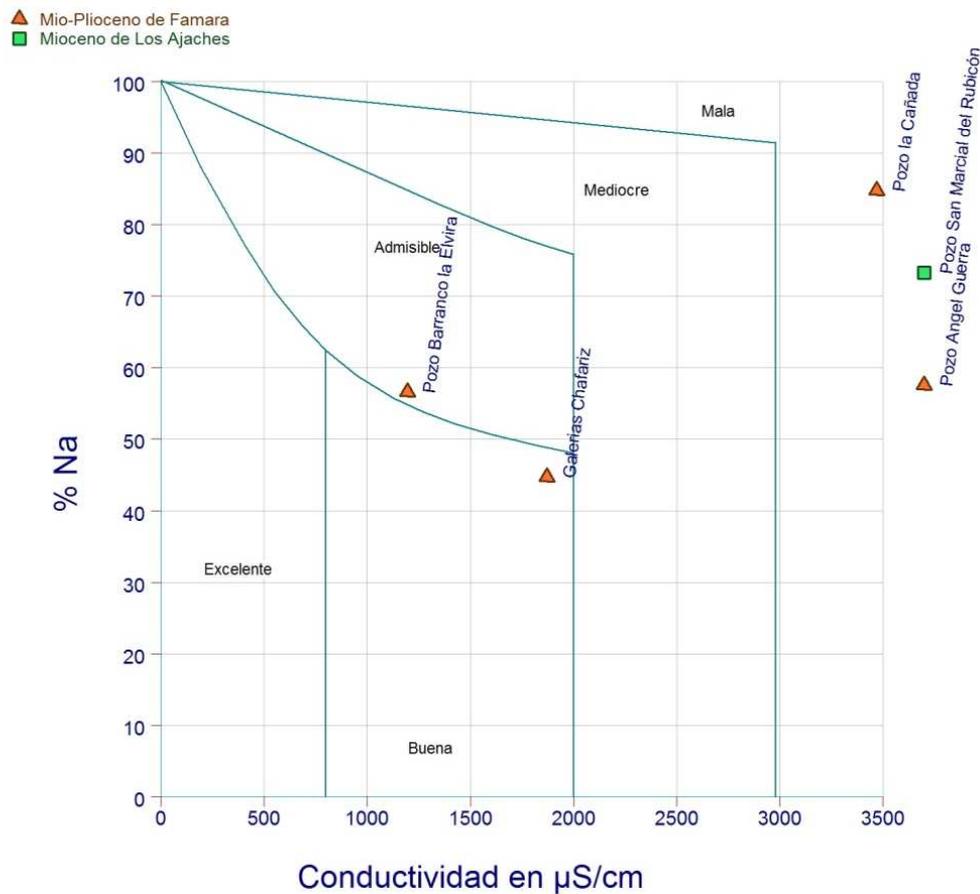


Figura 52. Diagrama de Wilcox para los puntos monitoreados. Fuente: Campaña de campo febrero 2017.

Las Galerías de Famara no fueron analizadas en laboratorio pero se tienen los parámetros físicos in situ de los 2 puntos medidos (Galerías de Famara IV y Galerías de Famara V). En ambos casos el pH es de aproximadamente 8, y las conductividades superan los 5.000 microSiemens/cm. Es decir, se trata de agua con un alto contenido en sales.

9.3.2.3. Mioceno de Los Ajaches

En área de influencia del acuífero definido en el Mioceno de Los Ajaches se visitaron 3 pozos, de los cuales solo se pudo encontrar agua en 1 de ellos (San Marcial del Rubicón).

Es significativo que en esa zona no se encuentre agua, a excepción del pozo de San Marcial del Rubicón, muy cercano a la costa. Analizando los datos históricos, los pozos de esta zona fueron utilizados por los primeros pobladores de la isla y poco a poco fueron siendo abandonados por la falta de agua y por la salinización de sus aguas. Los pozos daban poca producción de agua pero destacaban los de San Marcial del Rubicón.

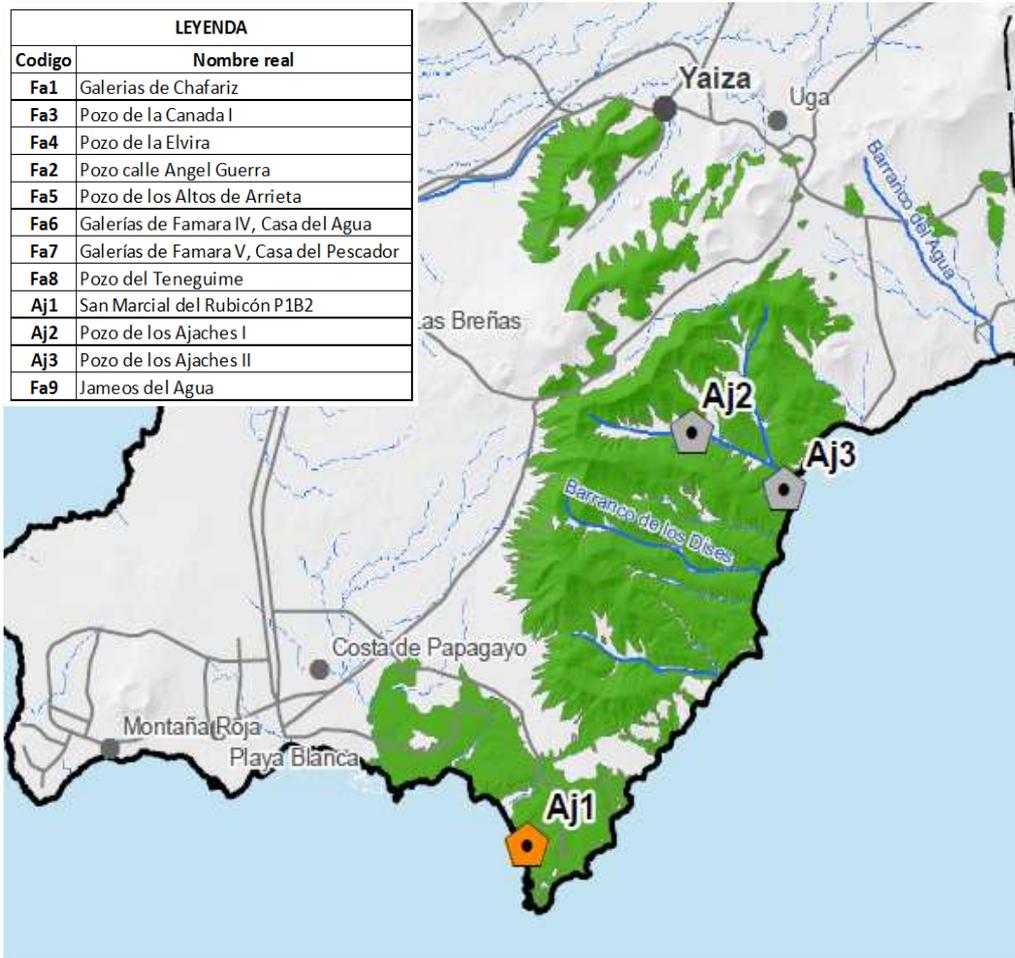


Figura 53. Puntos muestreados en la zona del acuífero Mioceno de Los Ajaches. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM

El diagrama de Stiff de este punto muestra una forma en "T", característica del agua de mar. En este caso, la concentración de iones sodio y cloruro es mucho más baja que los valores normales de agua de mar, por lo tanto se deduce que se trata de agua subterránea con gran influencia de agua de mar.

El valor de Total de Sólidos Disueltos (TDS) es de 5224 ppm, es decir, dentro del rango 3.000-20.000 ppm que la clasificación de aguas subterráneas según contenido de sales corresponde con un **agua salobre**.

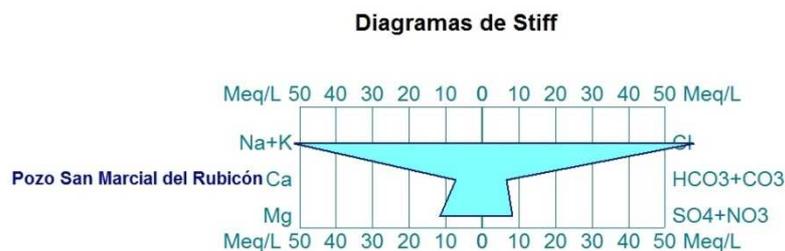


Figura 54. Diagrama de Stiff del pozo muestreado en la zona de Los Ajaches. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM

En el diagrama de balance iónico se observa una alta concentración de los iones sodio y cloruro en relación al resto de iones. La concentración de magnesio y la baja alcalinidad también denotan que se trata de un agua con una influencia marina importante.



Figura 55. Diagrama de balance iónico del pozo muestreado en la zona de Los Ajaches. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM

Si analizamos los diagramas hidroquímicos correspondientes a este punto (ver páginas anteriores), solo podemos resaltar el hecho que el agua subterránea del pozo de San Marcial del Rubicón está muy influido por el agua de mar.

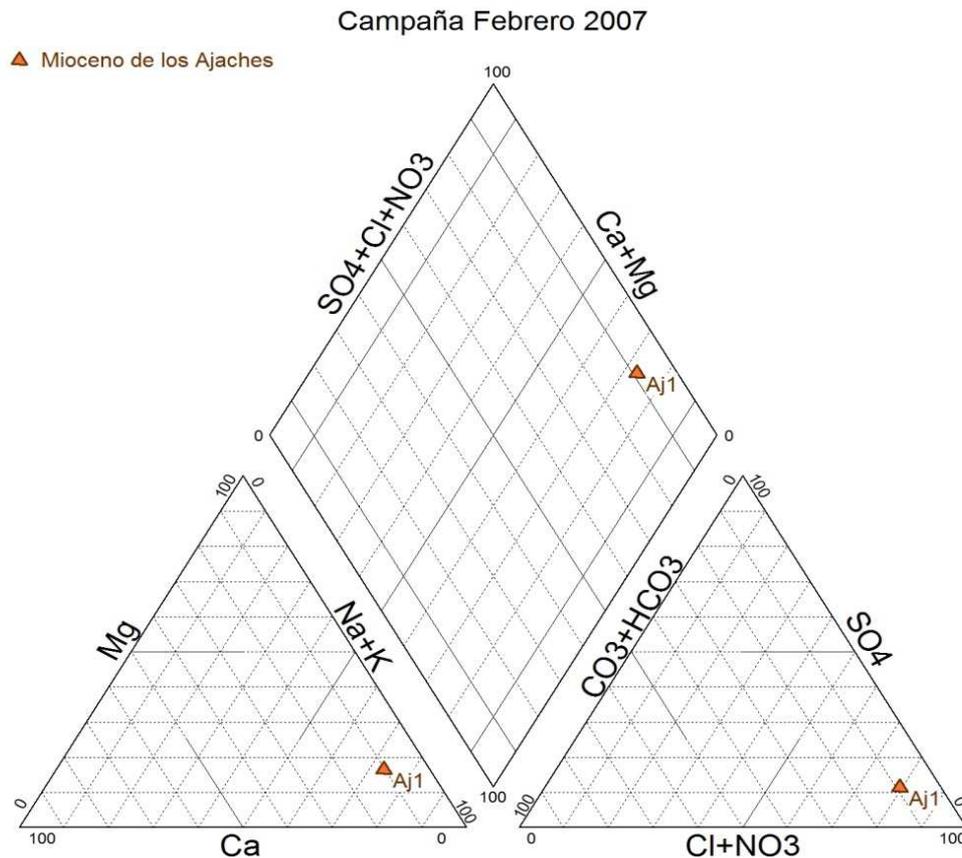


Figura 56. Diagrama de Piper en el punto monitoreado del Mioceno de los Ajaches.

Solo se dispone de un punto de muestra ya que en otros puntos del acuífero no se encontró agua. Si bien solo nos basamos en un único punto, éste es de tipo claramente **clorurado sódico**.

Debido a su alta conductividad también se deduce que es un agua no apta para consumo humano ni para uso agrícola. Según su valor de TDS (5224 ppm), el agua de este punto se clasificaría como **salobre**.

Observando el diagrama de Schoeller-Berkaloff, destaca el pozo de San Marcial de Rubicón, mucho más salino con concentraciones más altas de sodio y cloruros, pero que concuerda con lo observado ya que pertenece a la masa de agua del Mioceno de Los Ajaches, con mayor influencia del mar.

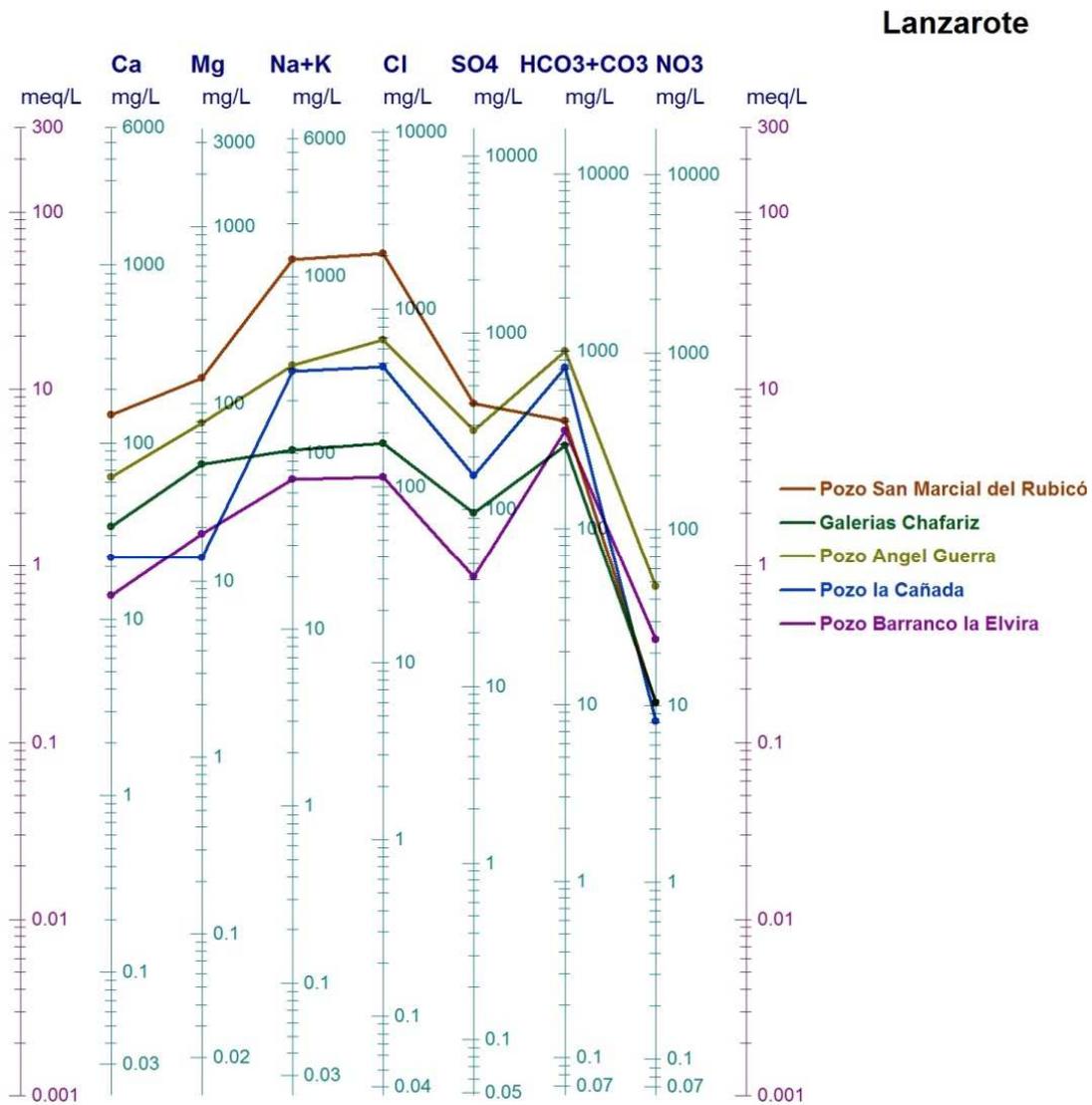


Figura 57. Diagrama de Schoeller-Berkaloff de los puntos monitoreados. Fuente: Campaña de campo febrero 2017

10. DINÁMICA DE FLUJO

La geología de la isla configura un conjunto de acuíferos de diversa litología y condiciones hidráulicas diferentes, habituales en lugares de naturaleza volcánica.

Las entradas de agua a los acuíferos están constituidas por la recarga a partir del agua de lluvia. Las posibles recargas menores se producen por pérdidas en la red de abastecimiento o la infiltración de parte de la escorrentía (caso de la zona de La Geria), aunque son prácticamente inexistentes.

Las salidas del acuífero se producirían por la descarga al mar, puesto que la explotación de pozos y galerías en el norte de la isla es a penas simbólica actualmente.

10.1. RECARGA Y DESCARGA DE LOS ACUÍFEROS

La recarga se estima en base a las características de los suelos y las cifras mensuales de pluviometría y cálculo de la evapotranspiración potencial.

Según estudios antecedentes (Torres Cabrera y Díaz Peña, 2006), en Lanzarote, donde la mayor parte del sustrato superficial está compuesto de materiales muy permeables (malpaíses, piroclastos y arenas), la infiltración se ha estimado entorno al 2,6% del volumen total aportado por las precipitaciones infiltradas y que alcanzan el acuífero (dato del PHIL, 2001). Este valor es similar al dato publicado en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote (2%), siendo un valor medio en toda la isla.

La **infiltración** del agua depende de los *suelos* -sellado superficial, textura, horizontes cementados y materiales superficiales-, y de la *intensidad de la lluvia*.

Sobre los malpaíses de Timanfaya o La Corona, La Geria, la zona comprendida entre Tías y Playa Quemada, El Jable y todos los arenados artificiales, se produce la mayor parte de la recarga de aguas subterráneas de la isla.

Cuando se produce una lluvia en Timanfaya o La Corona, prácticamente el 100% del agua se infiltra en el sustrato. Concretamente en la zona de, el agua penetra por las grietas, y debido al bajo espesor del suelo, percola hasta el acuífero, resultando la tasa de infiltración de agua más elevada (6,8% frente al 2,6% de media para la isla, Plan Hidrológico 2001).

En cambio, en lugares como la zona de Tías-Playa Quemada, El Jable y los arenados artificiales el agua queda retenida en los picones y arenas superficiales y, principalmente, en el suelo subyacente. En estos casos, el agua se infiltra hasta el acuífero cuando satura los suelos (en pocas ocasiones).

Sin embargo, esta gran porosidad favorece

- Una gran capacidad de almacenamiento en la zona no saturada
- Una gran evaporación de esa agua almacenada. La consecuencia de esta dinámica de transferencia atmósfera-cuenca se traduce en que estas zonas no llegan a almacenar recurso hídrico explotable de forma regular.
- Los 2 puntos anteriores, junto con las escasas precipitaciones recibidas, impiden la subida del nivel freático hasta alcanzar niveles explotables regularmente.

En Los Ajaches, Famara, llanura de Playa Blanca, Guanapay-Teguise o Peñas del Chache (suelos arcillosos), y otros sectores sin arenas o picones, una parte del agua se infiltra y otra genera escorrentía. En este caso el aporte de agua efectivo al acuífero se produce en las redes de drenaje que es donde se concentra el agua de escorrentía, satura el suelo y se infiltra hasta las capas profundas. En

cambio, en los terrenos situados entre las redes de drenaje sólo se produce una humectación de los horizontes superficiales del suelo y ocasionalmente el agua alcanza el sustrato geológico.

Los suelos encalichados como Lomo Blanco o algunos Lomos de Los Ajaches, presentan capas cementadas generalmente por carbonato cálcico en capas profundas del suelo. Esto reduce de forma significativa la permeabilidad del mismo, afectando al movimiento vertical de agua, y originando un desplazamiento lateral de las aguas infiltradas sobre la capa impermeable en el sentido de la pendiente.

Esta situación se asemeja a la que se produce en los conos volcánicos de la Serie III (Maneje, Zonzamas, Montaña Blanca, Guardilama, Tinasoria, etc.) los cuales presentan los picones cementados por una matriz formada por carbonatos y posiblemente sílice amorfa. Estos suelos han perdido el horizonte superficial, y aflora en superficie la capa impermeable impidiendo la infiltración del agua.

En los suelos no cubiertos de arena o piroclastos, y de textura fina, la tasa de infiltración se estima entre 10 y 15 mm/h (Torres Cabrera y Díaz Peña, 2006).

En la medida que en Lanzarote las precipitaciones registradas tienen una intensidad igual o inferior a 10 mm/h (Díaz Peña, 2004), generalmente se produce la infiltración en el suelo de todo el volumen de agua aportado por la lluvia. Si esta intensidad de lluvia, aunque baja, es persistente, puede humedecer los horizontes profundos del suelo y percolar hasta el acuífero. Pero si esta intensidad corresponde a episodios aislados de lluvia sólo se humedecerán los 10 o 15 cm superficiales, que se evaporarán con relativa facilidad.

Sólo entre el 1% del volumen de agua aportado por las precipitaciones en Lanzarote (Torres Cabrera y Díaz Peña, 2006) y el 2.6% (Plan Hidrológico de la Demarcación de Lanzarote), se convierte en **escorrentía**. Estos son valores medios, la mayor parte de estas escorrentías se originan en Los Ajaches, y barrancos y riscos de Famara. Son las zonas de mayores pendientes e impermeables, como en los sectores de Los Ajaches, Famara y los conos volcánicos antiguos de la zona central, las generan mayores escorrentías, al contrario que los suelos cubiertos de piroclastos, arenas calcáreas o malpaíses recientes. Los suelos menos permeables de la isla se extienden por Vega de San José-Guanapay-Los Valles-Tesequite, Peñas del Chache y valles cercanos, conos volcánicos antiguos del centro de la isla y Los Ajaches.

Estas mayores escorrentías permitiendo su aprovechamiento en gavias y maretas en los terrenos de cultivo, que pueden a su ayudar a la infiltración de agua en el terreno.

La siguiente figura muestra el plano de pendientes de las islas de Lanzarote y La Graciosa donde se identifican fácilmente las zonas anteriormente mencionadas.

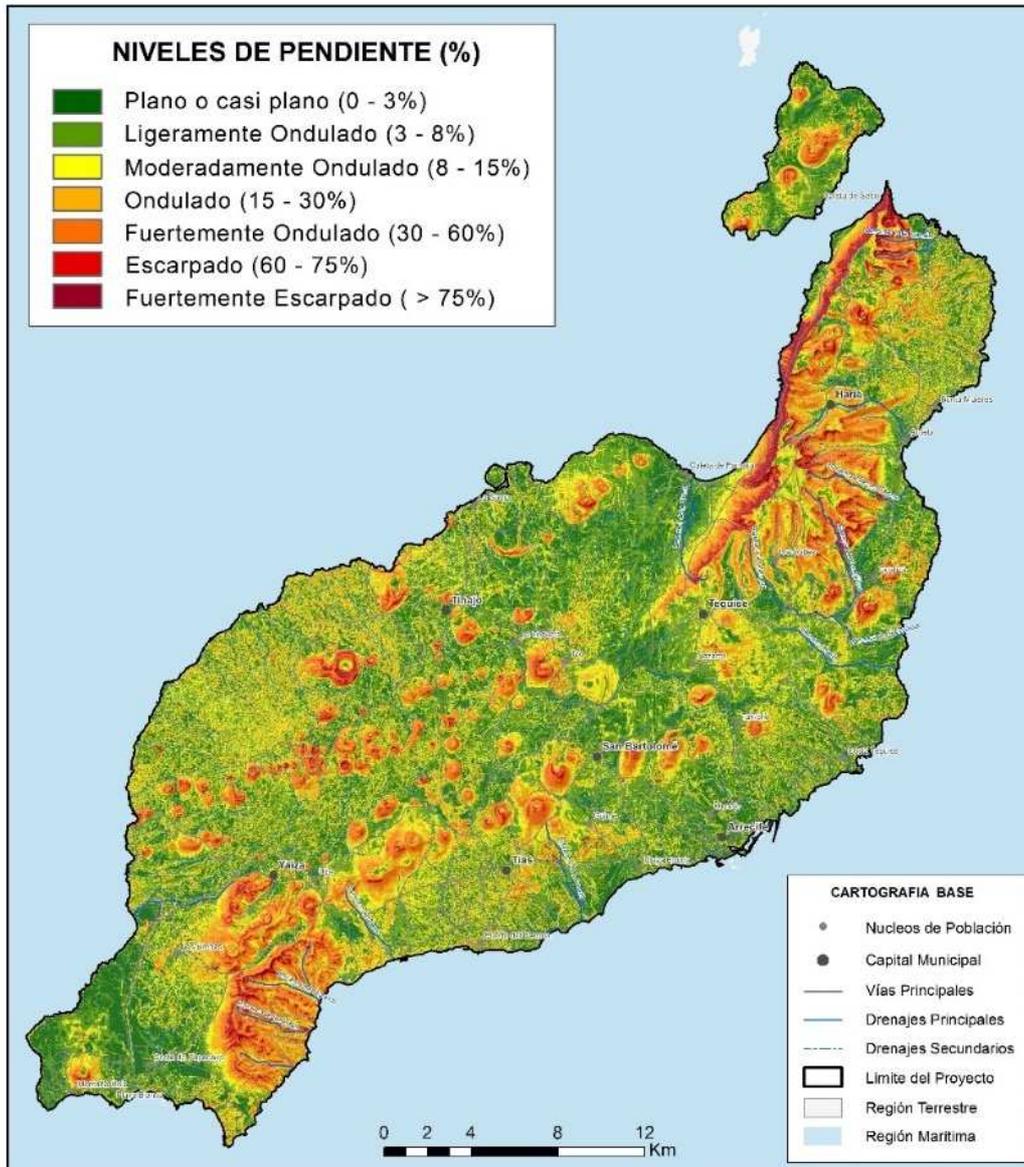


Figura 58. Niveles de pendientes en el área de estudio. Fuente: INCLAM

A partir de la información disponible en las publicaciones de estudios precedentes, respecto a las descargas, los manantiales conocidos en Lanzarote son los **rezumes** localizados en el área de Famara y en el centro de la isla.

En Famara, muchas de estas *zonas húmedas* producían agua a lo largo de todo el año; en las situadas entre el nivel del mar y los 500 m, se estimaba una descarga total de 10-15 m³/día, con un contenido en cloro oscilante entre 200 y 1.000 ppm (partes por millón) (SPA-15, 1975).

Las analíticas realizadas durante la campaña de febrero 2017 muestran unos valores de cloro ligeramente inferiores a lo indicado en el SPA-15. Son valores inferiores a los 200 ppm en el caso de las Galerías de Chafaríz y en el pozo de la Elvira. En los otros 2 puntos visitados se obtienen resultados de 479 ppm (Pozo de la Cañada) y 674 ppm (Pozo Calle Angel Guerra)

En la parte central de la isla, las zonas de rezumes se localizaban entre las cotas 320 y 430 m, con una concentración de cloro entre 50 y 120 ppm. La descarga total de esta zona se estimaba en torno a 5-10 m³/día (SPA-15, 1975).

Los *pozos*, poco más de 100, inventariados en el proyecto SPA-15 (1975), con una profundidad del agua que oscilaba entre 2 y 10 m, y una muy baja producción, menor a 1 m³/día por pozo (salvo excepciones).

La mayoría de los pozos se localizan en el lado oriental del Macizo de Famara y en zonas próximas. En el Valle de Haría la red de pozos es más densa, a altitudes entre los 270 y 300 m. El contenido en cloro oscilaba entre 1.000 y 2.000 ppm debido a la aridez climática. La extracción que se estimaba a mediados de los años setenta rondaba los 10-20 m³/día.

Los pozos situados próximos al mar, en el Valle de Temisa (Arrieta), se apreciaba el efecto de la marea. La extracción total era de aproximadamente 1 m³/día (agua salobre).

En la ladera meridional de Famara, cerca de Teguisse, se encuentran pozos de mayor profundidad, con una extracción de 50 a 80 m³/día con 800 a 1.200 ppm de cloruros.

En las proximidades de Arrecife, se bombeaba agua salada de los pocos pozos, para uso industrial. Procedían de extracciones de los Basaltos de la Serie III.

En el sur de la isla, próxima a la playa Papagayo, se inventariaron tres pozos con agua de buena calidad (100-700 ppm de cloruros) en el Barranco de los Pozos, con extracción de 0,1 m³/día (SPA-15, 1975). En el Barranco de Playa de las Coloradas, se localizaron pozos cercanos al mar, con agua salina de 1.000 ppm de cloruros y una extracción de 10 m³/día.

La campaña de campo de febrero 2017 arroja valores superiores a los 2.000 ppm en San Marcial del Rubicón (cerca de Playa Blanca), así como un contenido en cationes y aniones que indican gran influencia marina. En este caso no podría considerarse agua de buena calidad para consumo. De los pozos situados más alejados del mar no se dispone de datos al no encontrarse agua en ellos.

Como se ha indicado en apartados anteriores, las únicas *galerías* que existen en Lanzarote están ubicadas en el Macizo de Famara. Concretamente hay 7 galerías, de las cuales, sólo 4 son de importancia (SPA-15, 1975). Esas 4 galerías están en El Risco de Famara y explotan los Basaltos de la Serie I, del orden de 10 l/s.

Durante los años 70, el Servicio Geológico de Obras Públicas (SPA-15, 1975) realizó una intensa labor de estudio mediante sondeos de reconocimiento, piezometría y producción, logrando regular el caudal producido por una de las galerías mediante válvulas y bombeos (extracción próxima a 15-25 l/s, de aguas salobres).

10.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

El crecimiento del relieve de una isla volcánica se realiza por acumulación progresiva de materiales (lavas, piroclastos, etc.), pero la actividad volcánica que los ha generado no es ni constante ni idéntica a lo largo del tiempo, sino que existen fluctuaciones de intensidad y cambios en la composición de los productos emitidos. Todo ello da lugar a la existencia de *unidades estratigráficas* que difieren en composición, edad y grado de alteración y compactación, de modo que se comportan de manera diferente ante el flujo del agua subterránea, por lo que pueden ser consideradas como *grandes unidades hidrogeológicas*.

La existencia de unidades estratigráficas da lugar a una estructura en capas superpuestas. La **conductividad hidráulica** se hace progresivamente menor con la profundidad hasta alcanzar un valor muy bajo o nulo en el zócalo impermeable, que coincide de manera más o menos aproximada con los materiales más antiguos de cada isla.

Los valores de la **permeabilidad** de los basaltos de Lanzarote son muy variables, decreciendo en general con la edad.

Situación	Formación geológica	Permeabilidad (m/día)	Porosidad efectiva
Famara, parte occidental	Basaltos Serie I	0,05 - 0,2	0,05 - 0,10
Presa de Mala	Intrusiones basálticas	0,00 - 0,2	0,01 - 0,02
Presa de Mala	Basaltos Serie I	0,05 - 0,5	0,16 - 0,20
Femés, Punta de Papagayo	Basaltos Serie I	0,01 - 0,1	
Femés, parte occidental	Basaltos Serie I	0,0002	
Montaña de Fuego	Coladas de lava Serie II	1	
Puerto de Mármoles	Escorias y Basaltos Serie III	1.700	0,4
	Coladas basálticas Serie III	550	0,01 - 0,02

Tabla 8. Valores de permeabilidad y porosidad efectiva en la isla de Lanzarote. Fuente: SPA-15 (1975)

Para los basaltos recientes se calculan **transmisividades** de 3.000 m²/día; en los basaltos de la Serie II, la permeabilidad media se estima en 1 m/día. Los valores menores se corresponden con los basaltos antiguos, siendo los más frecuentes de 0,1 m/día. En áreas con importantes intrusiones, la permeabilidad media puede variar entre 0,01 m/día a 0,001 m/día o menores. Por otra parte, especialmente cerca de la costa, puede existir un importante efecto de ensanchamiento y aumento de la frecuencia de las fisuras por descompresión, elevando con ello la permeabilidad.

Las medidas de porosidad realizadas durante el estudio del SPA-15 indican valores de hasta 0,4 para basaltos escoriáceos subrecientes, con un valor medio de 0,16. En las zonas masivas, la porosidad total está entre 0,01 y 0,02. En los aglomerados volcánicos del emplazamiento de la presa de Mala se encontraron valores de entre 0,16 y 0,20, descendiendo hasta 0,02 si están cristalizados. Para las intrusiones basálticas la porosidad total está entre 0,01 y 0,02.

Aunque la porosidad eficaz es menor que la porosidad total. En las Galerías de Famara se obtuvieron valores de 0,1 m/día o superiores, atribuibles en gran manera al almacenamiento en los niveles piroclásticos y escoriáceos.

Las reservas de agua estimadas en el SPA-15 (1975) no incluyen ni el agua colgada por encima del nivel freático ni la situada por debajo del nivel del mar, aunque esta última puede ser salobre a causa del elevado tiempo de residencia.

Area	Cota				Observaciones
	0	25	50	100	
Famara	200	130	80	20	Semisalobre
Centro (Tías)	60	51	-	-	Salobre, difícil de captar
Femés	50	20	5	-	Semisalobre a salobre

Tabla 9. Reservas de agua estimadas en 1975, en zonas con elevado nivel piezométrico. Expresados en volumen de agua en 106 m³, por encima de la cota señalada. Fuente: SPA-15 (1975)

10.2.1. Acuífero Mio-Plioceno de Famara

A partir de los estudios realizados en el Proyecto SPA-15 (1975), donde se realizaron un número de sondeos laterales, analizando y aplicando las fórmulas de agotamiento, las galerías del Macizo de Famara, sólo producen aguas de reservas, con un descenso progresivo de los niveles.

Características	Galería I	Galería II	Galería III	Galería IV
Fecha de construcción	antes 1955	1963	1968	1971
Finalización de los trabajos principales	1964	1971	continúan	continúan
Longitud (m)	1.373*	819	357	100
Distancia al mar desde la entrada (m)	1.150	500	70	39
Distancia a la galería precedente (m)	-	2.700	1.100	507
Elevación de entrada	106	122	30	17
Dirección	N 100 E	N 100 E	N 100 E	N 125 E
Descarga 1960 (l/seg)	2,5	-	-	-
1966 (l/seg)	2,1	1,2	-	-
1969 (l/seg)	1,5	2,1	1,2	-
1973 (l/seg)	1,2	1,3	10 a 20 (regulables)	1,0
Nº de sondeos	16	2	15	3
Longitud de los sondeos (m)	1.838	286	~1.000	~200
Caudal de los sondeos (l/seg)	0,5	0,0	10 a 20	0,2
Presión máxima en los sondeos (atm)	0,2	-	2,2	-
Longitud productiva de la galería (m)	400 + 500	200	150	0
Producción hasta finales de 1973 (10 ³ m ³)				
- Total	1.350	430	550	10
- Sondeos	270	-	430	1
Volumen específico m ³ /m. de sondeo	150	-	430	-

* Tiene una galería principal de 768 m. y un ramal de 505 m. que se inicia a 320 m. de la boca.

Tabla 10. Características hidráulicas de las galerías del Macizo de Famara. Fuente: SPA-15 (1975)

Galería	Qo m ³ /día	α, β años ⁻¹	Difusividad hidráulica T/S m ² /día	Transmisividad T m ² /día	Permeabilidad m/día	Coefficiente almacenamiento S ^o /o	R (radio de influencia) m.
G I	200 a 300	0,01 a 0,1	100	15 a 20	0,1 a 0,2	0,10 a 0,20	1.000 a 1.500
G II	150	0,15	400	75 a 100	1	0,15	1.000 a 1.500
Sondeos G I	11,5	0,42	20	0,5	-	0,05	200

Tabla 11. Parámetros hidráulicos de las galerías del Macizo de Famara. Fuente: SPA-15 (1975)

Para el estudio de la relación entre el caudal y la presión se aplicó la ley de Darcy (SPA-15, 1975). No obstante, con el sondeo cerrado, la presión obtenida era algo menos a la real debido a pequeñas fugas por las grietas próximas y al flujo entre las diferentes zonas permeables a diferente potencial conectadas por el sondeo a causa de un gradiente piezométrico muy grande.

10.2.2. Acuífero Mioceno de Los Ajaches

En el Macizo de Los Ajaches, los valores de permeabilidad y porosidad resultan sensiblemente inferiores a los de Famara, oscilando, según las zonas, entre 0,01-0,1 y 0,0002 m/día. Este hecho puede deberse a la mayor antigüedad de las coladas del Macizo de Los Ajaches, lo cual implica un mayor relleno de vesículas por carbonatos y ceolitas que da lugar a una menor porosidad y permeabilidad.

En materiales más recientes, como los malpaíses cuaternarios de la zona central de la isla que algunos afloran en la zona noroeste, se han obtenido permeabilidades del orden de 1 m/día cerca de las Montañas del Fuego.

Las medidas de porosidad total de los materiales de la isla son escasas, pero los datos generales indican que presentan una porosidad eficaz baja. Así, en los basaltos miocenos de Los Ajaches se obtiene una porosidad eficaz a drenaje lento entre 0,03 y 0,05 m/día mientras que en coladas basálticas cuaternarias próximas a Arrecife, ésta varía entre 0,01 y 0,02 m/día, para la roca masiva y del orden de 0,40 para las zonas escoriáceas.

10.3. EVOLUCIÓN DE NIVELES Y PIEZOMETRÍA

Durante la campaña de campo realizada durante el mes febrero de 2017 se midieron los niveles piezométricos de los puntos que se muestran en la tabla 12, la cantidad de datos obtenidos no permiten realizar una superficie piezométrica adecuada y por este motivos se ha recurrido a interpretar los mapas de isopiezas realizados en los estudios del SPA 15 y la realizada en el Plan hidrológico del año 1992.

De forma general la estas superficies están controladas por el gradiente topográfico y por la permeabilidad de los materiales que forman el acuífero y en menor medida por las extracciones existentes.

Se aprecian dos zonas importantes donde las isopiezas se juntan mostrando un mayor gradiente unos ámbitos de permeabilidad inferior al resto. Este hecho se presenta en la zona del Macizo de Famara especialmente en la zona oeste (Haría) y en la zona de los Ajaches (área de Papagayo).

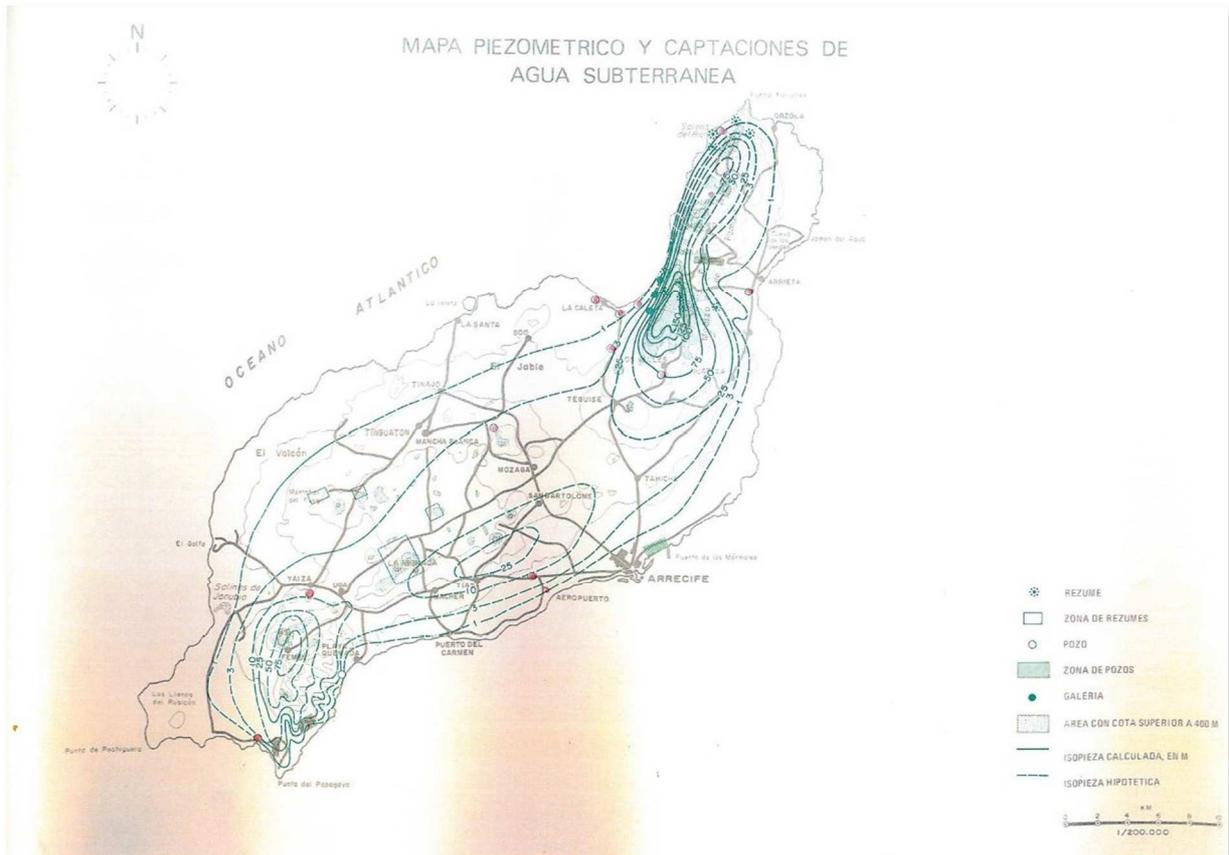


Figura 59. Mapa piezométrico y captaciones de agua subterránea. Fuente: SPA-15 (1975)

Hacia el este del macizo de Famara, a partir de los malpaíses de Los Helechos-La Corona, disminuye el gradiente piezométrico, debido a su mayor permeabilidad, quedando el nivel de saturación a cotas muy bajas, quedando un gradiente prácticamente nulo favoreciendo la intrusión salina (MAGNA, 2004).

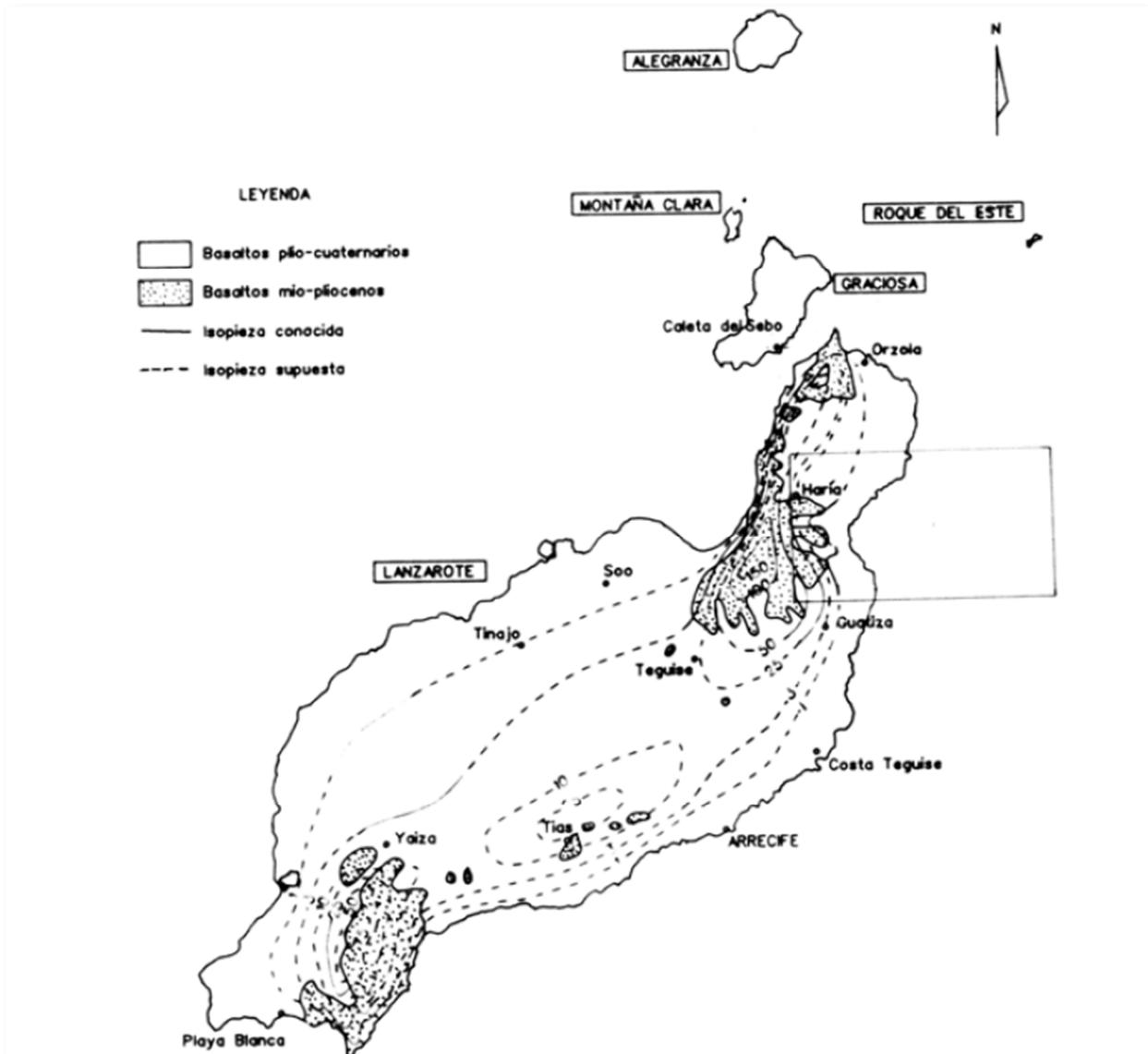


Figura 60. Esquema piezométrico de la isla de Lanzarote (Plan Hidrológico de Lanzarote, 1992). Fuente: MAGNA 2004

En los apilamientos lávicos de Los Ajaches (Macizo de Femés), el mayor número de medidas en los pozos permite un mejor conocimiento de la superficie piezométrica. El gradiente en estos materiales más impermeables es elevado, aun cuando la recarga es baja. En este macizo, el nivel de saturación puede aparecer a mayor cota sobre el nivel del mar.

En la actualidad al no existir datos más recientes, **no es posible realizar un seguimiento de la evolución de los niveles piezométricos** y se hace patente la carencia de redes de control de aguas subterráneas, tanto en la medida de la calidad como en la cantidad. Según la información publicada en el Plan Hidrológico de la Demarcación (2001), **en la isla de Lanzarote existiría un único punto de control** que se correspondería con un sondeo denominado Tierra de La Virgen, en la cota 194 m (X: 620.770; Y: 3.202.672), con una profundidad de 176 m (código ES70LZ001-1230001), medido anualmente, pero del que no se dispone de la serie de registros.

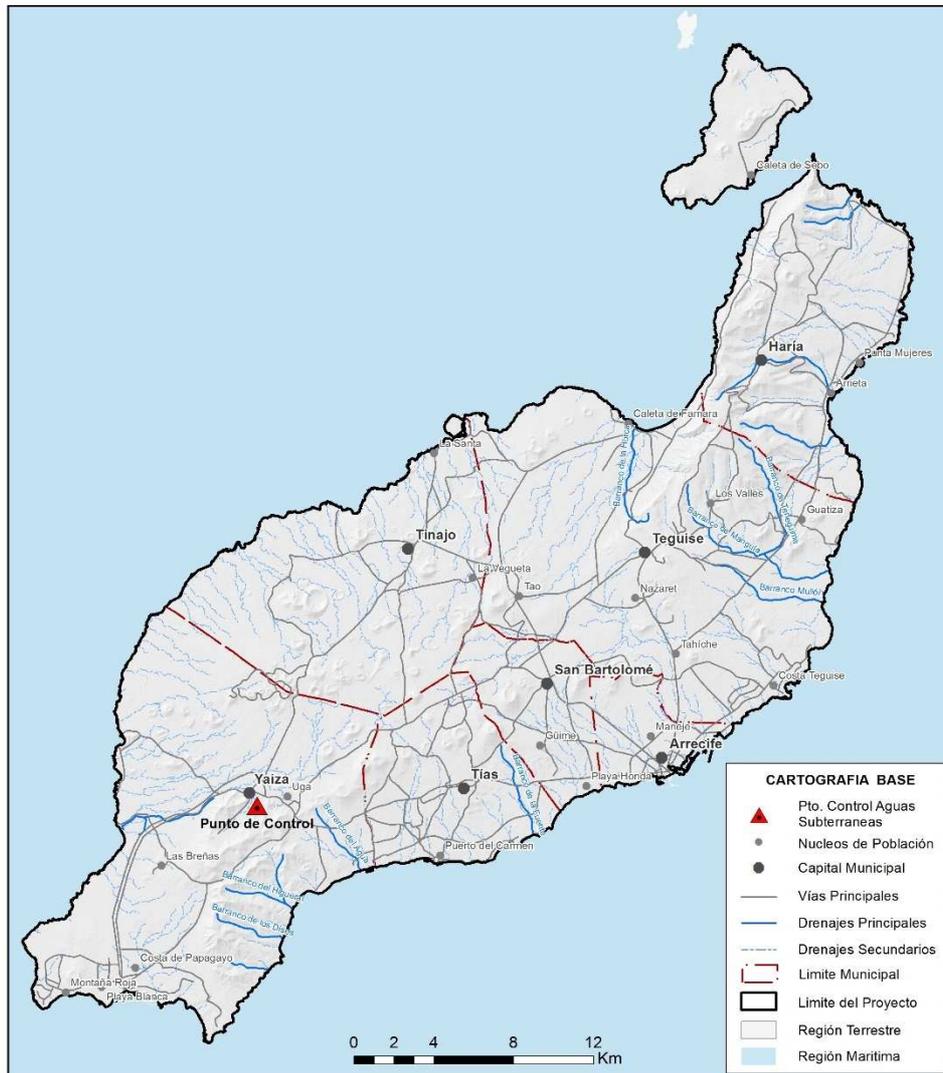


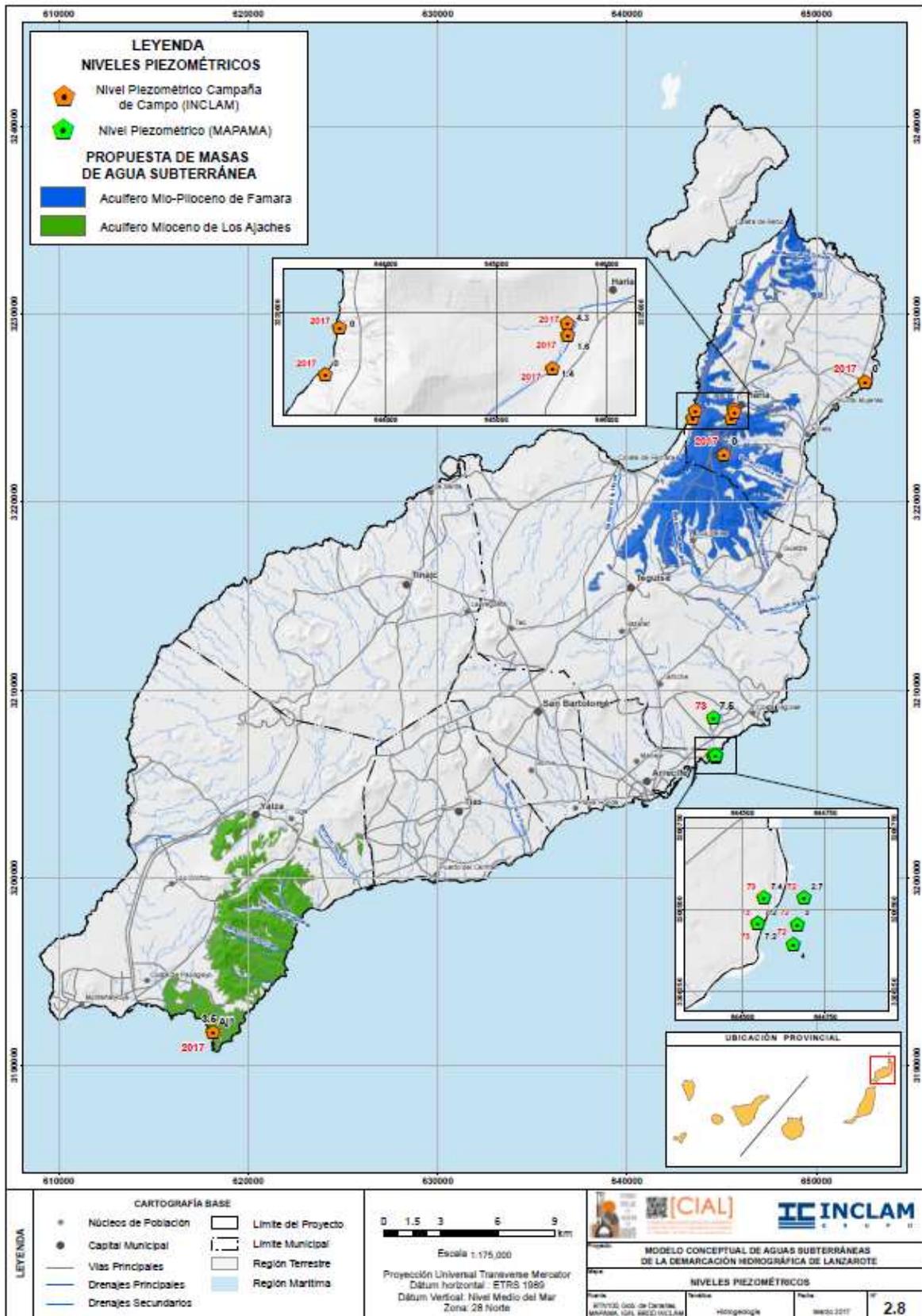
Figura 61. Localización del único punto de control de aguas subterráneas. Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote, 2001

Finalmente se añade una tabla y figura con los datos de piezometría recogidos durante la campaña de campo realizada en este estudio y la realizada por el IGME (1973-1974). En el **Anexo 5** se adjuntan las fichas control del citado estudio del IGME (recogidas ahora por el MAPAMA).

Código	Fuente	Año	X	Y	Cota (msnm)	Profundidad (m)	Nivel piezométrico (m)
Fa1	Campaña Campo	2017	645081.00	3222518.00	343.9	Sin dato	Sin dato
Fa2	Campaña Campo	2017	645669.00	3224906.00	292.0	1.6	290.4
Fa3	Campaña Campo	2017	645615.00	3224953.00	291.7	4.3	287.4
Fa4	Campaña Campo	2017	645637.00	3224792.00	307.0	1.4	305.6
Fa6	Campaña Campo	2017	643520.00	3224446.00	28.6	Sin dato	Sin dato

Código	Fuente	Año	X	Y	Cota (msnm)	Profundidad (m)	Nivel piezométrico (m)
Fa7	Campaña Campo	2017	643583.00	3224861.00	11.5	Sin dato	Sin dato
Fa9	Campaña Campo	2017	653210.00	3227362.00	3.4	Sin dato	Sin dato
Aj1	Campaña Campo	2017	618364.00	3192085.00	4.6	3.5	1.1
7501	MAPAMA	1973	644546.01	3206457.10	9.0	7.2	1.8
7502	MAPAMA	1973	644545.91	3206458.08	9.0	7.2	1.8
7503	MAPAMA	1973	644550.13	3208486.30	9.0	7.5	1.5
7504	MAPAMA	1973	644563.68	3206536.34	8.0	7.4	0.6
7505	MAPAMA	1972	644652.47	3206396.57	5.0	4.0	1.0
7506	MAPAMA	1972	644685.70	3206536.95	4.0	2.7	1.3
7507	MAPAMA	1972	644665.18	3206456.43	4.0	3.0	1.0

Tabla 12. Datos de niveles piezométricos. Campaña de campo realizada durante este estudio junto con la llevada a cabo por el IGME (1972-1973)



10.4. BALANCE HÍDRICO REALIZADO

Para la planificación y gestión de los recursos hídricos de una región es esencial la realización de un balance hídrico, específicamente desarrollado en el **Anexo 4** del presente documento.

A los datos facilitados por CIAL, **39 pluviómetros activos** (de las 62 estaciones pluviométricas totales –activas e inactivas–), cuyos registros cubren el periodo desde enero de 1950 a junio de 2016, se han incorporado los datos medidos de lluvia, evapotranspiración y temperatura en las estaciones de la Agencia Española de Meteorología (AEMET).

Partiendo de estas series históricas de precipitación se ha realizado un análisis de la consistencia de los datos, y posteriormente un completado de los mismos mediante la correlación múltiple utilizando **aplicación CHAC** (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas), del Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX).

El estudio de temperaturas en la isla de Lanzarote permite determinar la evapotranspiración potencial –ETP– utilizando el **método de Thornthwaite**.

La isla se ha subdividido en 681 subcuencas y de ellas se han identificado **48 cuencas principales** que integran la totalidad de la extensión de los dos acuíferos delimitados en el Macizo de Famara (norte) y en el entorno de Los Ajaches (sur).

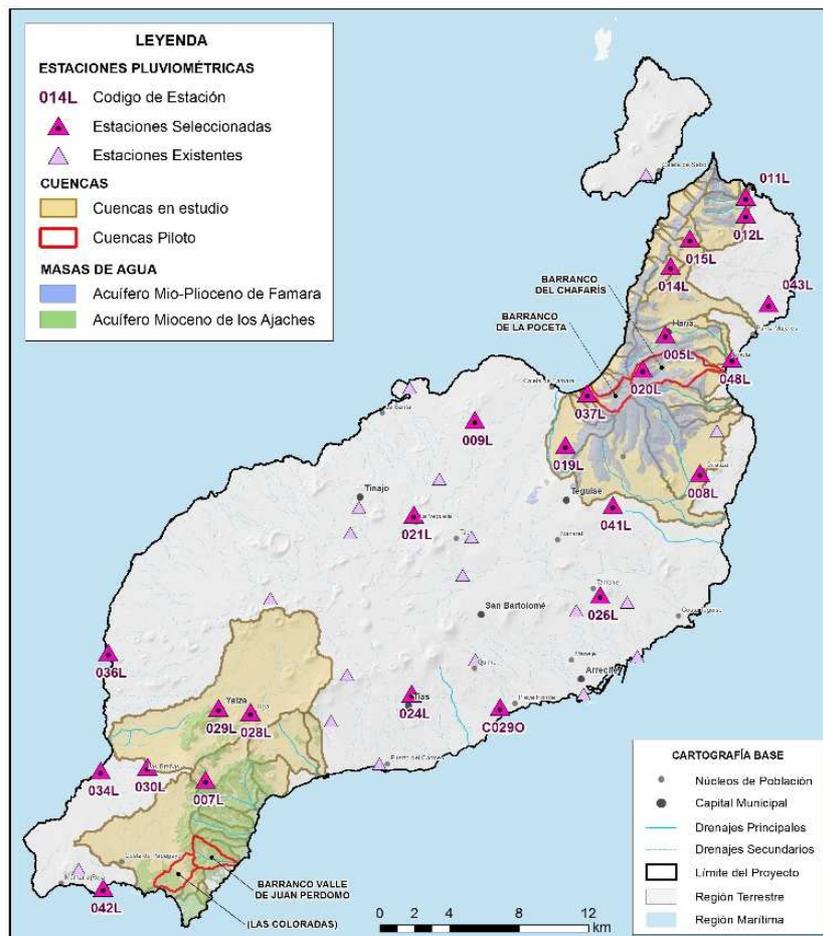


Figura 62. División de las 48 cuencas que integran la superficie total de los acuíferos propuestos, y las 4 cuencas piloto seleccionadas

El cálculo de precipitación agregada en el área de cada subcuenca se ha calculado a las 48 cuencas principales, utilizando el método de los polígonos de Thiessen modificado para tener en cuenta la orografía. El plano de isohietas medias anuales se calculó a partir de una interpolación aplicando el método de Krigging. Aunque las líneas se distribuyan por todo el ámbito de la isla de Lanzarote, la precisión se ha focalizado en el ámbito del entorno de las masas de agua subterráneas.

El periodo de datos utilizado data de 1966 a 2000, a pesar de disponer de datos hasta 2016. Esto se debe a que se ha querido concentrar los esfuerzos en el periodo con mayor volumen y consistencia de los mismos, siendo este suficientemente largo como para llegar a conclusiones.

El valor medio de la precipitación anual es de 161mm y el la ETP, 996 mmm.

Para el cálculo del balance hídrico se ha utilizado el **modelo de Témez**. Dicho modelo matemático, tipo precipitación-escorrentía es un modelo agregado, determinístico, continuo y de paso mensual.

El modelo funciona a partir de los datos de series de precipitación areal y ETP en cada una de las cuencas, y del establecimiento de los valores de los parámetros de caracterización de las subcuencas:

- capacidad máxima de almacenamiento de humedad en el suelo **-H_{max}-** suelos de poco espesor (20-50 mm),
- valores de infiltración máxima **-I_{max}-** próximos a 275-400 mm,
- coeficientes de excedencia **-C-** próximos a 0,2-0,3 (menor cuando menor es el almacenamiento en el suelo),
- y una rama de descarga **-alfa-** de agotamiento rápido.
- Respecto al número de días de lluvia al mes se ha estimado una media de 10 días a partir de los datos disponibles en la región.

Es un modelo de 4 parámetros más el nº de días de lluvia al mes. La siguiente imagen muestra el esquema de funcionamiento de este modelo hidrológico.

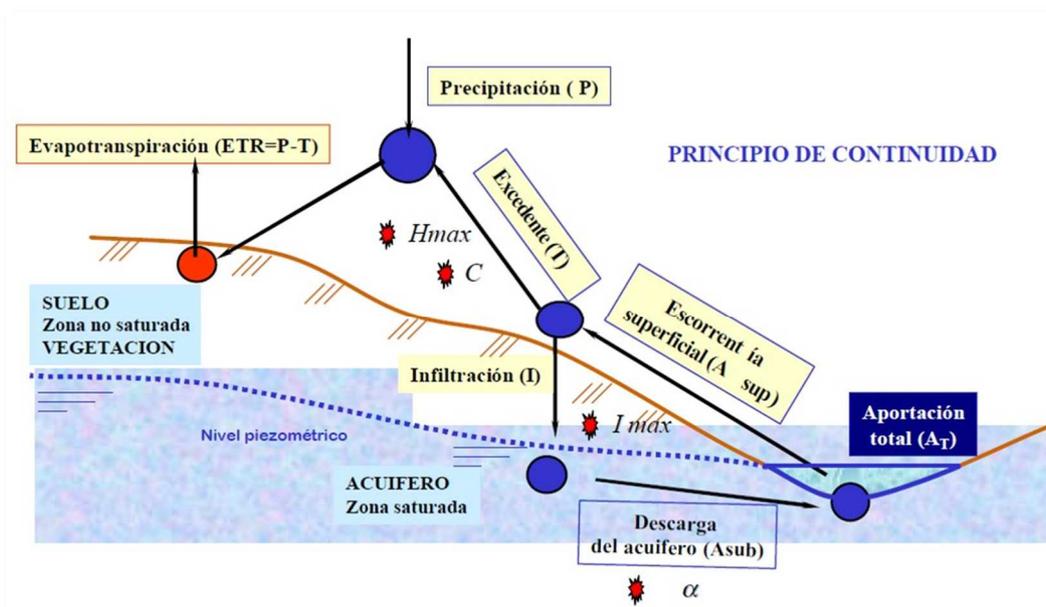


Figura 63. Esquema de funcionamiento y parámetros del Modelo de Témez. Fuente: Fco. Javier Sánchez Martínez.

De las 48 cuencas se identifican 4 como cuencas piloto debido a la homogeneidad de sus substrato geológico, usos del suelo, y a que toda el área superficial de la cuenca es área de recarga del acuífero.

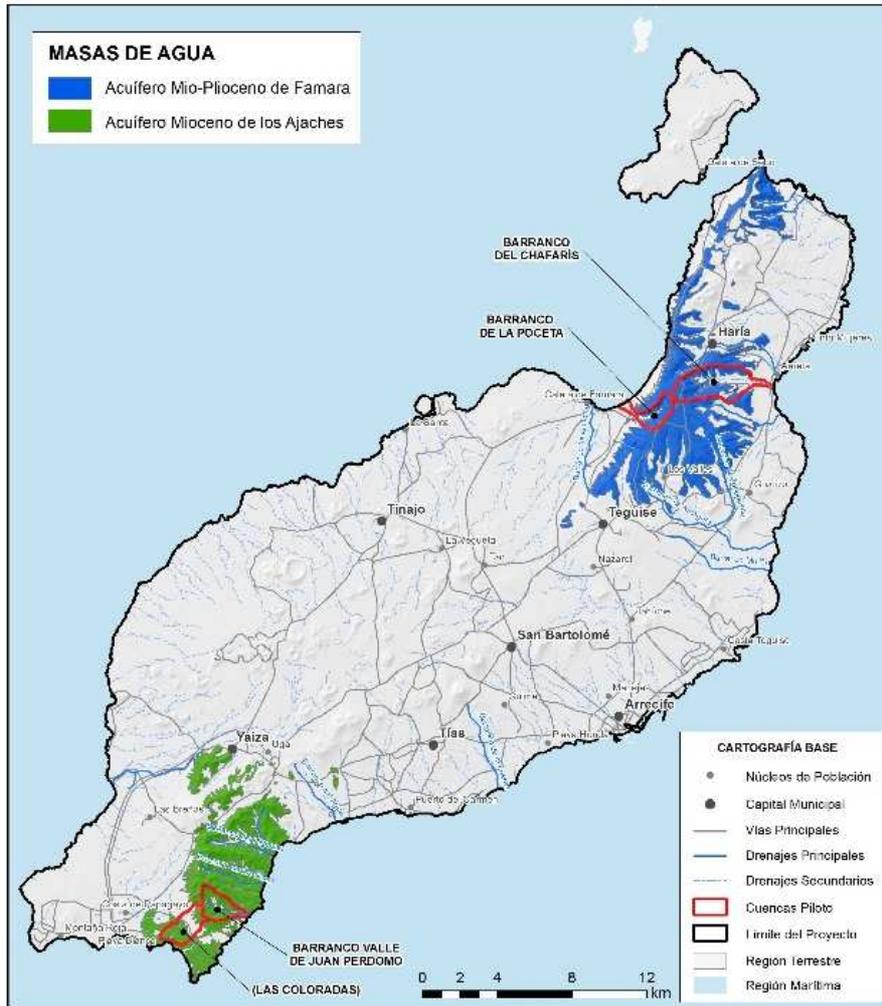


Figura 64. Localización de las cuencas piloto para la realización del balance hídrico. Plano de altitudes (arriba); Localización de las masas de agua propuestas (abajo)

Las características físicas de las cuencas piloto se detallan a continuación.

CUENCA	NOMBRE	ALTITUD MÁX. (m)	COTA MÍN. (m)	PENDIENTE MEDIA	SUPERF. CUENCA (km ²)	SUPERF. ACUÍFERO (km ²)
C32	Barranco de la Poceta	670,4	0,0	51%	2,4	1,9 (Famara)
C19	Barranco del Chafarís	670,5	0,0	36%	6,5	4,4 (Famara)
C5	Barranco Valle de Juan Perdomo	561,0	5,4	37%	2,6	2,3 (Los Ajaches)
C2	Sin nombre (Las Coloradas)	288,6	1,4	15%	2,8	1,8 (Los Ajaches)

Tabla 13. Características físicas de las cuencas piloto para el balance hídrico, periodo 1966-2000

Sobre estas **4 cuencas piloto** se ha realizado el balance, aplicando el modelo de Témez. El valor de los parámetros característicos de estas 4 cuencas son los siguientes:

Cuenca	C32	C19	C5	C2
H_{max} (mm)	30	50	20	30
I_{max} (mm)	325	400	275	400
C	0,30	0,30	0,20	0,20
Alfa	0,80	0,20	0,30	0,70
Días lluvia mes	10	10	10	10

Tabla 14. Valores de los parámetros característicos de las cuencas de estudio para el modelo de Témez

Con estos valores se procede a la simulación del modelo. Toda la justificación del cálculo se adjunta en el **Anexo 4**. Como ejemplo se adjunta una figura los caudales obtenidos en la cuenca del Barranco de la Poceta (C32).

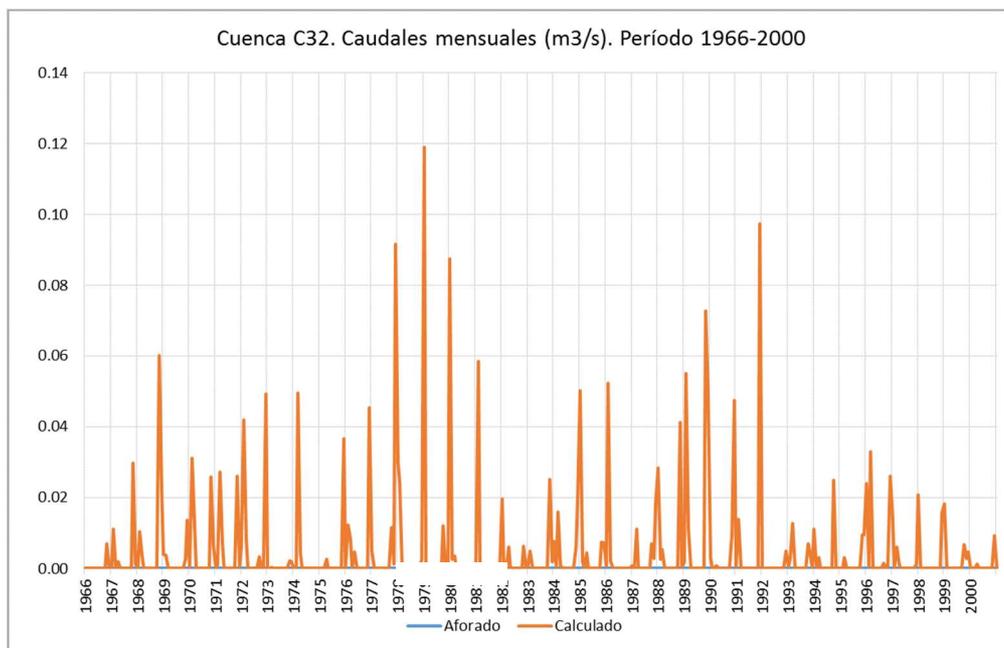


Figura 65. Caudales mensuales calculados en la cuenca del Barranco de la Poceta (C32). Zona Norte: Acuífero de Famara

El resumen de resultados de todo el análisis realizado se muestra en la siguiente tabla.

CUENCA	Sup. Cuenca (km ²)	Sup. Acuífero (km ²)	Pte. (%)	PMA (mm)	ETP (mm)	Aport. Superf. (hm ³)	Coef. Escorrentía	I (mm)	I/P
C32	2.4	1.9	51%	169.5	951.2	0.154	0.34	3.8	2.23%
C19	6.5	4.4	36%	174.3	951.2	0.272	0.21	2.8	1.60%
C5	2.6	2.3	37%	166.1	951.2	0.210	0.44	4.4	2.67%
C2	2.8	1.8	15%	135.5	951.2	0.132	0.31	3.2	2.35%

Tabla 15. Resumen de los resultados del balance en las cuencas piloto para el periodo 1966-2000

La infiltración en las áreas de estudio supone entre el 1,60% (C19) y el 2,67% (C5) de las precipitaciones anuales registradas en las cuencas. Estos valores son más bajos que el valor medio de la isla (9%). Los valores del coeficiente de escorrentía son altísimos respecto a los facilitados en el PHIL (en el entorno de 2-2.6%). Esto es coherente ya que estas zonas son las de mayor precipitación, de mayor pendiente, más impermeables y por lo tanto generadoras de más escorrentía.

Los datos publicados en el Plan Hidrológico Insular de Lanzarote (PHIL, 2001; Gobierno de Canarias, 2005) estiman el volumen de infiltración a las aguas subterráneas en 3,47 hm³/año, sin datos de salida hacia el mar de agua subterránea. En dicho cálculo se considera toda la superficie de la isla (862 km²; o 905 km² con los islotes del Archipiélago Chinijo), puesto que se establecía como un único acuífero (una única Masa de Agua Subterránea) a toda la isla de Lanzarote junto con la isla de la Graciosa. Para otras fuentes consultadas, el volumen estimado de la recarga en toda la isla sería de 3,3 hm³/año (Custodio, 2015).

El volumen de infiltración **resultante del modelo construido para este estudio** es próximo a **3,1 hm³/año** (para un área de 862 km²) o 3,2 hm³/año (para una extensión de 905 km², de la isla de Lanzarote y el Archipiélago Chinijo). Valor coherente ya que los ámbitos analizados son los de menor capacidad de infiltración, pero mayor precipitación, y con ellos se ha extrapolado a toda la Demarcación para poder comparar.

Aplicando otras metodologías existentes para el cálculo empírico de la recarga de los acuíferos y comparando todos los resultados los datos obtenidos en este estudio se puede establecer un orden de magnitud de la recarga en los acuíferos:

Método Bibliografía	Ámbito	Superficie (km ²)	Precipitación (mm)	Infiltración (mm)	Recarga (hm ³ /año)	Recarga (m ³ /día)	Recarga específica (m ³ /día/km ²)
Método Témez	Acuíferos	86.2	161.4	3.4	0.3	811.1	9.4
Método APLIS	Acuíferos	86.2	161.4	12.8	1.1	3017.7	35.0
Custodio (2015)	Isla Lanzarote	862.0	134.0	4.0	3.5	9506.8	11.0
PHIL (2001)	Isla Lanzarote	862.0	156.0	3.8	3.3	9041.1	10.5
U. P. Irrigation Research Institute Roorkee	Isla Lanzarote	862.0	151.0	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Tabla 16. Resumen de los resultados obtenidos para la estimación de la recarga en los acuíferos propuestos y en la isla de Lanzarote

No todos los métodos son aplicables a la isla de Lanzarote debido a la escasez e irregularidad en las precipitaciones anuales. Es el caso de la ecuación de la U. P. Irrigation Research Institute Roorkee (Programa 10 EDF ACP-EU Water Facility da União Europeia para Moçambique, 2014) y el método APLIS (López-Geta et al.).

Mediante la aplicación del modelo matemático de Témez en este estudio se han obtenido resultados algo más conservadores de recarga específica (9.4 m³/día/ km², valor medio de la recarga calculada en las 4 cuencas piloto) que los datos publicados en el PHIL (2001) y el estudio de Custodio (2015) (valores de 10.5 y 11.0 m³/día/ km² respectivamente), pero se encuentran todos en el mismo orden de

magnitud y son coherentes tal y como se ha justificado anteriormente. En contraposición, el método de APLIS queda totalmente alejado de los órdenes de magnitud de referencia (PHIL y Custodio).

Finalmente, definiendo cada cuenca piloto se ha elegido como característica de cada una de las vertientes de las 2 masas de agua propuestas se estima el valor de la recarga. La correspondencia es la siguiente:

- La cuenca C5 caracteriza el acuífero de Los Ajaches oriental
- La cuenca C2 caracteriza el acuífero de Los Ajaches occidental
- La cuenca C19 caracteriza el acuífero de Famara oriental
- La cuenca C32 caracteriza el acuífero de Famara occidental

Como se indica en la siguiente tabla, ambos acuíferos propuestos podrían, en promedio y de forma teórica, extraer más de 10 m³ /día, ya que la recarga es aproximadamente de 400 m³/día (416 m³/día en Famara, y 395 m³/día en Los Ajaches). Luego según los criterios establecidos en la DMA, ambos acuíferos propuestos –Famara y Los Ajaches-, podrían cumplir la norma relativa a la definición de Masa de Agua Subterránea, quedando como incógnita el valor de la extracción de agua en ambos acuíferos, que ya se explicó en puntos anteriores que actualmente es residual, y prácticamente nula en los Ajaches debido a su salobridad.

ACUÍFERO	VERTIENTE	Superf. Acuífero (km ²)	Recarga (mm/año)	Recarga ACUÍFERO (hm ³ /año)	Recarga ACUÍFERO (m ³ /día)
Acuífero de Famara	NORTE ORIENTAL	36.1	2.8	0.100	416.6
	NORTE OCCIDENTAL	13.7	3.8	0.052	
Acuífero de Los Ajaches	SUR ORIENTAL	22.3	4.4	0.099	394.6
	SUR OCCIDENTAL	14.2	3.2	0.045	

Tabla 17. Volumen estimado de la recarga media anual en los acuíferos delimitados en la isla de Lanzarote para el periodo 1966-2000

Toda la metodología y resultados obtenidos en el cálculo del balance y determinación de la recarga se adjunta en **el Anexo 4**.

11. MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN DE LANZAROTE

La elaboración de un modelo conceptual permite disponer de información suficiente para posteriormente poder desarrollar una representación numérica de forma consistente. Esta información se analiza de forma temática para la obtención de una zonificación hidrogeológica, basada en:

- Comportamiento hidrogeológico:
 - o Diferencias de volumen de infiltración
 - o Posición del zócalo
 - o Volumen de reservas disponibles
- Grado de conocimiento

La geología de la isla configura un conjunto de acuíferos de diversa litología y condiciones hidráulicas diferentes, que en primera instancia aportan la información básica para identificar el comportamiento hidrogeológico, que en línea general es el habitual en lugares de naturaleza volcánica. La permeabilidad de las rocas volcánicas presenta un campo de variación extraordinario, que en el caso de la isla de Lanzarote oscilan entre 0.0002m/día (Basaltos Serie I, Femés, parte occidental) a 1700m/día (Escorias y Basaltos de la Serie III, Puerto Mármoles), según los datos del estudio realizado por el SPA-15.

El subsuelo de una isla volcánica se caracteriza por una extraordinaria heterogeneidad, responsable directa de la irregularidad en la circulación del agua subterránea. Estas discontinuidades son heterogeneidades que a gran escala sólo se traducen en cierto grado de anisotropía (Custodio, 1974).

Las mayores diferencias se dan entre los terrenos jóvenes y los antiguos, donde estos últimos han experimentado una alteración y compactación que atenúa los contrastes de porosidad, y la permeabilidad tiende a ser menor.

Se pueden identificar 4 zonas distintas agrupadas de 2 en 2 por sus diferencias de permeabilidad.

- Los acuíferos de alta permeabilidad. que se localizan en los materiales cuaternarios sedimentarios y las coladas basálticas del Pleistoceno.
- Las coladas basálticas de del Mioceno Superior y Plioceno presentan unas características hidráulicas distintas a los materiales descritos anteriormente caracterizándose por su baja permeabilidad. Los afloramientos de estos materiales en la isla se localizan en los Macizos de Famara y Los Ajaches. Estos materiales configuran el edificio volcánico antiguo que habitualmente se considera impermeable.

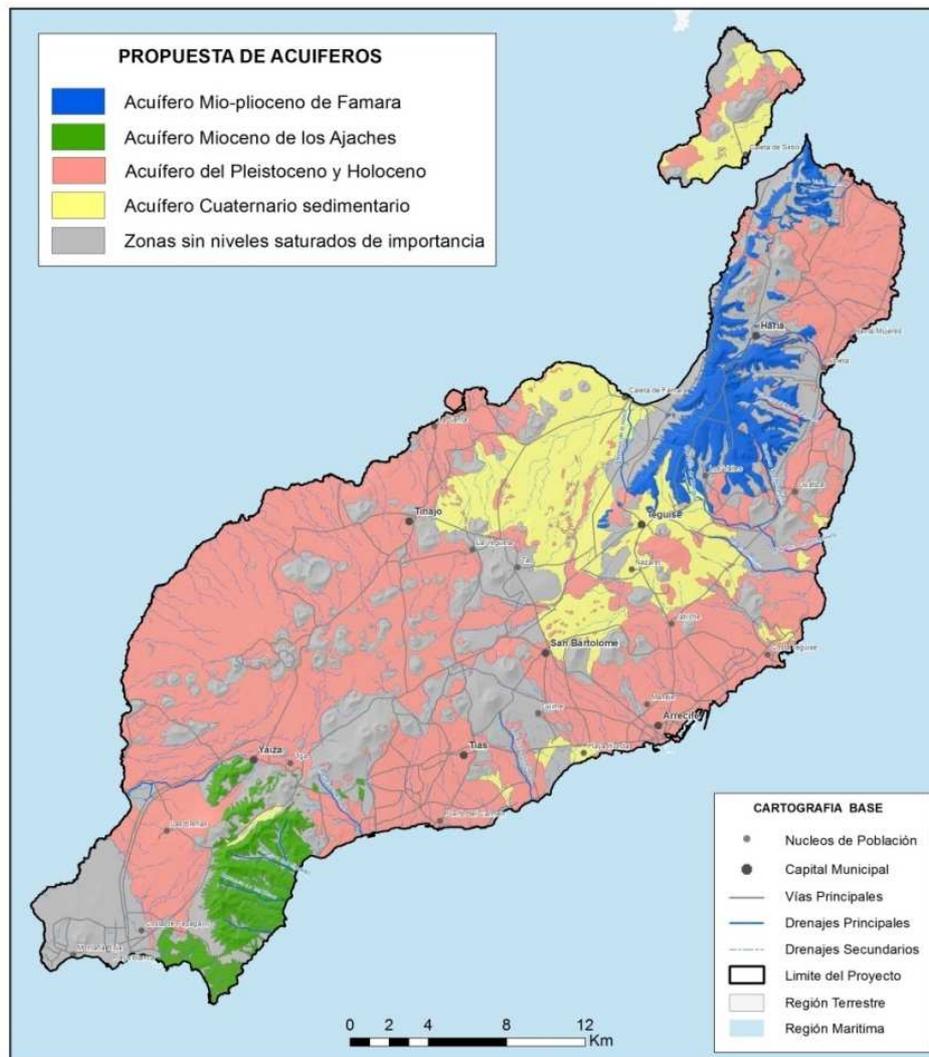


Figura 66. Delimitación de formaciones acuíferas en base a criterios hidrogeológicos y geológicos. Fuente: elaboración propia

Las grandes coladas de lava y los conos volcánicos son las dos formas típicas en las que se encuentran los materiales volcánicos en Lanzarote. Estas formaciones presentan barreras impermeables o poco permeables que pueden dar origen a la compartimentación de la formación geológica, quedando aisladas desde el punto de vista hidráulico

La combinación de la litología y el clima condiciona la recarga de los acuíferos. La **infiltración** del agua depende de los *suelos*, de la *intensidad de la lluvia*, y por supuesto del *volumen de agua precipitado*.

En general, si se excluyen:

- los suelos líticos, constituidos por las propias coladas de lava o malpaíses (de origen reciente),
- las laderas de los macizos montañosos volcánicos más antiguos, de las calderas
- de los barrancos,

son muy pocos los territorios que aportan un sustrato mínimamente desarrollado y con cierta aptitud agrológica. Es decir se favorecen los procesos de escorrentía y evaporación.

Lanzarote presenta un clima desértico árido, con un régimen unimodal (lluvias concentrados entre noviembre y marzo) y torrencial de las precipitaciones (que no favorece tampoco la recarga). Las mayores precipitaciones se encuentran en los macizos montañosos (Macizo de Famara y Macizo de Femés, zonas de mayor altitud de la isla). La precipitación media anual es de 161 mm, produciéndose el valor máximo en las inmediaciones del Macizo de Famara (240 mm), como se aprecia en la siguiente figura:

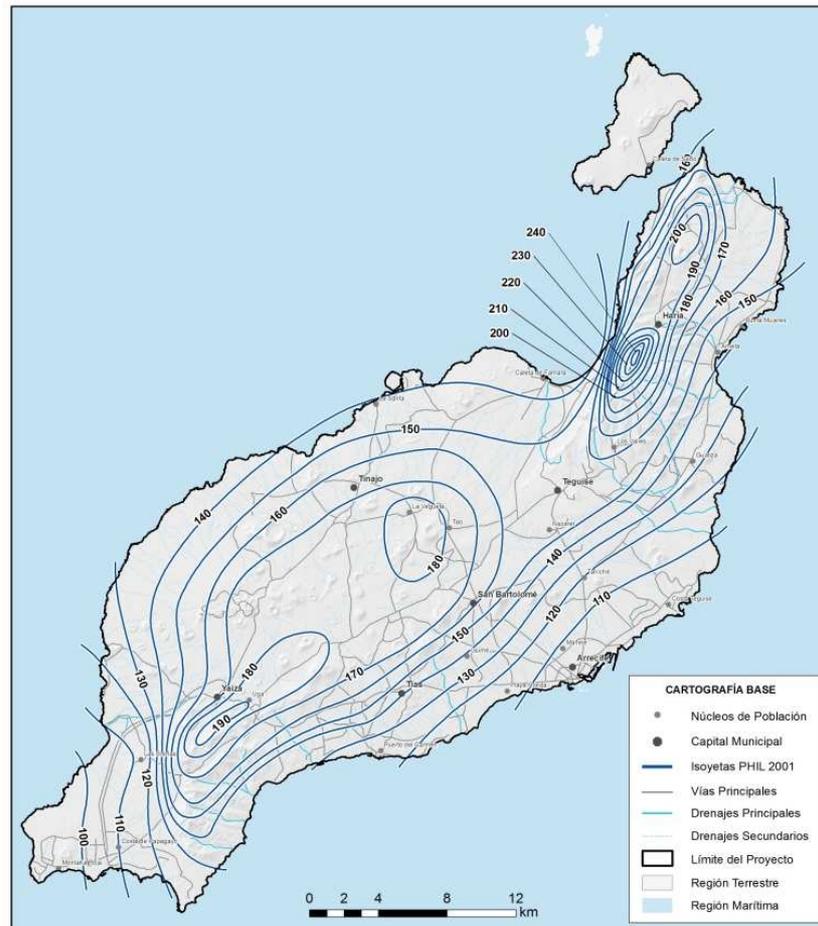


Figura 67. Mapa de isoyetas. Fuente: Elaboración propia a partir de la figura del PHIL (2001)

La precipitación sobre los materiales de alta permeabilidad (sedimentarios y Basaltos del Pleistoceno) se infiltra de forma rápida hasta que se alcanza la superficie saturada que se localiza en los materiales basálticos del Mioceno y Plioceno que presentan menor permeabilidad.

Sin embargo, esta alta permeabilidad, que se produce gracias a una gran porosidad efectiva (0.4 en Puerto Mármol, SPA-15) favorece la evaporación de esa agua almacenada. El elevado coeficiente de almacenamiento y la poca recarga impide un aumento apreciable de la superficie piezométrica.

En las zonas elevadas de Famara y Los Ajaches, la reducida permeabilidad de estos macizos basálticos permite una baja velocidad de infiltración. Por tanto la circulación del agua se concentra en las fisuras y grietas. Estas fisuras configuran un conjunto de surgencias de diversa tipología.

La infiltración es menor en estas zonas y la evapotranspiración también, debido a la mayor altitud y mayor presencia de nubes. Por otro lado la precipitación anual media es la mayor en estas zonas así como el coeficiente de escorrentía (porcentaje de volumen de lluvia que se transforma en escorrentía superficial).

En los apilamientos lávicos de ambas zonas, el mayor número de medidas en los pozos permitió la elaboración de un mapa de isopiezas en el año 1975 (SPA-15). El gradiente en estos materiales más impermeables es elevado. En estos macizos, el nivel de saturación aparece a mayor cota sobre el nivel del mar.

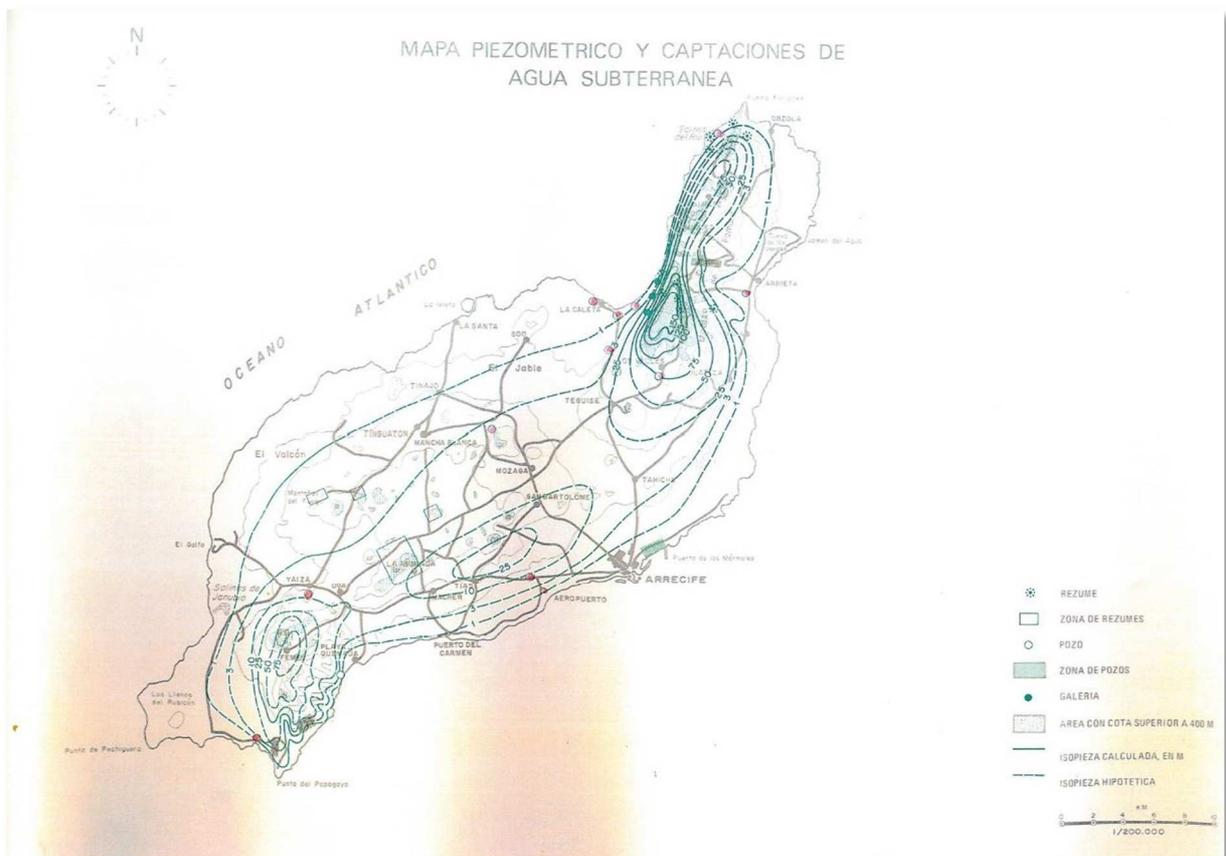


Figura 68. Mapa piezométrico y captaciones de agua subterránea. Fuente: SPA-15 (1975)

Hacia el este del macizo de Famara, a partir de los malpaíses de Los Helechos-La Corona, disminuye el gradiente piezométrico, debido a su mayor permeabilidad, quedando el nivel de saturación a cotas muy bajas (MAGNA, 2004).

Analizando en esta figura la situación de la piezométrica de cota 1m.s.n.m. delimita una posible zona de transición de la interfase agua continental/agua marina. Esta interfase se mueve dependiendo de la evolución climática.

La mayoría de la infraestructura hidráulica histórica de la isla (pozos, galerías, aljibes) se concentran en el Macizo de Famara, Los Ajaches y en mucha menor medida, la zona de la Geria. Actualmente no se producen extracciones significativas de agua en la isla, localizándose únicamente en el acuífero de Famara.

Actualmente la intrusión salina como tal es la consecuencia del equilibrio natural entre agua continental y marina. Al no existir explotación significativa, no hay modificación o inversión del gradiente.

Según el Plan Hidrológico de la Demarcación se define una sola masa de agua subterránea (**ES70LZ001**) que comprende toda la Demarcación. La masa de agua subterránea se controlaría con la serie del sondeo, *Tierra de La Virgen*, de 176 m de profundidad, en la cota 194). Sin embargo no hay datos.

Se considera que la recarga de esta masa de agua tiene como origen la aportación del agua de lluvia (111 hm³/año) a través de la infiltración (3,47 hm³/año). La recarga por pérdidas en la red de abastecimiento no se considera significativa.

En cuanto a las salidas

- Evapotranspiración
- Salida al mar
- Extracción para aprovechamiento agrícola.

Se considera en el Plan Hidrológico que la extracción asciende aproximadamente a **0,2 hm³/año**. El **índice de extracción** fue de un **5,8% tras la estimación del Plan actual**.

El abastecimiento humano se realiza mediante recursos no convencionales (desalinización de agua de mar). Para otros usos también se utilizan recursos procedentes de reutilización. Por lo que el uso del agua subterránea que da restringida a aprovechamientos agrícolas muy locales.

Debido a la heterogeneidad de las características hidráulicas propias de una isla volcánica, que a escala global no se consideran relevantes si es necesario tener en cuenta en el momento de otorgar una concesión, por este motivo **se analizan los 4 acuíferos como unidades de gestión independientes más la isla de la Graciosa**.

11.1. ACUÍFEROS DEL PLEISTOCENO Y HOLOCENO Y ACUÍFEROS CUATERNARIOS SEDIMENTARIOS

Los acuíferos del Pleistoceno y Holoceno son las formaciones predominantes en la isla de Lanzarote. Se trata de coladas basálticas y basálticas olivínicas de diversas alineaciones volcánicas, caracterizadas por tener permeabilidades altas y muy altas, sin embargo la presencia de aguas subterráneas asociadas a estas formaciones es puntual.

Los acuíferos del Cuaternario Sedimentarios son formaciones ubicadas en el centro de la isla y cerca de la costa, constituidos por materiales detríticos y arenas eólicas en su mayoría, sus permeabilidades suelen ser muy altas.

La precipitación es muy baja, oscilando entre 90 y 180 mm. Las bajas pendientes y la porosidad alta favorecen la recarga de agua de lluvia a estos acuíferos, sin embargo la ausencia de vegetación y las cotas bajas favorecen la evaporación de la misma.

Esa gran porosidad hace que la capacidad de almacenamiento de la zona no saturada sea también elevada por lo que difícilmente los niveles de saturación (nivel freático) se incrementan.

Actualmente no se registran aprovechamientos, ni se han identificado rezumes. Cualquier descarga de este tipo es localizada y no significativa. La principal descarga del acuífero, después de la evaporación, es la que se realiza al mar.

Desde el punto de vista de la gestión **se propone no considerar estos acuíferos como masas de agua subterráneas, ya que no son explotables.**

11.2. ACUÍFERO MIO-PLIOCENO DE FAMARA

El acuífero de Famara, es un acuífero tipo fisurado. El agua de infiltración presenta una componente vertical hasta que alcanza la zona saturada, donde el flujo se vuelve horizontal. Se desconoce dónde se localiza la zona saturada en los materiales del Mio-Plioceno, pero debe estar condicionada por el régimen de precipitaciones. Se genera, por tanto, un domo de recarga, en determinadas épocas del año, tal y como se aprecia en la figura siguiente.

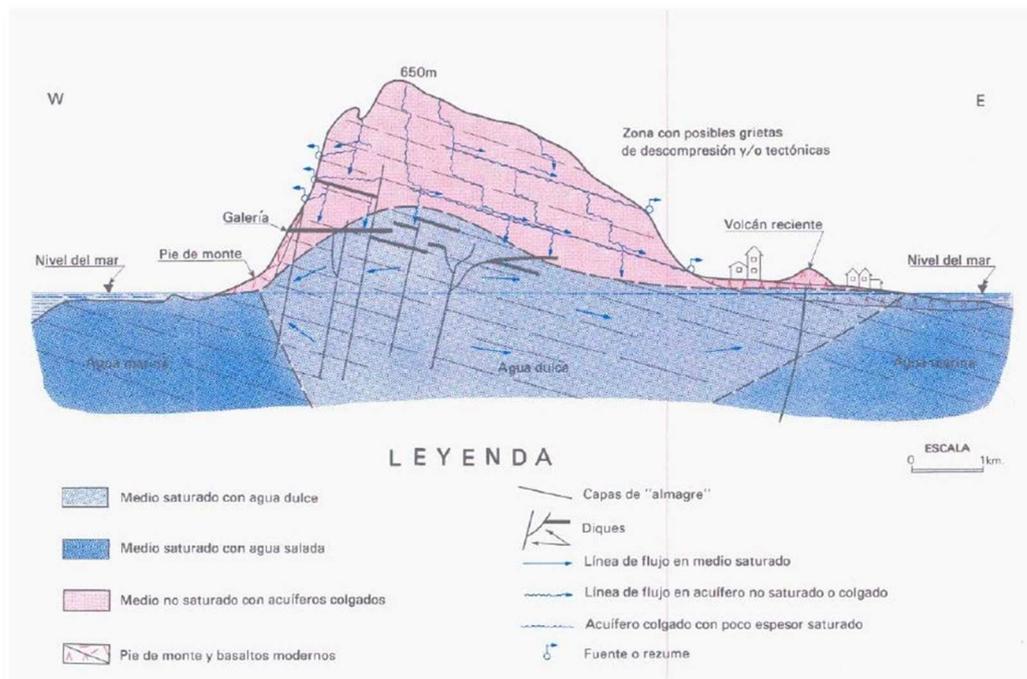


Figura 69. Esquema hidrogeológico del macizo basáltico de Famara (Lanzarote) (Modificado por Custodio, 1972)

Según el Plan Hidrológico (2001), las observaciones realizadas en galerías y sondeos configuran un esquema general de flujo subterráneo dominante de componente vertical, interrumpido, localmente, por zonas o niveles impermeables que dan lugar a niveles saturados colgados a diferentes alturas. A menor cota, próximo al nivel del mar, se establece un flujo horizontal con una débil componente vertical descendente en el centro y otra ascendente cerca de la costa.

Presentan una porosidad eficaz baja. En esta masa rocosa basáltica el agua circula preferentemente a través de las fisuras y los niveles piroclásticos actúan como zonas semipermeables (porosidad secundaria). La existencia de pequeñas cantidades de agua en la zona no saturada está en relación con niveles de agua colgados, permitiendo la infiltración a lo largo de los barrancos. Algunas de las

galerías situadas a mayores cotas no alcanzan la zona saturada, y únicamente reciben la componente vertical del flujo de agua subterránea.

La heterogeneidad es debida a la sucesión e imbricación de coladas basálticas con piroclastos, conos enterrados, almagres y cuerpos intrusivos, en especial diques y sills.

La única recarga al acuífero procede de la precipitación, que en esta área se produce la mayor de la isla (170 mm, valor medio anual). Según el modelo hidrológico se estima la recarga en 0,152 hm³/año.

Las únicas salidas son al mar y pequeños rezumes.

La siguiente tabla muestra los porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración, en valores medios, obtenidos mediante el modelo matemático.

I (mm)	Escorr (mm)	ET real (mm)
1.9%	28%	70%

Tabla 18. Porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración en Famara. Fuente; elaboración propia.

Los resultados de la analítica obtenida coinciden con las observaciones realizadas en la campaña elaborada para el SPA-15). Las concentraciones de magnesio, sulfatos y calcio permanecen en los mismos rangos de valor que daba el SPA-15. El valor de nitratos es bajo, por debajo de los umbrales permitidos, al igual que indicaban los estudios antecedentes.

La concentración de cloruros y en sodio es ligeramente más baja que lo reportado en estudios antecedentes. Esto puede deberse al abandono de la explotación de los pozos de esta zona que no favorecería el avance de la intrusión salina.

Este punto podría justificar la diferencia entre las cotas piezométricas del SPA-15 y los niveles de agua obtenidos en algunos pozos medidos en el presente estudio. Aunque para confirmar este punto es necesario obtener series de mediciones y realizar una campaña más exhaustiva para actualizar el mapa de isopiezas.

Las diferencias obtenidas de las muestra recogidas en Famara y analizadas en laboratorio son poco significativas pero cabría destacar que los puntos del pozo de Ángel Guerra y pozo de la Cañada son aguas ligeramente más mineralizadas que las Galerías de Chafaríz y el pozo Barranco de la Elvira, siendo su diagra de Stiff sensiblemente similar 2 a 2.

11.3. ACUÍFERO MIOCENO DE LOS AJACHES

Desde el punto de vista hidrogeológico, en el ámbito de Femés la principal formación acuífera la constituyen **los materiales basálticos de Edad Miocena**, que conforman el Macizo de Los Ajaches.

En el Macizo de Los Ajaches, los valores de permeabilidad y porosidad resultan sensiblemente inferiores a los de Famara, oscilando, según las zonas, entre 0,01-0,1 y 0,0002 m/día. Este hecho puede deberse a la mayor antigüedad de las coladas del Macizo de Los Ajaches,. Las medidas de porosidad total de los materiales de la isla son escasas, pero los datos generales indican que presentan una porosidad eficaz baja. Así, en los basaltos miocenos de Los Ajaches se obtiene una permeabilidad entre 0,03 y 0,05 m/día.

Se conoce la existencia de **pozos** muy antiguos en playa Papagayo, pozos del Afe y pozos de San Marcial del Rubicón, de agua salobre, que fueron funcionales durante el siglo XV. Su producción era muy baja y básicamente servían para el almacenamiento de agua de lluvias.

Según los antecedentes consultados, se indica la presencia de pozos también en la zona de Femés, en el Macizo de Los Ajaches. La posible presencia de agua subterránea se hace notable por pequeños rezumes o goteos, en ningún caso se encuentran galerías o nacientes comparables a los de Famara.

La cota a la que se encuentran estos últimos materiales hace que el agua almacenada conecte con el agua de mar provocando un elevado grado de salinización.

La única recarga al acuífero procede de la precipitación, que en esta área se produce la mayor de la isla (150 mm, valor medio anual). Según el modelo hidrológico se estima la recarga en 0,144 hm³/año.

Las únicas salidas son al mar y pequeños rezumes.

La siguiente tabla muestra los porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración, en valores medios, obtenidos mediante el modelo matemático.

I (mm)	Escorr (mm)	ET real (mm)
2.5%	38%	60%

Tabla 19. Porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración en los Ajaches. Fuente; elaboración propia.

En área de influencia del acuífero definido en el Mioceno de Los Ajaches se visitaron 3 pozos, de los cuales solo se pudo encontrar agua en 1 de ellos (San Marcial del Rubicón).

Es significativo que en esa zona no se encuentre agua, a excepción del citado punto, muy cercano a la costa. Analizando los datos históricos, los pozos de esta zona fueron utilizados por los primeros pobladores de la isla y poco a poco fueron siendo abandonados por la falta de agua y por la salinización de las mismas. Los pozos aportaban poca producción de agua.

En este caso, la concentración de iones sodio y cloruro es mucho más baja que los valores normales de agua de mar, por lo tanto se deduce que se trata de agua subterránea con gran influencia de agua de mar. Debido a su alta conductividad también se deduce que es un agua no apta para consumo humano ni para uso agrícola. Según su valor de TDS (5224 ppm), el agua de este punto se clasificaría como **salobre**.

En el sur de la isla, próxima a la playa Papagayo, se inventariaron en la campaña del SPA-15, tres pozos con agua de buena calidad (100-700 ppm de cloruros) en el Barranco de los Pozos, con extracción de 0,1 m³/día (SPA-15, 1975). En el Barranco de Playa de las Coloradas, se localizaron pozos cercanos al mar, con agua salina de 1.000 ppm de cloruros y una extracción de 10 m³/día.

En la campaña actual, de los pozos situados más alejados del mar no se dispone de datos al encontrarse secos. La campaña de campo de febrero 2017 arroja valores superiores a los 2.000 ppm en San Marcial del Rubicón (cerca de Playa Blanca), así como un contenido en cationes y aniones que indican gran influencia marina, como se ha indicado anteriormente.

11.4. LA GRACIOSA

En la isla de La Graciosa afloran materiales sedimentarios cuaternarios, que aunque se caracterizan por una alta permeabilidad no se localizan extracciones de agua. Este hecho sugiere un comportamiento similar que en la isla de Lanzarote para estos mismos materiales, donde se produce una infiltración rápida hacia la zona del edificio volcánico antiguo, así como una evaporación y almacenamiento en la zona no saturada..

En el caso de la isla de La Graciosa, las formaciones geológicas presentes en ella, debido por un lado, a sus características hidrogeológicas, potencia, posición topográfica próxima al mar, y por otro, por la escasa recarga natural, **no permiten la existencia de niveles saturados de importancia**. Se considera, por tanto, que no existen recursos de aguas subterráneas en ella.

Las presiones relacionadas con actividades antrópicas sobre las masas de agua subterránea definidas son poco significativas. La única presión que podría ser problemática es un exceso de extracciones que agravaría el problema de intrusión salina, tal y como sucedió en el pasado. Actualmente las aguas subterráneas no son explotadas para consumo ni para otro uso.

11.5. CONCLUSIONES

Tras el análisis de la dinámica de flujo asociada a los 4 tipos de materiales diferenciados que afloran en la Demarcación, únicamente las formaciones del Macizo de Famara y Los Ajaches, pueden albergar una superficie piezométrica a una cota que permita su explotación por eso presentaban captaciones en el pasado, aunque los aprovechamientos de los Ajaches, de poquísima calidad y salobres se desestimaron en cuanto fue viable el abastecimiento por recursos alternativos. En la actualidad solo en Famara puede haber una explotación para autoconsumo de riego.

La isla de Lanzarote se caracteriza por 2 aspectos muy concretos:

- Su clima especialmente árido. Esto produce la **aridificación de la recarga**, es decir, el aumento de mineralización del agua de lluvia como consecuencia de su evaporación. En zonas áridas o semi-áridas, el agua procedente de la atmósfera puede retornar por evaporación varias veces a la atmósfera antes de llegar a infiltrarse. Este fenómeno produce que las aguas subterráneas presenten unos contenidos en sales inusualmente elevados. Este efecto puede verse favorecido en zonas cercanas al mar y zonas ventosas (Macizo de Famara, Malpaís de la Corona)
- **Origen volcánico**. La actividad volcánica reciente favorece la incorporación de anhídrido carbónico (CO₂) a las aguas subterráneas. Este componente disminuye el pH y aumenta su agresividad favoreciendo la disolución de los minerales a través de los que fluye. De esta manera, las aguas subterráneas de Lanzarote van incorporando sodio, magnesio, calcio, bicarbonatos y otros elementos asociados

Por otro lado, en el Plan Hidrológico se establece:

1. como norma general dedicar los recursos subterráneos al consumo agrícola, estableciendo como extracción máxima admisible la correspondiente al **veinticinco (25) por ciento de la infiltración calculada en la zona afectada**.
2. En el caso de pequeños aprovechamientos (concesiones de 25 años, prorrogables únicamente otros 25 años), para autoconsumo, no debe excederse el **volumen de quinientos (500) metros cúbicos**. Dicho aprovechamiento requiere la comunicación al Consejo Insular de

Aguas de Lanzarote y la declaración responsable del titular del aprovechamiento. Dichas captaciones son inscritas en el Registro Insular de Aguas.

3. No son objeto de concesión las captaciones subterráneas que realicen un bombeo por debajo de la cota cero (0), ni para aquellas en las que el contenido del ión cloruro en el agua extraída supere los seiscientos **(600) miligramos por litro**.

En el caso de la isla de Lanzarote, el SPA-15 determinó dos **únicos acuíferos** existentes por encima del nivel del mar, y se encuentran en **Famara y Femés**, aunque únicamente es explotable el primero mencionado. Probablemente se podría incluir el centro de la isla, haciendo referencia a los enclaves de Tías, Mozaga, Tinajo y Macher como puntos recomendables para investigación de agua subterránea, pero tan residual que con probabilidad alta no cumplen el punto primero.

Tal y como se recoge en los estudios antecedentes, el **Macizo de Famara** se considera como la mayor reserva hidrogeológica de la isla, y es una de las zonas más estudiadas de Lanzarote (Custodio, 1972, 1974, 1976 y 1977).

En la campaña de campo realizada durante este trabajo los pozos asociados al mioceno de Los Ajaches están secos salvo el Pozo del Rubicón, donde el ión cloruro alcanza los 2000 mg/l.

En el Plan Hidrológico de la Demarcación de Lanzarote y La Graciosa delimitan **una única masa de agua subterránea en toda la isla** (código ES70LZ001), formada por un acuífero principal en los Basaltos Antiguos de la Serie I, donde el comportamiento hidrogeológico está condicionado por el medio rocoso, la edad y profundidad de estas formaciones geológicas anisótropas y heterogéneas que lo constituyen (SPA-15, 1975).

En el capítulo anterior se han definido 4 formaciones acuíferas. De éstas, sólo 2 (**Mio-Plioceno de Famara y Mioceno de Los Ajaches**) como se ha indicado anteriormente, son susceptibles a ser explotadas, y por lo tanto, sólo éstas 2 están en posición de **ser definidas como masa de agua subterránea**, aunque la de los Ajaches queda en entredicho por cantidad y calidad de las muestras recogidas. Se propone incluirla hasta que se obtengan datos complementarios que justifique totalmente su exclusión.

El caso de las formaciones acuíferas del Pleistoceno y Holoceno, y de las cuaternarias sedimentarias, su explotación no es posible y por lo tanto, no se considera como una masa de agua subterránea. Este punto incluye a la isla de la Graciosa.

12. PRINCIPALES PRESIONES SOBRE LAS MASAS DE AGUA

Se define como **presión** los resultados de todas aquellas actividades que pueden afectar el estado cualitativo o cuantitativo del agua subterránea.

La identificación de presiones consiste básicamente en disponer de un inventario actualizado de las actividades que pueden afectar las masas de agua que se han definido. Según se establece en el **Anexo II de la Directiva 2000/60/CE**, las presiones significativas se clasifican en 7 grupos.

- Fuentes puntuales significativas
- Fuentes difusas
- Extracciones de agua
- Regulaciones de agua
- Alteraciones morfológicas significativas
- Otras incidencias antropogénicas significativas
- Usos del suelo

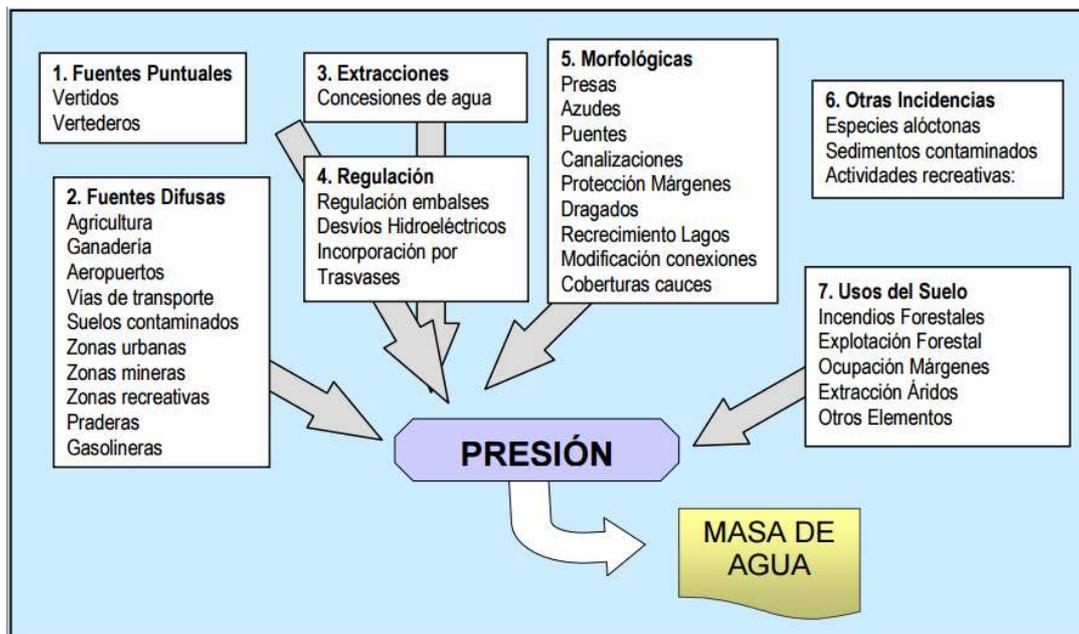


Figura 70. Presiones significativas según Anexo II de la DMA. Fuente: Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales

La identificación de las presiones sobre las masas de agua subterráneas existentes en la isla de Lanzarote debe permitir evitar el deterioro de éstas y al mismo tiempo permitir la mejora de su delimitación con tal de evitar incluir en una misma masa de agua criterios de gestión diferentes.

La principal información que se utiliza es la siguiente:

- Presiones existentes derivadas de actividades antrópicas
- Vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua
- Principales parámetros de control cuantitativo y cualitativo

Según su distribución espacial, las presiones pueden ser difusas o puntuales.

Las **presiones puntuales** son aquellas derivadas de actividades antrópicas en un lugar concreto como por ejemplo, la gestión de residuos sólidos (vertederos), residuos de aguas residuales, estaciones depuradoras, fugas de hidrocarburos y captaciones de agua.

Las **presiones difusas** abarcan un territorio más amplio y son más difíciles de concretar. Suelen ser derivados de las actividades agrícolas o bien proceder de fugas en colectores o alcantarillado.

12.1. IDENTIFICACIÓN DE PRESIONES SIGNIFICATIVAS

En la siguiente tabla se muestran las presiones significativas sobre las aguas subterráneas que son consideradas en la isla de Lanzarote.

Tipo de presión	Subtipo de presión	Umbral
Contaminación de fuente difusa	Ganadería	Aportación de nitrógeno > 170 kg/ha año
	Agricultura	Si la zona es declarada afectada por nitratos de origen agrario (Directiva 91/676/CEE)
	Drenaje de líneas de saneamiento y zonas urbanas e industriales	Si >25% de la zona considerada está ocupada por área urbana o industrial
	Usos del suelo	Anexo G del Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales y subterráneas (Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, 2005)
Contaminación de fuente puntual	Vertido de aguas urbanas	Vertido de instalaciones >2000 heq
	Vertederos de residuos sólidos urbanos	Los que sirven a poblaciones > 10000 hab
	Vertidos IPPC	Instalaciones IPPC que vierten a medio terrestre
Extracción de agua		%extracción/infiltración > 30% o zona con riesgo de sobreexplotación
Intrusión salina		Constatación de su existencia

Tabla 21. Tipos de presión sobre las aguas subterráneas

A continuación se analizan las diferentes presiones identificadas en la isla de Lanzarote de forma cualitativa y cuantitativa.

12.2. PRESIONES SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

12.2.1. Fuentes difusas

Tal y como se ha indicado anteriormente, las presiones difusas abarcan un territorio amplio y son más difíciles de concretizar que aquellas que son puntuales. Son fuentes difusas de contaminación la agricultura (de secano y de regadío), la ganadería, los aeropuertos, vías de transporte, suelos contaminados, zonas urbanas dispersas, zonas mineras y gasolineras.

La interpretación que se hace de presión significativa coincide con la propuesta de la CIS-Guidance-IMPRESS, es decir el concepto que una presión significativa es la que puede contribuir a un impacto que impida alcanzar algunos de los objetivos de la DMA. La existencia de una presión significativa no implica que la masa de agua esté en riesgo, pero sí que debe considerarse para la protección de ésta.

12.2.1.1. Nitrógeno de origen ganadero

Una de las principales fuentes difusas de contaminación, que pueden afectar las masas de agua subterránea, son las deyecciones ganaderas debido a las concentraciones de nitrógeno, ya que suelen ser utilizadas en las áreas de cultivo como elemento fertilizante.

En principio, en Lanzarote no se han declarado zonas afectadas por nitratos ni ninguna zona en riesgo de sobreexplotación (Decreto 49/2000, de 10 de abril, por el que se determinan las masas de agua afectadas por la contaminación de nitratos de origen agrario, y se designan las zonas vulnerables por dicha contaminación en Canarias).

A continuación se analiza la presión por nitrógeno de origen ganadero, para saber cómo podrían afectar a las masas de agua subterránea definidas.

La cantidad de nitrógeno generado en las actividades ganaderas se estima a partir del censo ganadero recogido por la Granja Experimental del Cabildo de Lanzarote del año 2015.

ESPECIE	kg N/ha por especie	Arrecife	Haría	San Bartolomé	Teguise	Tías	Tinajo	Yaiza	TOTAL
Asnar	63,8	5	8	6	26	4	16	18	83
Avestruces	0,94							1	1
Bovino	80,22	4	16	4	19	103	1	59	206
Caballar	63,8	3	16	5	44	34	18	27	147
Camélidos	63,8							254	254
Caprino	3,6	16	1974	2139	5267	47	3311	5240	17994
Conejos	1,5		138	24	63	68	70	9	372
Ovinos	4,5	394	788	586	1204	125	714	972	4783
Palomas	0,16	146	220	103	320				789
Porcino	8,5	483	103	151	862	142	168	1300	3209
Avícola	0,5	11066	1197	277	18570	318	25695	1044	58167

Tabla 22. Censo ganadero según tipo y municipio. Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Granja experimental del Cabildo de Lanzarote (datos 2015).

Para evaluar la presión que el nitrógeno puede suponer en la calidad de las aguas subterráneas, se ha calculado la relación entre el nitrógeno total de origen ganadero y la superficie cultivada total (la cual es susceptible de recibir la aplicación de las deyecciones ganaderas) de cada municipio.

Se han usado valores aportados por el **Decreto 136/2009, de 1 de septiembre**, de aprobación del Programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables en relación con la contaminación de nitratos que proceden de fuentes agrarias y de gestión de deyecciones ganaderas.

ESPECIE	kg N/ha por especie
Asnar	63,8
Avestruces	0,94
Bovino	80,22
Caballar	63,8

ESPECIE	kg N/ha por especie
Camélidos	63,8
Caprino	3,6
Conejos	1,5
Ovinos	4,5
Palomas	0,16
Porcino	8,5
Avícola	0,5

Tabla 23. Kg de nitrógeno producidos por especie. Fuente: Valores adaptados del Decreto 136/2009

Para cada municipio se ha calculado el total de kg de nitrógeno de origen ganadero producido multiplicando el número de ejemplares de cada especie por los kg N/ha correspondientes.

El nitrógeno producido por la ganadería se relaciona con al área cultivada total, que se ha obtenido según los datos de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca referentes al año 2014 (Tabla 24).

Los programas de actuación definidos en la actual normativa vigente exigen que no se aplique más de 170 kg de nitrógeno procedentes de deyecciones ganaderas por hectárea y año, valor por encima del cual se considera que la presión puede llegar a ser significativa.

Se considera que no existe presión significativa cuando la cantidad es inferior a los 100 kg N/ha, una presión baja si se sitúa entre 100 y 170 kg N/ha. Cuando el valor está entre 170 y 210 la presión es moderada, y por encima de estos valores la presión es alta.

Municipio	Kg N totales producidos	Superficie total cultivada (ha)	Kg N/ha	Presión significativa por N
Arrecife	12323,74	27,4	449,8	Alta
Haría	15183,32	436,0	34,8	No existe
San Bartolomé	12834,56	532,9	24,1	No existe
Teguise	47127,08	621,5	75,8	No existe
Tías	12886,76	637,5	20,2	No existe
Tinajo	31762,52	587,8	54,0	No existe
Yaiza	58633,62	597,3	98,2	No existe
TOTAL	190751,6	3440,4	55,4	No existe

Tabla 24. Relación entre la producción total de nitrógeno de origen ganadero y la superficie cultivada. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recopilados del Centro de Datos del Cabildo de Lanzarote.

En este caso, la presión de nitrógeno de origen ganadero es **No significativa** en todos los municipios a excepción de Arrecife, donde la poca superficie cultivada nos da una relación muy elevada de kg N/ha.

En la zona dominada por el municipio de Arrecife no se han definido masas de agua subterránea, es decir, el nitrógeno producido no representaría una presión sobre éstas.

12.2.1.2. Actividad agrícola

Por lo general, son los cultivos que se riegan los que pueden ejercer alguna presión de tipo difuso en el estado químico y en la cantidad del agua subterránea.

La agricultura de la isla de Lanzarote es principalmente de secano, basada en sistemas de arenados y jables, y prácticamente en su totalidad se dispone de riego por goteo, lo que minimiza la infiltración de aguas residuales de origen agrícola. Con lo que esta actividad representa a priori una presión poco significativa.

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos del centro de datos del Cabildo de Lanzarote correspondientes al año 2014.

CULTIVOS	Total	Arrecife	Haría	San Bartolomé	Teguise	Tías	Tinajo	Yaiza
HERBÁCEOS								
Cereales	120,5	0,5	16,0	11	36	16,0	30,0	11,0
Leguminosas grano	65,5	0,6	21,4	5	22	8,0	6,5	2,0
Tubérculos	416,1	4,0	64,0	112	155	23,6	43,0	14,5
Cultivos industriales	163,9	2,9	43,0	1	115	0,7	1,0	0,3
Flores y plantas ornamentales	4,8	1,6		0,6	0,4	2,2		
Forrajeros	98,0	3,0	37,0	7	22	10,0	14,0	5,0
Hortalizas	464,7	11,6	73,9	69,7	135,8	63,7	87,0	23,0
Total Herbáceos (has.)	1333,5	24,2	255,3	206,3	486,2	124,2	181,5	55,8
LEÑOSOS								
Cítricos	8,0	0,1	0,6	0,9	2,4	1,3	1,5	1,2
Frutales	34,9	1,0	4,1	4,1	11,5	5,0	6,0	3,2
Viñedo	2047,3	1,5	174,0	319,8	119	501,5	397,0	534,5
Olivar y otros	14,7	0,6	2,0	1,8	2,4	3,5	1,8	2,6
Vivero	2,0					2,0		
Total Leñosos (has.)	2106,9	3,2	180,7	326,6	135,3	513,3	406,3	541,5
TOTAL CULTIVO (has.)	3440,4	27,4	436,0	532,9	621,5	637,5	587,8	597,3
Nº Árboles diseminados								
Cítricos	3100,0	105,0	505,0	440	415	545,0	375,0	715,0
Frutales	16057,0	217,0	3535,0	1950	1950	3245,0	2580,0	2580,0
Olivar y otros	6820,0	660,0	100,0	860		2900,0	1900,0	400,0
Total Nº de Árboles	25977,0	982,0	4140,0	3250	2365	6690,0	4855,0	3695,0

Tabla 25. Superficie cultivada según tipo y cultivo. Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Gobierno de Canarias. Centro de datos, Cabildo de Lanzarote (datos 2014)

En la isla de Lanzarote **no existe ninguna zona declarada afectada por nitratos de origen agrario** (Directiva 91/676/CEE).

12.2.1.3. Redes de drenaje y de alcantarillado

Las zonas urbanas y con actividades industriales suponen en mayor o menor medida una fuente difusa de contaminación para las aguas subterráneas debido al hecho de que pueden producirse filtraciones o fugas. Para ello, se han analizado las presiones derivadas de las infraestructuras lineales como la red de alcantarillado y de saneamiento. Las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) no están contempladas en este apartado ya que se van a analizar como presión puntual.

En la isla de Lanzarote los núcleos urbanos existentes se concentran en la costa este, en los municipios de Arrecife mayoritariamente, y en menor medida en Tías y Teguiise. Es en estos municipios donde las redes de saneamiento son más densas. En Yaiza y Tinajo, el área urbana es mucho menor ya que gran parte de su superficie está ocupada por área protegida (Parque Nacional de Timanfaya, Los Ajaches y la Montaña de Fuego).

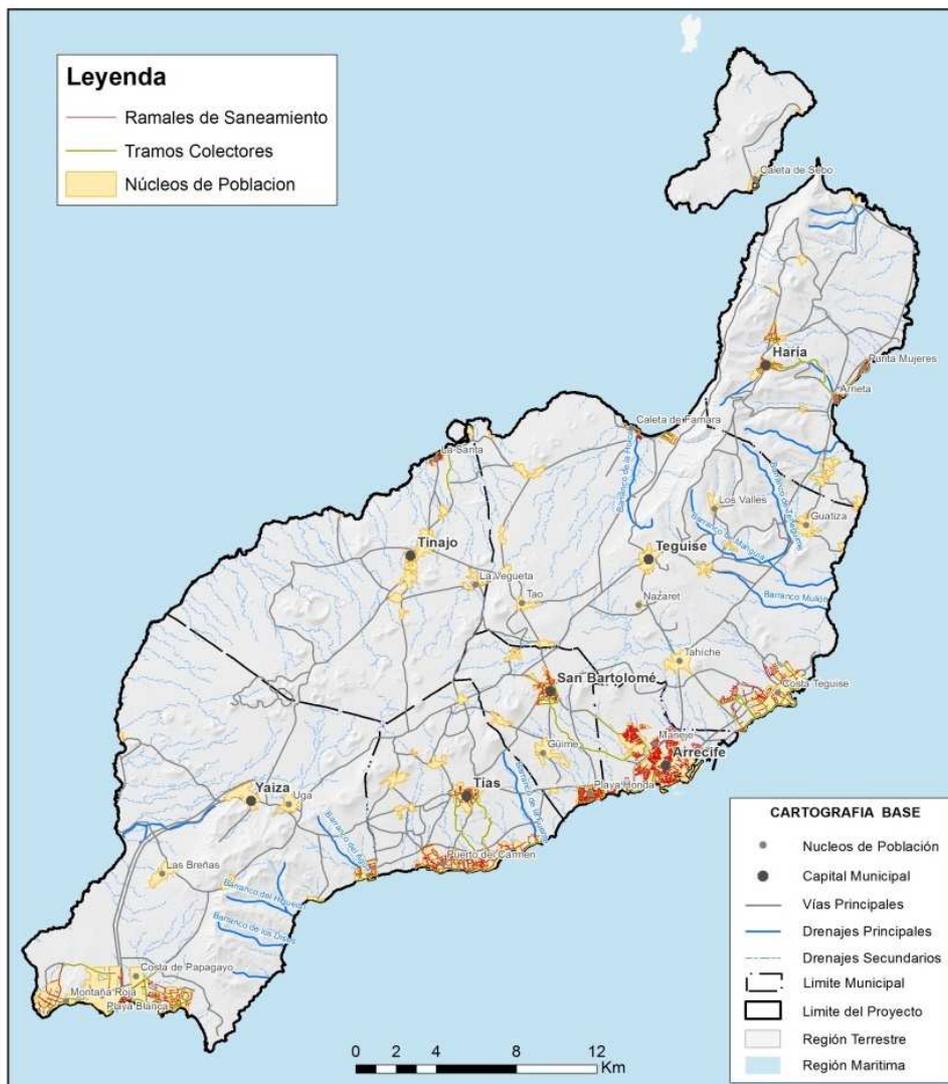


Figura 71. Áreas urbanas y redes de saneamiento urbano. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Plan Hidrológico de Lanzarote, 2001. INCLAM

Se procede a valorar la presión que el drenaje, escurrimiento y posibles fugas desde núcleos urbanos puede ejercer sobre las masas de agua subterránea. Al tratarse de una fuente difusa, la magnitud de la presión se estima en función del porcentaje de área ocupada por suelo urbano. Se considera:

- Entre 10%-25%: presión baja
- Entre 25%-75%: presión moderada
- Más del 75%: presión alta

En la siguiente tabla se muestran las áreas ocupadas por núcleos urbanos e industriales por municipio, el porcentaje que estos representan y la presión sobre las aguas subterráneas que estos generarían.

Municipio	Área total núcleos de población (km ²)	Área total (km ²)	% de zona urbana	Presión
Arrecife	5,91	23,87	24,76	Baja
Haría	2,61	106,6	2,45	Baja
San Bartolomé	3,50	40,88	8,57	Baja
Teguise	10,51	223,6	4,70	Baja
Tías	7,64	64,31	11,88	Baja
Tinajo	3,29	134,8	2,44	Baja
Yaiza	10,32	213,1	4,84	Baja

Tabla 26. Presión por redes de drenaje y alcantarillado de las áreas urbanas. Fuente: elaboración propia

Arrecife es el municipio que presenta una mayor superficie de área urbana e industrial y una mayor densidad de red de saneamiento urbano. Sin embargo, estos no llegan a representar un 25% del área total en ninguno de los casos.

La presión sobre las masas de agua subterráneas es **baja** para este factor.

Haciendo un análisis más detallado, destacar la mayor densidad de las redes de drenaje y saneamiento en **Playa Blanca y Papagayo** en el caso del Mioceno de Los Ajaches, y en la zona del **núcleo urbano de Haría** en el caso del Mio-Plioceno de Famara.

12.2.1.4. Usos del suelo

Según el Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales, el *Corine Land Cover* (2006) permite determinar la mayoría de presiones difusas.

En la siguiente tabla se recoge la relación entre los usos del suelo del *Corine Land Cover* (2006) y una relación preliminar de los posibles contaminantes potenciales relacionados. Se ha recopilado solamente aquellos que están presentes en la isla de Lanzarote.

Presión IMPRESS	Uso del suelo	Contaminantes potenciales
Aeropuertos	Aeropuertos	PAHs, hidrocarburos, herbicidas
Vías de transporte	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	Alaclor, atrazina, simazina, diuron, isoproturon, trifluralina, terbutilazina, metolaclo, PAHs, hidrocarburos, plomo
	Zonas portuarias	

Presión IMPRESS	Uso del suelo	Contaminantes potenciales
Zonas de secano	Frutales en secano	Biocidas, SST, eutrofizantes, consumidores de O ₂ , pesticidas
	Viñedos	
	Tierras de labor en secano	
Zonas urbanas	Tejido urbano continuo	SST, eutrofizantes, consumidores de O ₂ y sustancias peligrosas
	Tejido urbano discontinuo	
	Instalaciones deportivas y recreativas	
Zonas mineras	Zonas de extracción minera	Metales extraídos, impurezas

Tabla 27. Relación de presiones difusas con Corine Land Cover (2006). Fuente: Extraído del Anexo G del Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales y subterráneas (Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, 2005)

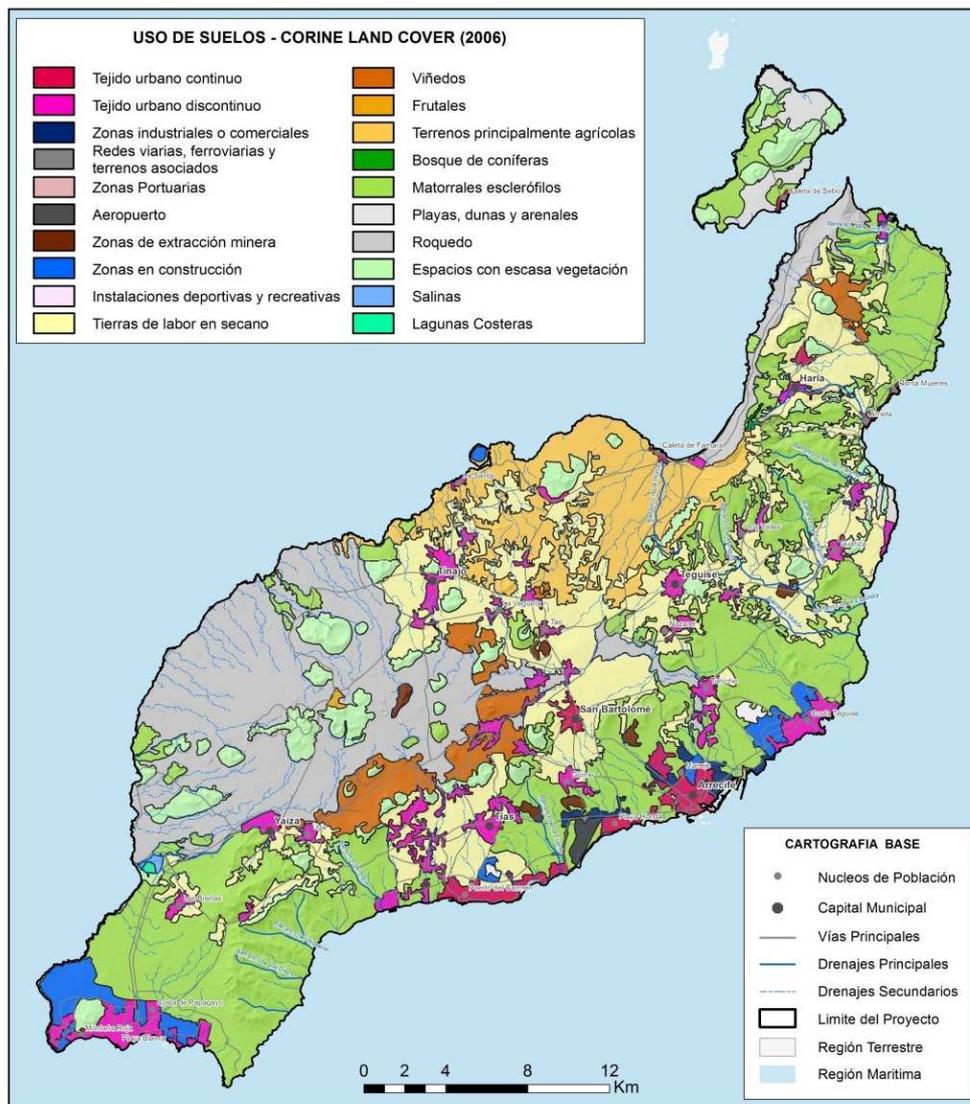


Figura 72. Usos del suelo según Corine Land Cover (2006)

En la siguiente tabla se muestran las superficies ocupadas por el aeropuerto y las zonas de extracción mineras según el *Corine Land Cover* (2006). Como se puede observar el porcentaje de superficie que representan es muy bajo, no llegando en ningún caso al 5%, lo que significa que la presión ejercida por estos usos resulta no significativa para las aguas subterráneas.

Las zonas agrícolas y urbanas ya fueron detalladas en los párrafos anteriores.

Presión IMPRESS	Área ocupada (km ²)	Municipio	Área total del municipio (km ²)	%	Presión
Aeropuerto	1,78	San Bartolomé	40,88	4,35	Baja
Zonas de extracción minera	0,76	Tinajo	134,8	0,56	Baja
	1,08	Teguise	223,6	0,48	Baja
	0,6	Arrecife	23,87	2,51	Baja
	0,53	San Bartolomé	40,88	1,30	Baja
	0,64	Tías	64,31	1,00	Baja

Tabla 28. Zonas ocupadas por aeropuertos y zonas de extracción minera según Corine Land Cover (2006).

Aeropuertos y zonas de extracción minera no están presentes en las zonas cercanas donde se han definido las masas de agua subterránea. Según los usos del suelo, la presión es **no significativa**.

12.2.2. Fuentes puntuales

Otro tipo de presiones sobre el agua subterránea son las fuentes puntuales de contaminación. A diferencia de las anteriores, éstas son más concretizadas y afectan una zona determinada. En este caso sí que se ha de acotar de manera más detallada donde se encuentran las fuentes de contaminación puntual en relación a las masas definidas.

12.2.2.1. Vertidos

En la siguiente figura se han incluido los vertidos que pudieran tener una afección sobre las aguas subterráneas.

Se han incluido los puntos de vertido que se consideraron en el Plan Hidrológico, que aunque son puntos de vertido hacia las aguas superficiales podrían tener cierta repercusión por infiltración.

Se han incorporado las gasolineras, por la probabilidad de contaminación por hidrocarburos y las explotaciones mineras cuyos lixiviados pueden afectar también las aguas subterráneas.

Se adjunta a continuación una figura de correspondiente a la ubicación de los vertidos y su grado de afección.

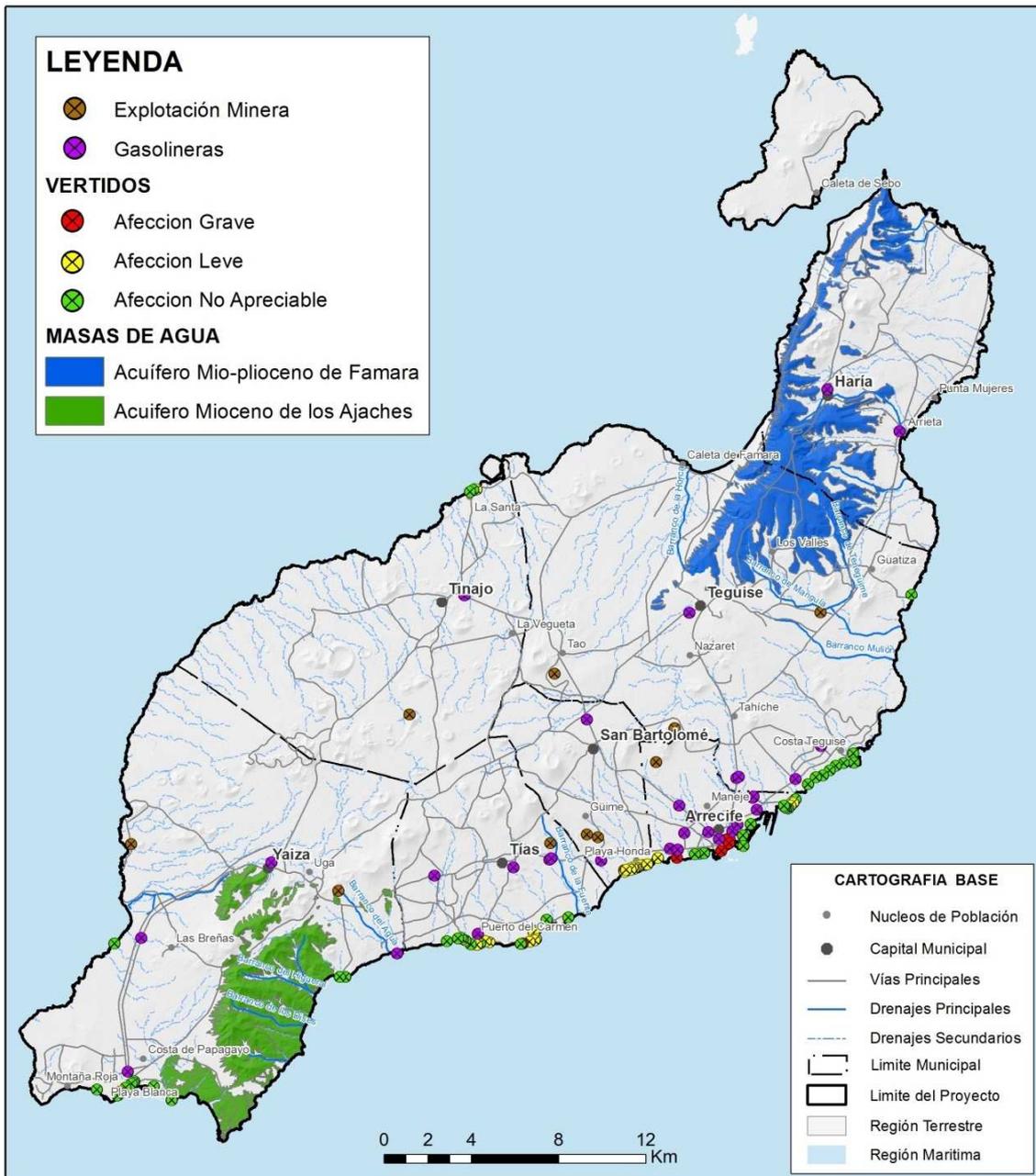


Figura 73. Puntos de vertido. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Plan Hidrológico Insular de Lanzarote. INCLAM

Como se puede observar, los puntos más críticos se concentran en las zonas con más actividad antrópica como es la costa de los municipios de Arrecife, Teguise y San Bartolomé, y Tías en menor medida.

Respecto a las masas de agua definidas, no se aprecia ningún vertido sobre los **Miocenos de Los Ajaches**.

En el caso del **Mio-Plioceno de Famara**, existen 2 puntos con que pueden introducir una presión significativa:

- una gasolinera en la ciudad de Haría
- vertido de aguas residuales urbanas en el término municipal de Haría con 3.100 heq de carga contaminante total.

12.2.2.2. Puntos de gestión de los residuos sólidos

Los puntos de gestión de residuos sólidos suponen una presión para las aguas subterráneas cuya magnitud depende de su volumen de almacenamiento y del tipo de vertedero y de residuo tratado.

Los residuos sólidos urbanos constituyen un problema en las islas como Lanzarote debido al carácter insular donde el territorio es de escasa dimensiones y limita la disponibilidad de suelo para la creación de vertederos autorizados. Además, hay que tener en cuenta que una de las principales actividades económicas de la isla es el turismo, que no sólo implica una mayor presión demográfica, sino que también conlleva un incremento de la producción de residuos urbanos.

La isla de Lanzarote cuenta con 4 puntos de gestión de residuos de origen urbano (puntos limpios), ubicados en Arrecife, Playa Honda (San Bartolomé), Playa Blanca (Yaiza) y Puerto del Carmen (Tías). Los residuos son posteriormente transportados hacia el complejo ambiental de Zonzamas, ubicado en el municipio de Tegui, que se encarga de su clasificación, procesamiento y transferencia a otras plantas de reciclaje (en Gran Canaria o Tenerife si es el caso) incluidos los procedentes de La Graciosa.

Esta planta de Zonzamas se ha renovado recientemente y se compone de:

- Planta de clasificación
- Planta de biometanización
- Planta de bioestabilización
- Vertedero: cuenta con impermeabilización del vaso de vertido y sistema de recogida de lixiviados, sistema de captación de biogás con 27 pozos de desgasificación.

El complejo utiliza los residuos para generar energía eléctrica. Actualmente la capacidad de tratamiento de la planta es de 30.000 t/año de FORSU (Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos) y 6.000 t/año de lodos, lo que representa un total de unas 36.000 toneladas de materia orgánica al año.

En la isla no existen plantas de reciclaje como tal, ni vertederos de residuos especiales o de origen industrial. Los residuos que no pueden ser gestionados en Zonzamas son enviados fuera de la isla hacia otros destinos como Tenerife y Gran Canaria.

Cabe mencionar la existencia de 2 vertederos que han sido clausurados y están en proceso de restauración.

- Vertedero Las Cambuesas: antiguo vertedero municipal del TM Tinajo. Actualmente se ejecutan las obras de la recuperación de los terrenos ocupados por este vertedero, unas 3,55 ha aproximadamente.
- Vertedero ilegal del Malpaís de Montaña Bermeja: sellado y clausurado, se está restaurando el espacio degradado.

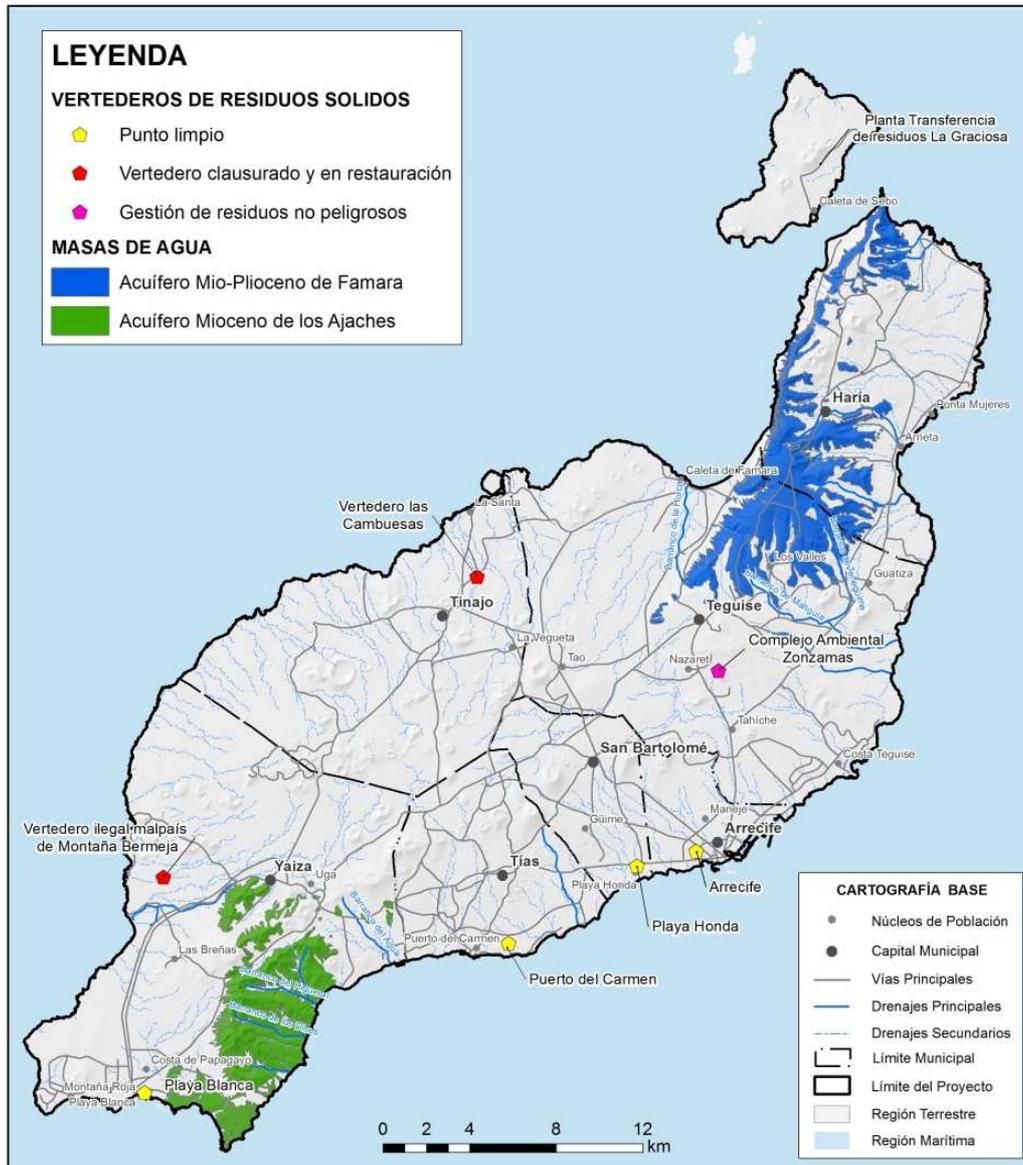


Figura 74. Vertederos de residuos sólidos. Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída del Cabildo de Lanzarote

En resumen, sólo existen 4 puntos limpios (transferencia de residuos de origen urbano pero no almacenamiento) y la planta de gestión de residuos sólidos de Zonzamas (depósito de residuos de origen municipal con menos de 15 años de antigüedad, impermeabilizado y con recogida de lixiviados) que da servicio a la totalidad de la isla, es decir, a una población superior a los 10.000 heq (habitantes equivalentes).

El único punto de presión significativa es el complejo ambiental de Zonzamas. Sin embargo, este punto **no afecta a ninguna de las 2 masas de agua definidas.**

12.2.2.3. Vertidos IPPC

Se ha consultado en el la web del Registro Estatal de Entidades de Emisiones y Fuentes contaminantes aquellas actividades que están registradas como instalaciones IPPC que vierten a medio terrestre y que están reguladas **según Ley 16/2002 de IPPC**, modificada por Ley 5/2013 (BOE 140, 12.06.2013, pág. 44257) y estén activas en la actualidad.

Los 2 puntos activos registrados en la isla de Lanzarote se listan a continuación:

Nombre	Codificación IPPC	Categoría
Complejo industrial de Zonzamas	5.5	Vertederos de todo tipo de residuos que reciban más de 10 Tn por día o que tengan una capacidad total de más de 25.000 Tn
Central Diesel de Punta Grande	1.1 a)	Instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen ordinario o en régimen especial, en las que se produzca la combustión de combustibles fósiles, residuos o biomasa

Tabla 29. Instalaciones IPPC activas ubicadas en Lanzarote. Fuente: Registro Estatal de Entidades de Emisiones y Fuentes contaminantes. Datos 2015

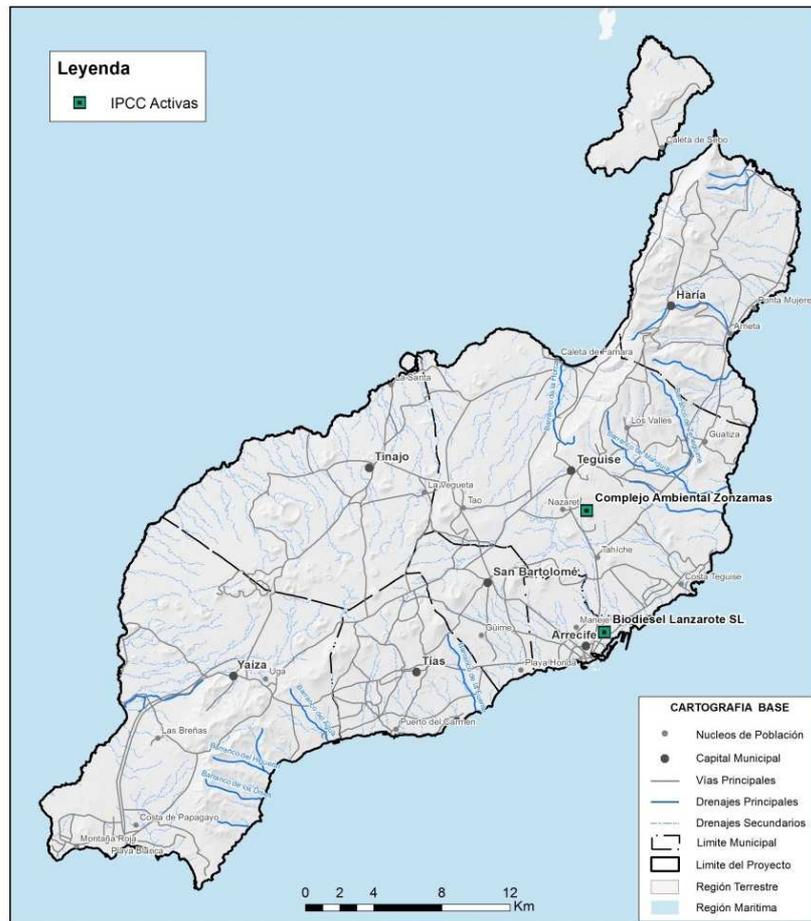


Figura 75. Localización de las 2 empresas IPPC registradas y en activo en la isla de Lanzarote

Ninguno de los puntos se localiza en las proximidades de las masas de agua subterránea definidas.

12.2.2.4. Desalinizadoras

Actualmente, la mayor parte de generación de agua potable en Lanzarote se centra en la desalación de agua salada o salobre. La empresa pública INALSA opera con 2 centros de producción cuyas plantas trabajan con tecnología de osmosis inversa y compresión de vapor:

- Punta de los vientos (Arrecife), plantas Lanzarote III (30.000 m³/d), Lanzarote IV (30.000 m³/d) y Lanzarote V (18.000 m³/d)
- INALSA Sur (Yaiza), plantas Janubio OI (3.500 m³/d) y Janubio CP (4.500 m³/d)

A parte de estas plantas existen pequeñas plantas desalinizadoras de aguas saladas y/o salobres de carácter privado que dan servicio principalmente a complejos hoteleros.

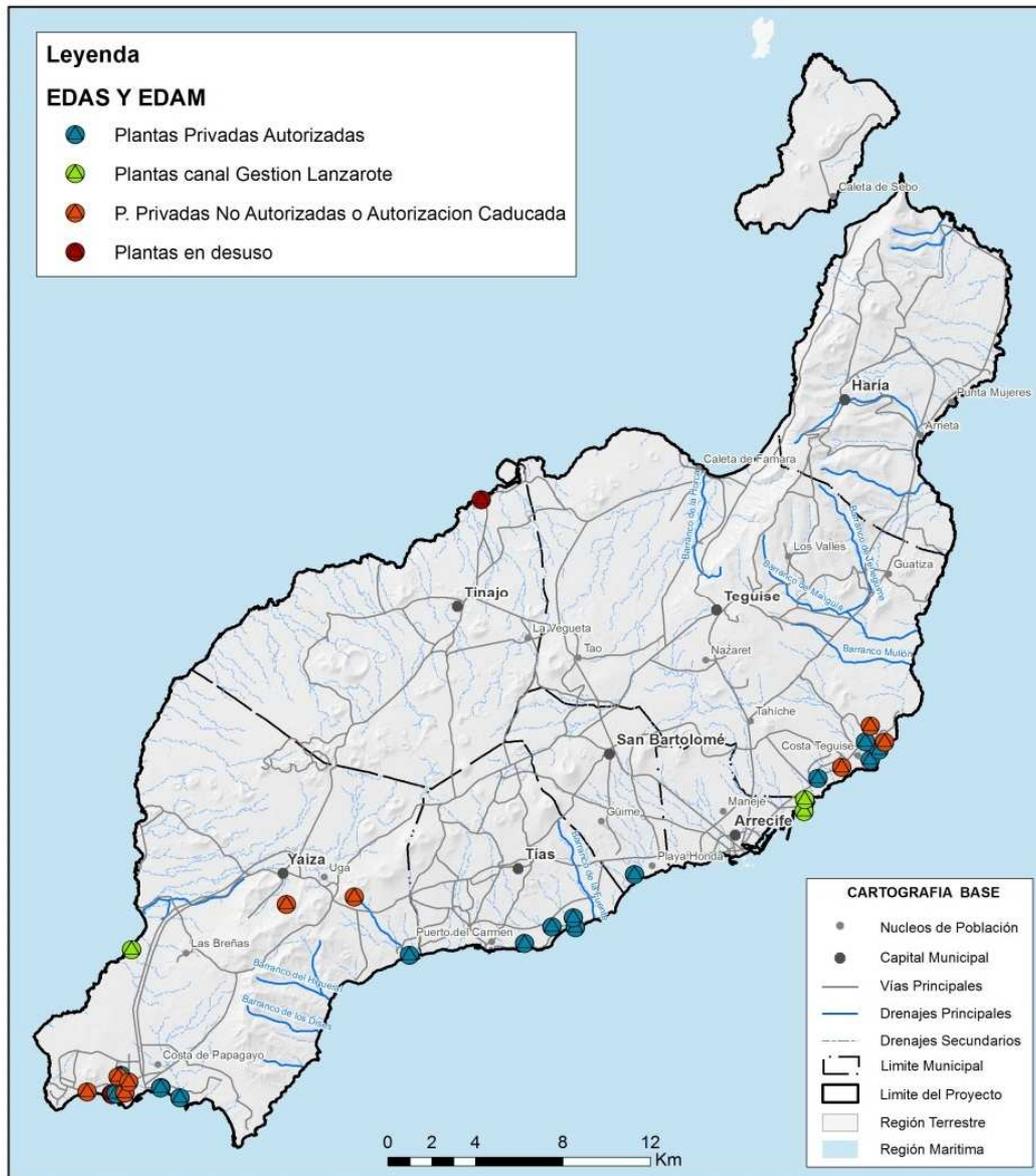


Figura 76. Ubicación de EDAS (Estaciones Desalinizadoras de Agua Salobre) y EDAM (Estaciones Desalinizadoras de Agua de Mar) de Lanzarote. Fuente: Plan Hidrológico de Lanzarote (2001)

Prácticamente la totalidad de las estaciones se ubican en la costa y las salmueras se vierten al mar.

Existe un **único punto que podría afectar a la masa de agua del Mioceno de Los Ajaches. Se trata de una estación desalinizadora con autorización caducada cuyas salmueras residuales podrían afectar la masa de agua.**

12.2.2.5. Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR)

Actualmente existen 6 EDARs en funcionamiento en la isla de Lanzarote operadas por INALSA. Existen otras 22 EDAR de carácter privado que también operan en la isla.

A excepción de La Caleta, todas las EDAR tienen un sistema de reutilización que aprovechan de manera integral el agua para su reuso en agricultura y jardinería a bajo precio. El reuso del agua en agricultura es por riego tecnificado por goteo, que junto con la aridez del terreno, la evapotranspiración dificulta que el agua llegue a los niveles de agua subterránea.

En la siguiente tabla se indican los datos de las principales EDAR de la isla, de las cuales se dispone de datos.

EDAR	Producción (m ³ /d)	Población (heq)	Canal Gestión lanzarote	Destino lodos
EDAR Arrecife: Año 2002.	8.000	60.000	Canal Gestión lanzarote	Complejo Zonzamas (biometanización)
EDAR Tias: Año 2001.	8.000	25.000	Canal Gestión lanzarote	Complejo Zonzamas (biometanización)
EDAR Costa Teguiise: Año 1987.	4.200	20.000	Canal Gestión lanzarote	Complejo Zonzamas (biometanización)
EDAR Playa Blanca: Año 2002:	2.250	7.000	Canal Gestión lanzarote	Complejo Zonzamas (biometanización)
EDAR Haría: Año 1992:	400	60	Canal Gestión lanzarote	EDAR Costa Teguiise
EDAR Caleta de Famara: Año 2000.	270	s.d.(sin dato)	Canal Gestión lanzarote	Complejo Zonzamas (biometanización)
EDAR de Costa Papagayo	2.250	10.000	Privada	s.d.
EDAR de Montaña Roja	1.400	7.000	Privada	Jardinería
EDAR de Cortijo Viejo	1.500		Privada	s.d.
EDAR de Puerto Calero	1.500		Privada	s.d.

Tabla 30. Producción en las EDAR de la isla de Lanzarote. Fuente: Cabildo de Lanzarote - Centro de datos (2015). Plan Hidrológico Insular de Lanzarote

La mayoría de complejos hoteleros de la costa disponen de su propia EDAR de aguas residuales, que aunque no se disponga de datos tienen una capacidad de producción mucho más pequeña que las operadas por INALSA. La presión ejercida por estas EDAR puede considerarse como no significativa.

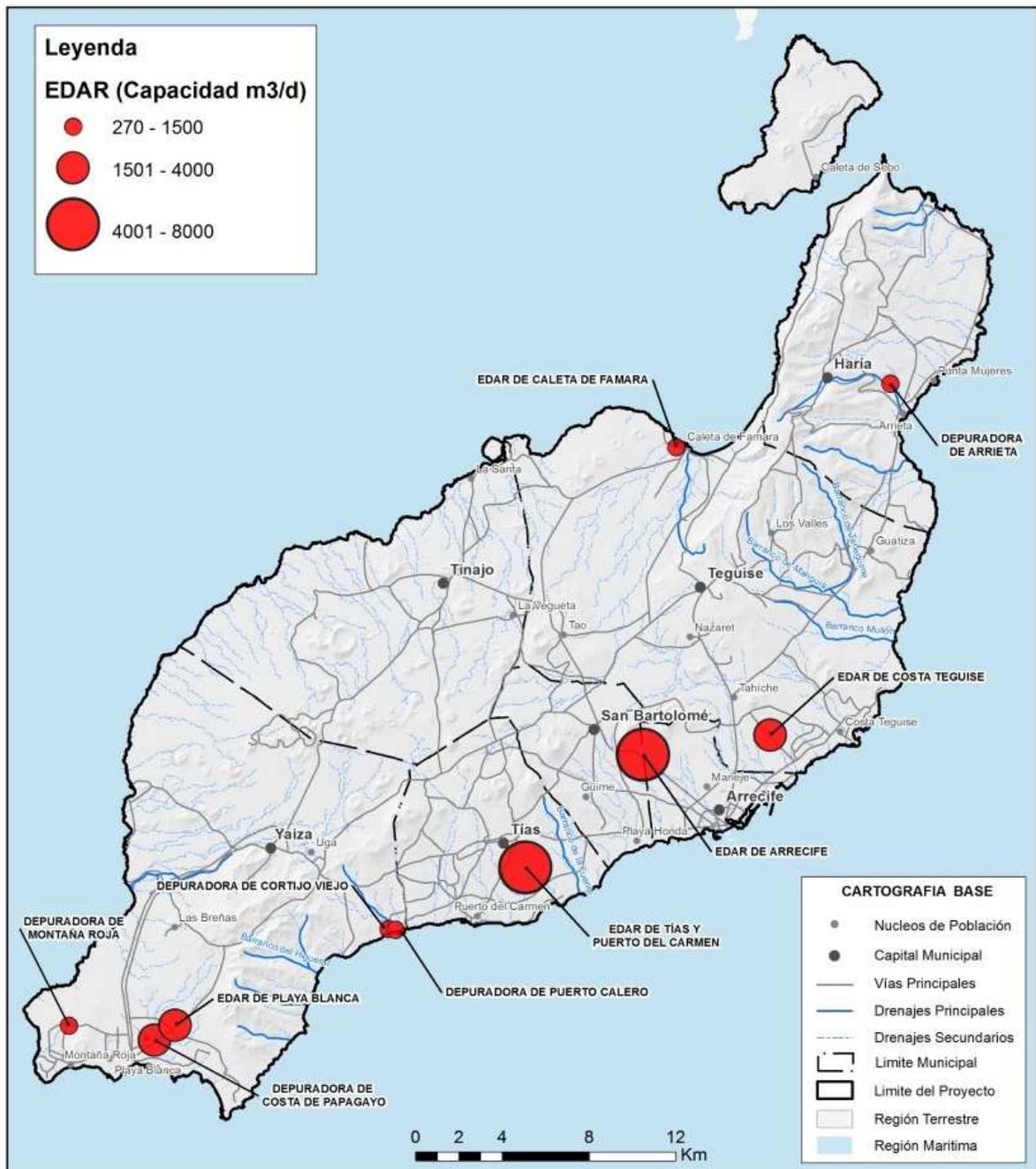


Figura 77. Ubicación de las principales EDAR en la isla de Lanzarote. Fuente: INALSA y Plan Hidrológico de Lanzarote (2001)

Los lodos producidos en las principales EDAR que recogen más del 80% de aguas residuales generados por la población de la isla son enviados y valorizados en la planta de biometanización de Zonzamas. Esta planta se alimenta de lodos deshidratados procedentes de EDAR, purines de cerdo, sueros lácteos y aceites vegetales.

MESES	Contadores (m ³)*	Cubas Potable (m ³)	Cubas Regeneradas (m ³)	Agua reutilizada (m ³)*	TOTAL (m ³)*
Enero	699.901	6.429	500	181.807	888.637
Febrero	824.030	6.114	90	136.558	966.792
Marzo	993.628	6.223	660	174.519	1.175.030
Abril	884.040	7.247	656	229.816	1.121.759
Mayo	711.596	7.097	800	232.325	951.818
Junio	1.276.222	8.659	116	195.650	1.480.647
Julio	722.709	11.271	335	229.917	964.232
Agosto	1.326.175	9.190	253	202.243	1.537.861
Septiembre	982.158	9.010	1.277	238.887	1.231.332
Octubre	1.337.136	7.663	1.100	208.364	1.554.263
Noviembre	800.570	4.251	150	217.426	1.022.397
Diciembre	1.157.222	5.889	598	243.793	1.407.502
TOTAL	11.715.387	89.043	6.535	2.491.305	14.302.270

Tabla 31. Estadística de aguas regeneradas y reutilizadas. Datos extraídos de la web Datos de Lanzarote correspondientes al año 2015

12.2.2.6. Explotaciones mineras y escombreras

Según la base de datos de explotaciones mineras consultada del IGME, la mayoría de puntos inventariados en Lanzarote corresponden a explotaciones abandonadas, en su gran mayoría de explotación de piroclastos y arcilla con fines agrícolas y extracción de áridos.

En la siguiente tabla se listan aquellas explotaciones mineras que constan como activas, aunque de manera intermitente, en la isla de Lanzarote.

Explotación	Estado	UTM X	UTM Y	Uso	Municipio
Arcilla	Activa intermitente	619816	3200281	Agrícola	Yaiza
Arcilla	Activa intermitente	620815	3200276	Agrícola	Yaiza
Piroclasto	Activa intermitente	623379	3202998	Agrícola	Yaiza
Piroclasto	Activa intermitente	625216	3204881	Agrícola	Yaiza
Piroclasto	Activa intermitente	635751	3205056	Áridos naturales	San Bartolomé
Arcilla	Activa intermitente	631898	3215210	Agrícola	Tinajo
Arcilla	Activa intermitente	627910	3217232	Agrícola	Tinajo
Piroclasto	Activa intermitente	633395	3212959	Agrícola	Teguise
Piroclasto	Activa continua	633780	3212576	Áridos naturales	Teguise
Piroclasto	Activa intermitente	633559	3211997	Áridos naturales	Teguise
Arcilla	Activa intermitente	633875	3211199	Agrícola	Teguise
Piroclasto	Activa intermitente	632953	3218310	Áridos naturales	Teguise
Piroclasto	Activa intermitente	645749	3226475	Áridos naturales	Haría
Arcilla	Activa intermitente	644952	3225135	Agrícola	Haría

Tabla 32. Inventario explotaciones mineras en activo de Lanzarote. Fuente: Base de Datos mineros del IGME

En apartados anteriores se ha analizado el área ocupada por las zonas de extracción minera como contaminación difusa. Sin embargo, en este apartado se consideran las presiones puntuales recogidas en el inventario de escombreras del IGME. Estos puntos pueden constituir una fuente de varios elementos metálicos que se van infiltrando en el terreno hasta llegar al nivel freático. La siguiente tabla muestra el inventario de escombreras catalogado por el IGME en la isla de Lanzarote.

Escombrera (num de registro)	Ubicación	UTM X	UTM Y	Mena	Aguas	Permeabilidad sustrato
483630005	Paraje la Caldera (Teguise)	647430	3215480	Lapilli	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja
483630005	Paraje la Caldera (Teguise)	647480	3215700	Lapilli	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja
483630005	Paraje la Caldera (Teguise)	647450	3215750	Lapilli	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja
483610007	Paraje Lomocamacho (Teguise)	634000	3212420	Lapilli	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja
483610008	Paraje Lomocamacho (Teguise)	634150	3212370	Lapilli	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja
483610005	Paraje Lomocamacho (Teguise)	634000	3212320	Lapilli	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja
483610005	Paraje Lomocamacho (Teguise)	634000	3212320	Lapilli	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja
4836100	Paraje Lomocamacho (Teguise)	634200	3212070	Lapilli	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja
473680002	Paraje B. del Agua (Yaiza)	625300	3200350	Volcánicas	Inexistentes. Nivel freático profundo	Baja

Tabla 33. Inventario de escombreras de Lanzarote. Fuente: IGME

A continuación se muestra una figura con la ubicación de escombreras de origen minero.

Tal y como se observa en la figura, las escombreras existentes se concentran en 3 puntos: Paraje la Caldera (Teguise), Paraje Lomocamacho (Teguise) y Paraje B. del Agua (Yaiza).

Ninguno de estos puntos se ubica sobre las masas de agua definidas. Por lo tanto, la presión de las escombreras es **no significativa**.



Figura 78. Ubicación de escombreras de origen minero. Fuente: IGME

12.3. PRESIONES SOBRE LA CANTIDAD

12.3.1. Extracción de aguas subterráneas

La utilización de las aguas subterráneas en la isla de Lanzarote se realiza por medio de los manantiales, galerías y pozos. Sin embargo, su uso ha ido en descenso en las últimas décadas por 3 motivos principales:

- Escasez del recurso
- Salinización del recurso
- Sustitución gradual del origen del recurso para abastecimiento de agua subterránea a agua desalinizada

12.3.1.1. Pozos

Según la información extraída del proyecto SPA-15, la extracción de aguas subterráneas en la isla era de unos 21 m³/año (dato 1975), aunque esta cantidad es prácticamente inexistente en la actualidad. Gran parte de los pozos están en desuso debido a la progresiva salinización del recurso y el abastecimiento de agua potable por desalinización.

Respecto a los pozos: en el SPA-15 se cita el inventario de 120 pozos en la isla, 102 de los cuales se encuentran en el Valle de Haría. Las profundidades alcanzadas no solían sobrepasar los 20 m de profundidad. Según el ITGE del IGME la profundidad del nivel freático oscila entre 2 y 10 m, y la producción es baja (menos de 1 m³/día por pozo).

No se dispone de datos actuales de volúmenes de extracción, pero se sabe que en su gran mayoría están en desuso, es de suponer, por la progresiva salinización y es de la posible contaminación por la presencia puntual de pozos negros.

En el caso de la isla La Graciosa, no se ha encontrado ninguna reseña a la existencia de fuentes de agua, siendo abastecida de agua potable en la actualidad mediante tubería desde la playa de Mirador del Río hasta el pueblo de la Caleta de Sebo.

12.3.1.2. Galerías

En lo referente a las galerías, las únicas existentes en Lanzarote se concentran en 2 zonas: las Galerías de Famara y las Galerías de Chafariz.

Las más conocidas son las que se encuentran en el Macizo de Famara, más concretamente en el Risco de Famara que explotan los Basaltos de tipo I. Actualmente están fuera de uso, pero según la información disponible existen 7 galerías (4 de ellas principales) con una longitud superior a los 7 km. Cuando estaban en pleno apogeo, y según datos extraídos del proyecto SPA-15 (1975) su extracción ascendía a unos 10,5 l/s (equivalente a 907 m³/día). Según datos de 1988, el agua de estas galerías alcanzaba los 4.500 ppm de contenido en sales, lo que la hacía inviable para consumo y utilizando exclusivamente para construcción y mezcla con agua desalada. A partir de ese momento, dejó de extraerse esa agua.

Los valores obtenidos en la campaña de febrero 2017 corrobora este hecho, ya que las Galerías de Famara presentan conductividades superiores a 5.000 μ S/cm, lo que sería indicativo de una fuerte contenido en sales.

En un detallado estudio hidrológico realizado en 1953 fueron señaladas las áreas de explotación de Famara, especialmente bajo los valles semicerrados y campos de malpaíses donde las aguas se filtran íntegramente en pocos minutos después de caer. Debido a la descomposición de los basaltos antiguos, las aguas arrastran algunas sales teniendo unos porcentajes relativamente altos. Así, en el borde oriental de la Meseta, las aguas procedentes del núcleo del macizo pueden estar en niveles muy profundos y por haber recorrido un gran trecho de basalto descompuesto tienen un mayor porcentaje de sales.

Las Galerías del Chafariz son de factura anterior a las de Famara, y se construyeron debido a la existencia de fuentes en el lugar. Estas galerías tienen una perforación inferior a la de Famara y sus aguas vierten a un estanque que en estos momentos se encuentra abandonado. Estas galerías, al igual que las de Famara, se realizaron junto a almagres y están perforadas en basaltos antiguos. El contenido en sales de las aguas de Chafariz son mucho menores que las de Famara. Según resultados

de campo el valor de los Sólidos Totales Disueltos en agua es de 1080 mg/l, lo que la clasifica como agua dulce con un contenido en sales poco elevado.

12.3.1.3. Fuentes y manantiales

No existen datos de inventario con la ubicación de las fuentes y manantiales y sus caudales asociados. Sin embargo, consultando la información disponible se sabe que históricamente eran muy importantes en la isla, tanto para el abastecimiento humano como para abrevar a los animales. Generalmente se encuentran en sitios poco accesibles, como en el Macizo de Los Ajaches y en el Macizo de Famara-Guatifay. Estas fuentes naturales en muchas ocasiones se mejoraba su capacidad de extracción con alguna pequeña obra.

Actualmente la presencia de fuentes y manantiales es testimonial y sus caudales escasos, destacando la Fuente de las Ovejas, la de Gallo y la Fuente de Guza en Famara, donde de forma casi constante, pero en pequeñas cantidades, se emite agua.

El trabajo en campo refleja que varios pozos de la zona de Los Ajaches no disponen de agua. Solamente los más próximos a la costa disponen de agua, de características salobres muy probablemente por la influencia directa del mar.

Respecto la zona de Famara, se encuentran niveles de agua con valores muy similares a los ya mostrados por el SPA-15. Destacar que las concentraciones de cloruros y sodio son ligeramente inferiores a los indicados en estudios anteriores que podría deberse al abandono de las explotaciones y por lo tanto el no favorecimiento de la intrusión salina.

13. IMPACTOS SOBRE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Según la definición de la DMA, un impacto es el resultado de una presión sobre el estado de la masa de agua con los criterios de calidad y cantidad previstos.

A partir de las presiones significativas detectadas, se evalúa el impacto que éstas generan sobre la masa de agua.

Se distinguen 2 tipos de impacto:

- **Impacto potencial:** es aquel que aunque no haya sido observado, puede ser posible o probable. El análisis de impactos potenciales puede resultar de ayuda cuando no se dispone de la información necesaria (bien porque la presión es reciente, o bien porque el impacto todavía no se ha manifestado).
- **Impacto comprobado:** es aquel que puede ser observado a través de las concentraciones de indicadores químicos y de la piezometría.

13.1. IMPACTOS QUE AFECTAN AL ESTADO CUALITATIVO

Para definir el estado cualitativo se deben tener datos de calidad de agua subterránea, si no existen, esto no se puede realizar.

Los elementos contaminantes están definidos tanto en la DMA como en la Directiva Hija de Aguas Subterráneas (Directiva 2006/118/CE relativa a la Protección de las Aguas Subterráneas contra la Contaminación y el Deterioro, conocida como Directiva de Aguas Subterráneas).

Como se ha indicado anteriormente, en este caso no es posible determinar un impacto comprobado ya que no se dispone de series históricas o de la información suficiente que nos garantice certeza de la existencia de impactos sobre las aguas subterráneas. Sin embargo, y tras el análisis de los resultados obtenidos en campo y de las presiones analizadas, se puede plantear los posibles impactos potenciales. En cualquier caso se resalta que son potenciales ya que no se dispone de una línea base que nos indique el estado real original de las aguas subterráneas.

El objetivo de definir estos impactos potenciales es el poder definir la posterior red de seguimiento y control que servirá para detectarlos y para evaluar las tendencias.

13.1.1. Mio-Plioceno de Famara

Los resultados obtenidos en campo no indican grandes impactos sobre las aguas subterráneas. La alta conductividad detectada en las Galerías de Famara indica un alto contenido en sales, sin embargo no es un indicador de impacto sobre las aguas subterráneas ya que no se dispone de series históricas.

Respecto los pozos analizados en las cercanías de Haría, estos no presentan influencia del agua de mar. La intrusión salina no es, por lo tanto, un impacto detectado en esta zona, hecho lógico teniendo en cuenta que son pozos que ya no se explotan. Sin embargo, y dado que existen evidencias en estudios antecedentes que las aguas de estos pozos se fueron salinizando progresivamente cuando eran sobreexplotados, no se puede descartar la probabilidad de tener impacto por intrusión salina futuro en caso de que éstos sean puestos de nuevo en funcionamiento.

Los valores de nitratos son bajos y no indican un impacto sobre las aguas subterráneas por parte de la agricultura que se lleva a cabo en la zona.

La única presión detectada en la zona es la poblacional, lo que podría generar un impacto probable por posible contaminación por infiltración de aguas usadas y posibles fugas de la red de saneamiento. En las muestras analizadas durante la campaña de campo no se detecta ningún valor anómalo que pueda indicar influencia de aguas servidas.

En conclusión, no existen impactos comprobados en la zona del Mio-Plioceno de Famara, sin embargo se deben contemplar y analizar tendencias de posibles impactos por intrusión salina en caso que se pongan los pozos en explotación y por fugas en la red de saneamiento.

13.1.2. Mioceno de Los Ajaches

El principal impacto probable en esta Masa de Agua Subterránea es la salinización de las aguas. Tal y como se ha visto en el pozo de San Marcial del Rubicón, la influencia marina es grande y las aguas subterráneas presentan características propias de agua salobre.

Por otra parte, existe una presión poblacional sobretodo debida a la presencia de complejos hoteleros que podría afectar a las aguas subterráneas por infiltración de aguas usadas y por posibles fugas de la red de saneamiento. En la muestra analizada en San Marcial del Rubicón no se detecta ningún impacto por aguas servidas.

En la zona más alejada de la costa no se ha podido comprobar el posible impacto ya que los pozos que se han visitado no tenían agua.

En conclusión, **no existen impactos comprobados en el Mioceno de los Ajaches, sin embargo se deben contemplar y analizar tendencias de posibles impactos por intrusión salina y por fugas en la red de saneamiento.**

13.2. IMPACTOS QUE AFECTAN AL ESTADO CUANTITATIVO

La Directiva Marco del Agua indica que el impacto cuantitativo se analizará mediante un balance, con el que se definirán la evolución de niveles, y sus tendencias. En el caso de no poder realizar. En el caso de no disponer de datos, se estimará una recarga en base a la precipitación y en base a las extracciones que proceden de las presiones hacer un balance regional

Como conclusión de este estudio, no se detectan impactos significativos pero se aconseja un control y seguimiento de las masas de agua subterránea mediante puntos de control, para analizar las tendencias de los niveles freáticos de los acuíferos.

14. ZONAS PROTEGIDAS

El **artículo 6 de la DMA** hace referencia al registro de zonas protegidas, y señala que debe establecerse uno o más registros de todas las zonas incluidas en cada demarcación hidrográfica que hayan sido declaradas objeto de una protección especial en virtud de una norma comunitaria específica relativa a la protección de sus aguas superficiales o subterráneas, o a la conservación de los hábitats y las especies que dependen directamente del agua.

El **registro de zonas protegidas**, según recoge el Anexo IV de la DMA, debe contener información relativa a:

- Zonas de captación de agua para abastecimiento
- Zonas de protección de especies acuáticas económicamente significativas
- Masas de agua declaradas de uso recreativo, incluidas las zonas declaradas aguas de baño
- Zonas vulnerables: en aplicación de las normas sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias
- Zonas sensibles: declaradas sensibles en aplicación de las normas sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas
- Zonas de protección de hábitats o especies
- Perímetros de protección de aguas minerales y termales aprobados de acuerdo con su legislación específica
- Masas de agua superficial identificadas como reservas naturales fluviales de acuerdo con el Plan Hidrológico correspondiente
- Protección especial: zonas, cuencas o tramos de cuencas, acuíferos o masas de agua declarados de protección especial y recogidos en el Plan Hidrológico
- Humedales de importancia internacional (Convenio de Ramsar) y zonas húmedas incluidas en el Inventario Nacional de Zonas Húmedas

La ley Canaria 12/1990, de 26 de julio de Aguas, dispone en varios de sus artículos sobre las zonas de protección a ser consideradas:

- Artículo 44 de los perímetros de protección
- Artículos 45-48 de las zonas sobreexplotadas
- Artículo 49 de declaración de acuíferos en proceso de salinización
- Artículos 61-72 de la protección de la calidad de las aguas

14.1. MASAS DE AGUA CON CAPTACIONES SUPERIORES A 10 M³/DÍA DESTINADAS AL CONSUMO HUMANO O QUE ABASTEZCA A MÁS DE 50 PERSONAS.

Serán **zonas protegidas** aquellas zonas en las que se realiza una captación de agua destinada a consumo humano, siempre que proporcione un volumen medio de al menos 10 metros cúbicos diarios o abastezca a más de cincuenta personas, así como, en su caso, los perímetros de protección delimitados. También serán zonas protegidas aquellas zonas que se vayan a destinar en un futuro a la captación de aguas para consumo humano y que hayan sido identificadas como tales en el plan hidrológico.

Los **perímetros de protección**, según los artículos 56 y 97 del Texto refundido de la Ley de Aguas, se definen como el contorno que delimita una superficie en torno a un punto o puntos de captación de aguas subterráneas que son captadas y explotadas para usos de abastecimiento de población, domésticos o similares, determinada en función de las características de la captación y del acuífero,

dentro de la cual se establecen limitaciones de las actividades que se desarrollan con el objeto de impedir la alteración de la calidad y cantidad de las aguas.

La mayoría de captaciones de aguas subterráneas que lo requieren todavía no disponen de la correspondiente declaración del perímetro de protección. Con el fin de dar protección a estas captaciones de manera inmediata y de acuerdo con lo que dispone el artículo 4.1 de la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre), se declara zona protegida las captaciones de prioridad moderada y alta, y a la correspondiente zona de salvaguardia (delimitación provisional).

En **Lanzarote no se han declarado zonas en riesgo de sobreexplotación.**

Hay que considerar que la Ley de Aguas de Canarias (Ley 12/1990 de 26 de julio) otorga privacidad a la titularidad de las aguas, con lo que el titular de una concesión puede destinarlas al uso que crea conveniente. Sin embargo, tras analizar la información disponible, se concluye que en general las aguas subterráneas no son explotadas para abastecimiento, principalmente por su calidad deficiente. Este uso queda cubierto por el agua procedente de desalinizadora. **El uso de agua subterránea en la isla se adscribe de forma puntual a riego de pequeñas huertas y en pequeños aprovechamientos cuando no existe la posibilidad de conexión con las redes insulares de abastecimiento con agua desalinizada.**

También hay que considerar que, en todas las islas, en situación de emergencia, es de aplicación el artículo 53 de la ley 12/1990 de 26 de Julio de Aguas de Canarias, que permite que las aguas se destinen temporalmente a usos específicos.

14.2. ZONAS DESIGNADAS PARA LA PROTECCIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS SIGNIFICATIVAS DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO

Se deben definir como zonas protegidas aquellas que han sido publicadas en la **Orden APA/3328/2005, de 22 de septiembre**, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se hacen públicas las nuevas relaciones de zonas de producción de moluscos y otros invertebrados marinos en el litoral español.

En la isla de **Lanzarote no se ha definido ninguna zona de estas características.**

14.3. MASAS DE AGUA DE USO RECREATIVO, INCLUIDAS LAS ZONAS DECLARADAS AGUAS DE BAÑO

A tal efecto se deberían considerar las zonas incluidas en el Censo de Zonas de Aguas de Baño, vinculadas con el Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño (NAYADE), según lo dispuesto en el art. 4 del Real Decreto 1341/2007, por el que se incorpora al derecho interno español la Directiva 2006/7/CE. Esta disposición está referida mayormente a aguas superficiales.

En el caso de **Lanzarote no existen aguas de origen subterráneo destinadas a uso recreativo.**

14.4. ZONAS VULNERABLES POR LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS

El marco normativo para su designación y protección lo establece la Directiva 91/676, incorporada al ordenamiento jurídico español mediante el RD 261/1996. Son zonas designadas por las Comunidades Autónomas en sus respectivos ámbitos. La Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre, tiene por objetivos reducir la contaminación causada o provocada por los nitratos de origen agrario y actuar

preventivamente contra nuevas contaminaciones de dicha fuente, e impone a los Estados miembros la obligación de identificar las aguas que se hallen afectadas por la contaminación por nitratos de procedencia agraria o en riesgo de estarlo.

Según la información publicada y disponible, en la isla de Lanzarote y La Graciosa no existirían zonas afectadas por la contaminación por nitratos según de los valores umbrales aportados por el **Decreto 136/2009, de 1 de septiembre**, de aprobación del Programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables en relación con la contaminación de nitratos que proceden de fuentes agrarias y de gestión de deyecciones ganaderas.

La zona más vulnerable por nitratos de origen agrícola podría ser Haría frente al resto del territorio de la isla, ya que es la zona donde existe una mayor actividad agrícola. En cualquier caso sus valores no son significativos, la agricultura es de secano y se dispone de riego por goteo, lo que minimiza la infiltración de aguas residuales de origen agrícola.

Los pozos analizados en la zona de Haría en la campaña de campo de febrero 2017 **no muestran valores significativos de nitratos**.

14.5. ZONAS DE PROTECCIÓN DE HÁBITATS O ESPECIES

Son aquellas zonas declaradas de protección de hábitat o especies en las que el mantenimiento o mejora del estado del agua constituya un factor importante de su protección, incluidos los Lugares de Importancia Comunitaria y las Zonas Especiales de Conservación (Directiva 92/43) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (Directiva 2009/147), todos ellos integrados en la Red Natura 2000 (Directiva 92/43). En estas zonas es importante conocer los ecosistemas característicos con el fin de hacer una adecuada gestión de los mismos.

Se seleccionarán todos los LIC declarados por Decisión 02/11/CE entre cuyos criterios se encuentran hábitats directa o indirectamente ligados al agua.

La DMA exige la inclusión en el Registro de Zonas Protegidas de al menos las zonas declaradas en la Red Natura 2000 en las que el mantenimiento o mejora del estado del agua constituya un factor importante para su protección.

La **Red Natura 2000** es una red de espacios protegidos integrada por las áreas declaradas como ZEPA (Zonas de Especial Protección para Aves), por la Directiva de Aves (79/409/CEE) y los espacios designados por la Directiva de Hábitat (92/43/CEE), declarados como LIC (Lugares de Importancia Comunitaria), y actualmente nombrados como ZEC (Zonas de Especial Conservación).

El mantenimiento o mejora del estado de las aguas constituye un factor importante en la conservación del 70% de las ZEPAS. La conservación de estos espacios es un objetivo más de la planificación y gestión del agua, para asegurar a largo plazo la disponibilidad de agua en calidad y cantidad, ofreciendo protección frente a inundaciones y sequías, y son fundamentales para los recursos pesqueros, y el sector turístico.

En el caso de interacción de un Espacio de la Red Natura 2000 con una masa de agua subterránea (una única masa de agua subterránea en la isla de Lanzarote, ES70LZ001) se diferencian dos supuestos:

- **Ecosistemas Acuáticos Asociados:** Ecosistemas asociados a masas de agua epicontinentales (ríos, lagos, transición, costeras), el estado de los cuales podría estar afectado por alteraciones del nivel de las aguas subterráneas o concentraciones de contaminantes

- **Ecosistemas terrestres dependientes:** Ecosistemas que dependen de las aguas subterráneas en una parte significativa o un periodo significativo del año

La identificación de los Ecosistemas Terrestres Dependientes se realiza mediante la intersección entre las masas de agua subterráneas y los Espacios de la Red Natura 2000 ligados a un medio acuático y que no estén relacionados con una masa de agua epicontinental. En este caso, únicamente se identifican los espacios susceptibles de ser considerados Ecosistemas Terrestres Dependientes a falta de una caracterización más detallada que valore el grado de dependencia.

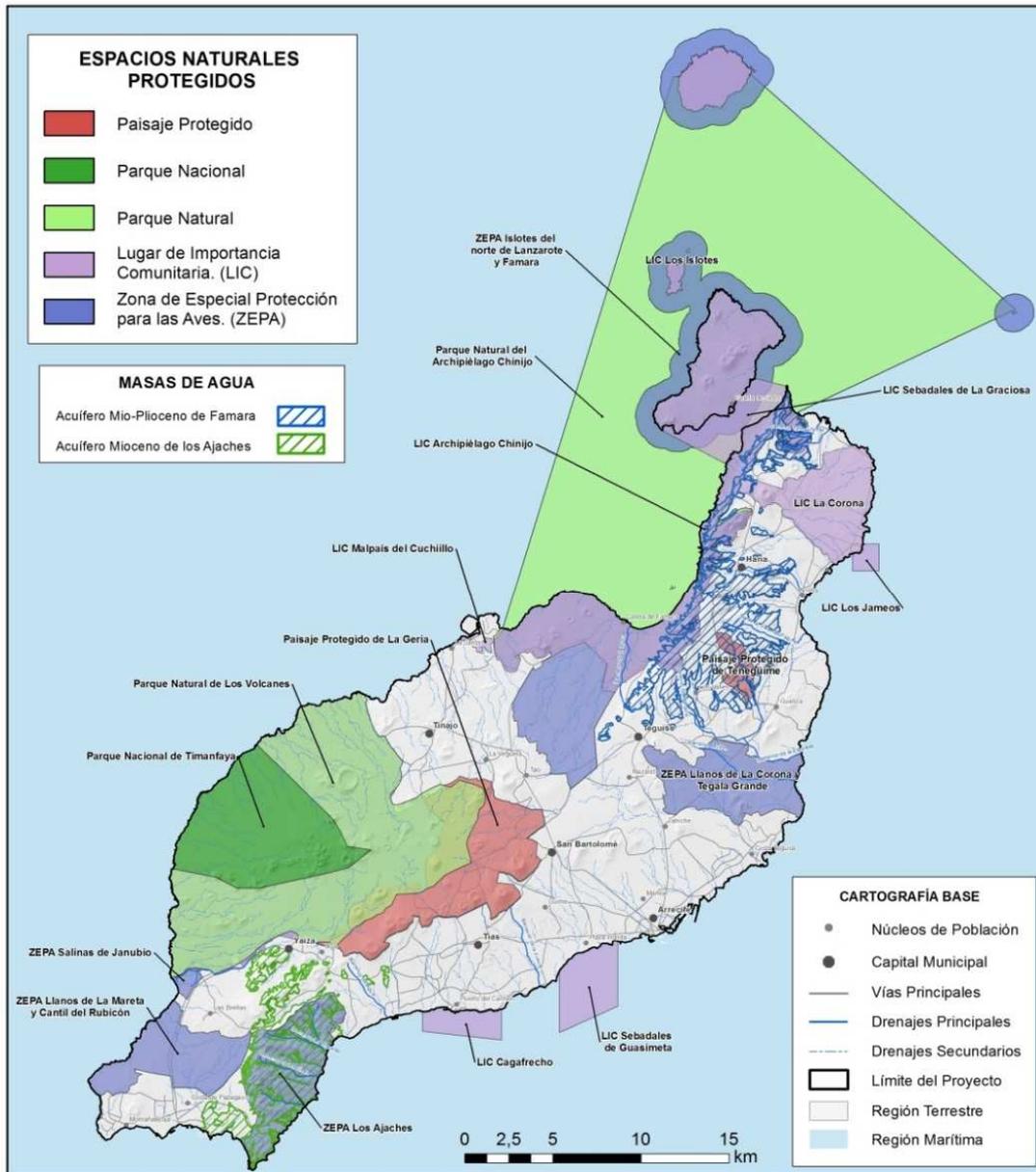


Figura 79. Espacios Naturales Protegidos cruzados con las Masas de Aguas Subterráneas definidas. Fuente: Elaboración propia. INCLAM

Habiendo cruzado los Espacios Naturales Protegidos con las Masas de Agua Subterránea, se propone la siguiente relación de zonas de protección de hábitat o especies que se encuentran en el área de influencia de las masas de agua definidas.

Explotación	Estado	Municipio
Mio-Plioceno de Famara	LIC Archipiélago Chinijo	Haría
	Paisaje Protegido de Teneguime	Haría
Mioceno de los Ajaches	ZEPA Los Ajaches	Yaiza

Tabla 34. Zonas de protección en la zona de influencia de las Masas de Agua Subterránea definidas. Fuente: Elaboración propia.

14.6. ZONAS DE PROTECCIÓN

Teniendo en consideración los aspectos hidrogeológicos de las dos masas de agua definidas y considerando la alta vulnerabilidad que presentan estos acuíferos donde la explotación se produce cercana a las zonas de recarga, es importante **proteger** estos ámbitos que se corresponden con los afloramientos de los basaltos del Mio-Plioceno del **macizo de Famara** y los basaltos miocénicos del **macizo de los Ajaches**. Estas zonas se corresponden a la delimitación de los propias masas de agua antes definidas.

14.7. ZONAS DE PROTECCIÓN DE INTRUSIÓN MARINA

En cuanto a la protección para evitar la intrusión salina, la actual cuña se puede considerar como una consecuencia del equilibrio natural agua continental-marina, al no existir aprovechamientos subterráneos significativos. La interfase se mueve dependiendo de la evolución climática, ya que al no existir presión antrópica, no hay factores externos que modifiquen el gradiente. Luego **no se considera necesario establecer una zona de protección aunque sí vigilar el comportamiento de la cuña..**

El programa de control y seguimiento propuesto establece ciertos puntos de recogida de datos, que permita analizar tendencias y gestionar en consecuencia.

15. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

El programa de seguimiento es una herramienta fundamental para la consecución de los objetivos medioambientales definidos en el **artículo 4 de la DMA para las aguas subterráneas**.

El seguimiento se realiza a través de una red de control previamente definida del estado cuantitativo y químico de las aguas subterráneas. Estas redes deberán aportar la información necesaria para el logro de los objetivos definidos en el artículo 4 de la DMA.

Al igual que ocurre para las aguas superficiales, la red de seguimiento se divide en 2 tipos de controles: de vigilancia y operativo.

De vigilancia: tiene el objetivo de complementar y validar la evaluación de impactos, así como de evaluar las tendencias prolongadas como consecuencia de las modificaciones de las condiciones naturales y de la actividad antropogénica.

Operativa: tiene como objetivo determinar el estado de todas aquellas masas de agua definidas en "riesgo seguro" según el artículo 5 de la DMA, además de determinar la presencia de cualquier tendencia al aumento significativo y prolongado de contaminantes de origen antropogénico.

15.1. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

La información obtenida a partir de la red de control cuantitativo ha de ser suficiente como para apreciar la dirección y régimen del flujo del agua subterránea.

Los datos de explotación de la red, conjuntamente con otras informaciones serán fundamentales para el análisis de las posibles excepciones contempladas en el artículo 4 (prórroga en el plazo para la consecución de los objetivos medioambientales, consideración de objetivos menos rigurosos y nuevos desarrollos sostenibles).

15.1.1. Criterios de diseño

El control cuantitativo a establecer en cada masa depende de múltiples factores, entre los que destacan: la intensidad de la presión existente (explotación del recurso), la evaluación del riesgo, el modelo conceptual de funcionamiento y las características del medio, la tipología de las captaciones, y la importancia estratégica de los recursos.

El parámetro principal a controlar es **el nivel piezométrico** del agua, y lo óptimo es disponer de piezómetros dedicados a tal fin. Además de niveles, en ocasiones puede ser de interés integrar datos de caudales de manantiales significativos y galerías, ya que estos pueden, en determinadas circunstancias, ofrecer un mejor reflejo del estado cuantitativo que los propios niveles piezométricos.

En el caso en los que se midan caudales de manantiales, los datos obtenidos serán más representativos del estado cuantitativo de la masa de agua si se trata de surgencias importantes, sin grandes variaciones estacionales, y por lo tanto, que representen amplios sectores del acuífero al que drenan, debiendo ser descartados los nacientes asociados a acuíferos colgados.

Para que el nivel de un pozo sea representativo debe ser un nivel estático en un pozo que no tenga almacenamiento por aportes procedentes de niveles colgados, drenaje de aguas subálveas o de escorrentía.

Muchos de los acuíferos de las Islas Canarias presentan materiales muy permeables pero se ven interrumpidos mediante diques que forman planos verticales de muy baja permeabilidad, causando

una distribución “escalonada” de los niveles. El control de un manantial relevante asociado a este tipo de acuífero o una galería que integre aguas de múltiples compartimentos, pueden ser netamente más representativos que el nivel de un sondeo en el que cabe la posibilidad de que corresponda a un compartimiento reducido y notablemente aislado.

15.1.2. Frecuencia

La frecuencia de los registros piezométricos puede variar según si se trata de un punto de control de vigilancia u operativo. No se recomienda una frecuencia inferior a dos medidas al año (aguas altas y bajas), siendo la medición en continuo la situación más óptima. Para la red de control de Lanzarote se propone una frecuencia bianual (en época de aguas altas y aguas bajas) en el caso de la red de vigilancia, y una frecuencia mensual en el caso de la red operativa.

En el caso de las fuentes y manantiales, el control del agua drenada por éstos y la extraída por las captaciones, no representa en sí mismo una medida del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea, sino de la presión a la que se ve sometida. En estos casos podría plantearse un control variable según el caso, no es necesaria una frecuencia tan alta como la red operativa, pero pueden ser datos muy relevantes de cara a la gestión y planificación del recurso hídrico subterráneo.

En el caso de Lanzarote, analizando la distribución mensual de la afluencia de turismo y la distribución mensual del régimen pluviométrico que está directamente relacionado con la recarga de las masas de agua subterránea.

Media de pasajeros por vía aérea, procedentes del extranjero entrados a Canarias por meses 1990 - 2010



Figura 80. Distribución mensual del turismo en Canarias. Fuente: Gobierno de Canarias

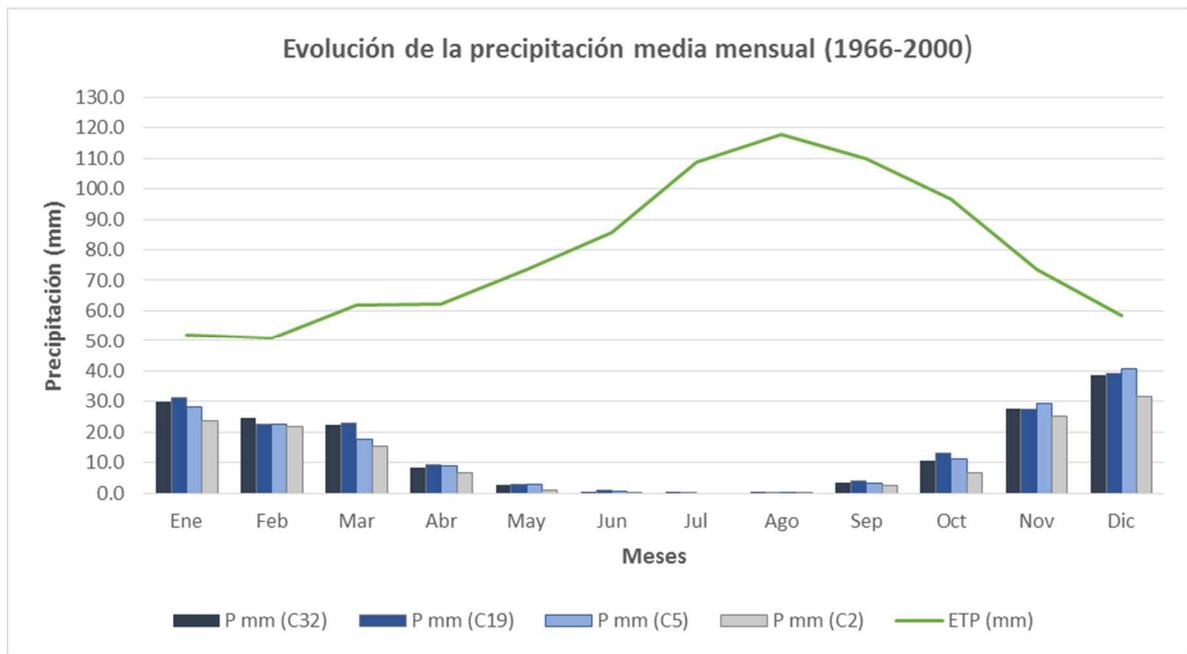


Figura 81. . Evolución de la precipitación media mensual en las cuencas piloto para el periodo 1966-2000. Fuente INCLAM

Analizando ambas gráficas se propone una campaña de toma de muestras durante la **primera quincena de diciembre** y otra en el mes de **junio**.

15.2. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO QUÍMICO

La red de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas debe estar diseñada para proporcionar una apreciación coherente y amplia del estado químico de las aguas subterráneas y detectar la presencia de tendencias al aumento significativo y prolongado de contaminantes inducidos antropogénicamente.

15.2.1. Criterios de diseño

Son varios los factores que determinan cómo diseñar las redes de control del estado químico: el riesgo existente, el modelo conceptual del sistema y las características de las captaciones, pero la fundamental es el **tipo presión** que se quiera monitorizar.

Existen, de forma general, una serie de problemáticas o presiones principales que pueden afectar al estado químico del agua subterránea, destacando: intrusión marina, emisiones IPPC, vertederos de residuos sólidos y zonas con déficit de saneamiento. En la medida de lo posible las redes deberán ser **multipropósito**, de forma que de ellas se pueda obtener información de varias presiones.

15.2.1.1. Intrusión salina

Para un buen diseño de la red de control de la intrusión marina es fundamental tener conocimiento del modelo conceptual del sistema así como datos históricos sobre conductividades, concentración de

cloruros y otros elementos que ayuden a identificar un posible proceso de salinización. Se escogerán pozos o sondeos cercanos a la línea de costa.

El principal parámetro a controlar es la conductividad, adicionalmente pudiendo incluir algún análisis de contenido en cloruro. En este caso de control de intrusión marina es recomendable medir los siguientes parámetros:

- ✓ pH
- ✓ Conductividad
- ✓ Alcalinidad
- ✓ Dureza
- ✓ Carbono Orgánico Total (TOC)
- ✓ Cationes mayoritarios (calcio, magnesio, potasio y sodio)
- ✓ Aniones mayoritarios (carbonatos y bicarbonatos, nitratos, sulfatos y cloruros)

Ambas masas de agua son susceptibles a sufrir los efectos de la intrusión salina. Las causas son la elevada permeabilidad de los materiales basálticos cuaternarios y la fisuración generalizada de la Edad **Mioplócena de Famara y de la Edad Miocena de Los Ajaches**.

15.2.1.2. Vertederos de residuos

Deben incluirse al menos los puntos de control mínimos específicos para el seguimiento de las aguas subterráneas al efecto en virtud del Real Decreto 1481/01, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero que incorpora al derecho interno la Directiva 1999/31/CE. En consecuencia, se seleccionará un punto situado aguas arriba del vertedero en la dirección del flujo de aguas subterráneas entrante y en, al menos, dos puntos situados aguas abajo del vertedero en la dirección del flujo saliente. El número de puntos de control podrá aumentarse sobre la base de las características hidrogeológicas específicas y teniendo en cuenta la necesidad de, en su caso, la detección rápida de cualquier vertido accidental de lixiviados en las aguas subterráneas.

Tal como establece **el Real Decreto 1481/01**, los parámetros que ha de analizarse en las muestras tomadas deberán determinarse en función de la composición prevista del lixiviado y de la calidad del agua subterránea de la zona. Entre los parámetros han de incluirse indicadores que garanticen un pronto reconocimiento del cambio en la calidad del agua. Los parámetros a analizar recomendados por la **Directiva 1999/31/CE** son los siguientes: **pH, TOC, fenoles, metales pesados, fluoruro, arsénico, y petróleo/hidrocarburos**.

Los parámetros a analizar serían entonces:

- ✓ pH
- ✓ Conductividad
- ✓ Alcalinidad
- ✓ Dureza
- ✓ Carbono Orgánico Total (TOC)
- ✓ Cationes mayoritarios (calcio, magnesio, potasio y sodio)
- ✓ Aniones mayoritarios (carbonatos y bicarbonatos, nitratos, sulfatos y cloruros)
- ✓ Componentes minoritarios (amonio, fósforo, fluoruros, bromuros)
- ✓ Metales
- ✓ Fenoles
- ✓ Cianuros

- ✓ Aceites y grasas
- ✓ Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX)
- ✓ Hidrocarburos

En el caso de **Lanzarote, el único punto vertedero de residuos sólidos (Zonzamás) no se localiza sobre ninguna masa de agua subterránea definida.**

15.2.1.3. Empresas IPPC

Las empresas a las que aplica la **Ley 16/2002 (empresas IPPC, y texto refundido R.D.L. 1/2016)**, no están sujetas a ningún tipo de medida extraordinaria en lo que a control de vertidos se refiere, por lo que se han de guiar por la legislación de aguas existente para la autorización de vertidos a aguas continentales. Como una buena aproximación se considera suficiente seleccionar 2 o 3 puntos alrededor de cada instalación industrial.

Los parámetros pueden variar ya que dependerán de la actividad de la industria y el tipo de vertido.

En cualquier caso, se recomienda analizar los siguientes parámetros:

- ✓ pH
- ✓ Conductividad
- ✓ Alcalinidad
- ✓ Dureza
- ✓ Carbono Orgánico Total (TOC)
- ✓ Cationes mayoritarios (calcio, magnesio, potasio y sodio)
- ✓ Aniones mayoritarios (carbonatos y bicarbonatos, nitratos, sulfatos y cloruros)
- ✓ Componentes minoritarios (amonio, fósforo, fluoruros, bromuros)
- ✓ Metales
- ✓ Fenoles
- ✓ Cianuros
- ✓ Aceites y grasas
- ✓ Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX)
- ✓ Cualquier parámetro adicional que suponga riesgo según el tipo de empresa IPPC

Los 2 únicos puntos definidos en Lanzarote **como empresas IPPC no se encuentran sobre el área de influencia de ninguna de las dos masas de agua subterránea definidas.**

15.2.1.4. Red de saneamiento

La falta de red de alcantarillado, de conexiones suficientes o la utilización de pozos negros, en lugar de fosas sépticas, en las zonas en las que la construcción de una red de alcantarillado resulta inviable; suponen una presión que es conveniente analizar de cara a un mejor diseño de la red de control del estado químico de las aguas subterráneas. En Lanzarote existen numerosos núcleos de población pequeños (menores de 2.000 h-eq en aguas continentales y menores de 10.000 h-eq en aguas costeras), que no cuentan con sistemas de depuración y que suponen una elevada carga contaminante.

Una vez delimitados los núcleos potencialmente contaminantes por déficit de saneamiento, la red de control se dispondrá entorno a los mismos, seleccionando puntos ubicados aguas abajo.

Considerando el tipo de contaminación que puede derivar de una zona con déficit de saneamiento, los parámetros a analizar son los siguientes:

- ✓ pH
- ✓ Conductividad
- ✓ Alcalinidad
- ✓ Dureza
- ✓ Carbono Orgánico Total (TOC)
- ✓ Cationes mayoritarios (calcio, magnesio, potasio y sodio)
- ✓ Aniones mayoritarios (carbonatos y bicarbonatos, nitratos, sulfatos y cloruros)
- ✓ Componentes minoritarios (amonio, fósforo, fluoruros, bromuros)
- ✓ Metales
- ✓ Fenoles
- ✓ Cianuros
- ✓ Aceites y grasas
- ✓ Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX)

En el caso de Lanzarote se ha analizado la presión ejercida por la red de saneamiento por municipio, y se ha concluido que en todos los casos es baja (punto 11.2.1.3). Sin embargo, en ese mismo punto se cita que existe una mayor presión en el núcleo urbano de **Haría y en Playa Blanca y Papagayo**, por ello sería recomendable incluir puntos de control en estos lugares, para poder controlar el impacto que las aguas usadas puedan tener sobre las aguas subterráneas.

15.2.2. Frecuencia

La frecuencia de los registros piezométricos puede variar según si se trata de un punto de control de vigilancia u operativo. No se recomienda una frecuencia inferior a dos medidas al año (aguas altas y bajas), siendo la medición en continuo la situación más óptima. Al igual que para el caso del control cuantitativo, para la red de control de Lanzarote se propone una frecuencia bianual (en época de aguas altas y aguas bajas, es decir, **junio y diciembre**) en el caso de la **red de vigilancia** y una frecuencia **mensual en el caso de la red operativa**.

15.2.3. Programa de seguimiento de las zonas protegidas

Tal y como se ha analizado en el capítulo 13, en Lanzarote sólo existen zonas de protección de hábitat o especies, no habiendo identificado otras zonas de protección definidas por el artículo 6 de la DMA.

En este caso, son las medidas y planes de conservación de las Zonas Especiales de Conservación los que establezcan la relación y requerimientos de los hábitats y aves respecto al agua subterránea. Los posibles requerimientos, cuantitativos o químicos, que en su caso se establezcan deberán ser integrados oportunamente en el programa de seguimiento del estado del agua subterránea.

La definición del programa de seguimiento de las masas de agua subterránea queda supeditada a la existencia de los planes de uso y gestión de cada ecosistema específico que contendrá la evaluación y requerimientos relativos a la masa de agua subterránea que supuestamente esté relacionado con él.

15.3. PROPUESTA RED DE CONTROL

El **artículo 8 de la DMA** establece los requisitos para el control del estado de las masas de aguas superficiales, subterráneas y zonas protegidas, especificando que en el caso de las masas de agua subterránea se deberán incluir el seguimiento del estado químico y cuantitativo.

Los programas de control de las masas de agua subterráneas deben responder a los siguientes requerimientos indicados en el **Anexo 5 de la DMA**:

- Proporcionar una evaluación fiable del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea
- Completar y validar el procedimiento de evaluación de impacto
- Mejorar la red actual
- Evaluar las tendencias prolongadas por modificación de condiciones naturales o por actividad humana
- Proporcionar una visión amplia y coherente del estado químico de las masas de agua
- Detectar la presencia de tendencias de aumento significativo de contaminantes inducidos antropogénicamente
- Evaluar la reversión de tales tendencias en la concentración de contaminantes

Para ello, se debe definir una red de control que constituye el instrumento para alcanzar el buen estado de las aguas, en el caso de las aguas subterráneas esto se define en 2 criterios: buen estado químico y buen estado cuantitativo, y debe contemplar todos los aspectos que se han comentado en los apartados anteriores. El objetivo es tener datos a futuro con los que sea posible identificar posibles impactos y analizar tendencias.

En el **área del Mioceno de los Ajaches** se proponen 3 puntos, 2 de ellos operativos y 1 de vigilancia para el control de la intrusión salina principalmente. La presión poblacional es baja pero se trata de una zona turística con presencia de numerosos hoteles.

La **zona de Famara** presenta una mayor presión poblacional y el riesgo de intrusión salina cerca de la costa. La red de control debe acotar estas presiones controlando la intrusión salina cerca de la costa y las posibles fugas de redes de saneamiento y presencia de algunos puntos contaminantes (gasolineras) en la ciudad de Haría. En este caso se proponen 3 puntos operativos y 2 de vigilancia.

En la siguiente tabla se hace una propuesta de posibles puntos que pueden conformar la red de control. La solución óptima sería la perforación de piezómetros específicos cuya finalidad sea únicamente el control cualitativo y cuantitativo, sin embargo, se proponen una serie de puntos existentes que aporten información sobre las masas de agua definidas.

Nombre	Punto equivalente	UTMX	UTMY	Tipo de red	Programa de seguimiento	Parámetros a medir
Mioceno de Los Ajaches						
Playa Blanca	Pozo Marina Rubicón	615743	3192993	O	Intrusión salina y presión por red de saneamiento	Base* + componentes minoritarios (amonio, fósforo, fluoruros, bromuros), metales, fenoles, AOX, cianuros, aceites y grasas.
San Marcial del Rubicón	San Marcial del Rubicón P1B2	618101	3191766	O	Intrusión salina y presión por red de saneamiento	Base* + componentes minoritarios (amonio, fósforo, fluoruros, bromuros), metales, fenoles, AOX, cianuros, aceites y grasas.
Costa Papagayo	Pozo Papagayo	618583	3192841	V	Intrusión salina	Base*
Mio-Plioceno de Famara						
Haría 1	Pozo de la Cañada I	645641	3224907	O	Red de saneamiento	Base* + componentes minoritarios (amonio, fósforo, fluoruros, bromuros), metales, fenoles, AOX, cianuros, aceites y grasas.
Haría 2	Pozo de la Elvira	645509	3224489	O	Red de saneamiento,	Base* + componentes minoritarios (amonio, fósforo, fluoruros, bromuros), metales, fenoles, AOX, cianuros, aceites y grasas.
Haría 3	Galerías de Chafariz	645093	3222546	V	Red de saneamiento	Base* + componentes minoritarios (amonio, fósforo, fluoruros, bromuros), metales, fenoles, AOX, cianuros, aceites y grasas.
Famara	Galerías de Famara V	643583	3224861	O	Intrusión salina	Base*
Famara	Galerías de Famara I	642172	3221310	V	Intrusión salina	Base*

*Base: incluye los siguientes parámetros básicos: pH, Conductividad, Alcalinidad, Dureza, Carbono Orgánico Total (TOC), Cationes mayoritarios (calcio, magnesio, potasio y sodio), Aniones mayoritarios (carbonatos y bicarbonatos, nitratos, sulfatos y cloruros)

Tabla 35. Propuesta de puntos de control. Fuente: Elaboración propia. INCLAM

La siguiente figura muestra la ubicación de los puntos de control propuestos.

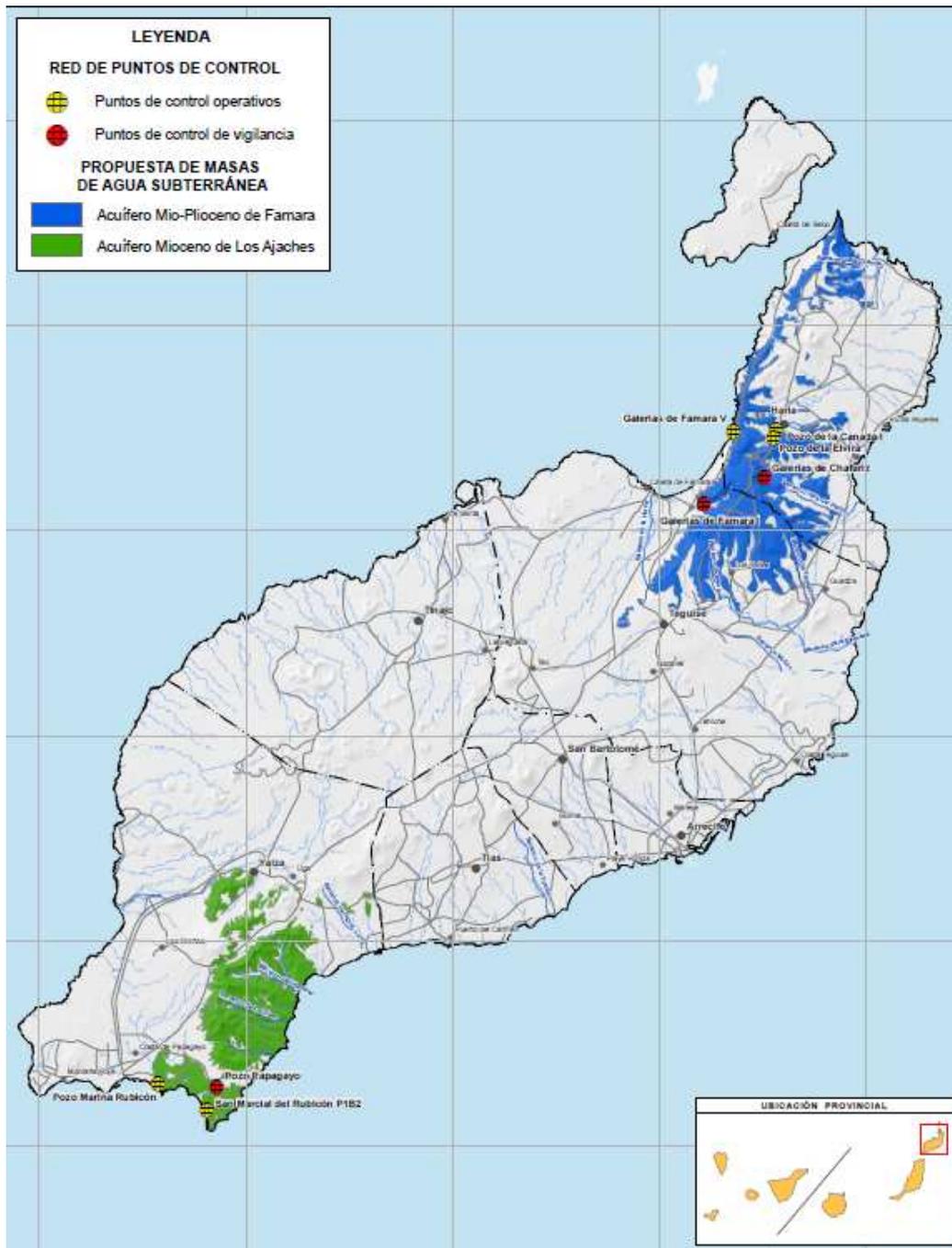


Figura 82. Puntos de control propuestos. Fuente INCLAM

16. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El siguiente punto sintetiza y concluye sobre las principales puntos de este trabajo:

16.1.1. Sobre los acuíferos

Siguiendo la definición de acuífero estipulada en la DMA (artículo 2), y según los criterios hidrogeológicos, geológicos y de permeabilidad, se delimitan **4 formaciones acuíferas** en la isla de Lanzarote y La Graciosa: Acuífero Mio-Plioceno de Famara, Acuífero Mioceno de Los Ajaches, Acuíferos del Pleistoceno y Holoceno, y Acuíferos Cuaternarios sedimentarios.

16.1.2. Sobre las masas de agua subterránea

De las cuatro formaciones acuíferas delimitadas, sólo dos de ellas, sobre Basaltos Antiguos de la Serie I, podrían ser consideradas como masas de agua subterránea, ya que a priori pudieran ser susceptibles de ser explotadas al ser las únicas con capacidad de almacenamiento de agua.

Éstas se corresponden con el **Macizo de Famara** (Término Municipal de Haría, norte de la isla), considerado como la mayor reserva hidrogeológica de la isla, y el **Macizo de Los Ajaches** (Término Municipal de Yaiza, sur de la isla). Esta propuesta se presenta como una evolución frente a la delimitación actual incluida en el Plan Hidrológico de la Demarcación, donde se define una única masa de agua subterránea en toda la isla (código ES70LZ001).

16.1.3. Sobre la caracterización hidrogeoquímica

Se ha realizado una campaña de campo en la cual se visitaron 12 puntos, 8 puntos en la zona de Famara, 3 puntos en la zona de Los Ajaches y 1 punto en los Jameos del Agua. Esta campaña ha sido contratada con los valores obtenidos en estudios precedentes, fundamentalmente durante la elaboración del SPA-15.

Según las características hidroquímicas del agua se ha comprobado que el agua en los Jameos del agua es de origen marino.

En el caso del **Mio-Plioceno de Famara las aguas subterráneas son dulces ligeramente cloradas sódicas**, lo que coincide con su procedencia de lluvia de origen atlántico. Las concentraciones de cationes y aniones mayoritarios son muy similares a las descritas en estudios anteriores a excepción de cloruros y sodio, que han disminuido ligeramente su presencia, lo que puede evidenciar los efectos del abandono de la explotación de los pozos de la zona. Las aguas de las Galerías de Famara presentan altas conductividades lo que corresponde a aguas con alto contenido en sales.

En la zona del **Mioceno de Los Ajaches**, los resultados de la hidroquímica del único pozo analizado y situado en la costa sur, muestran aguas ligeramente **salobres con influencia marina**. El **resto** de los puntos visitados en la campaña de campo (febrero) estaban **secos**. Según el diagrama de Piper son aguas cloruradas-sódicas debido a su origen pluvial atlántico. La presencia de una concentración alta de cloruros (más de 2.000 ppm) indica que no son aguas de buena calidad, aunque en los antecedentes se han encontrado referencias a pozos con aguas de buena calidad con concentraciones de cloruros inferiores a los 1.000 ppm.

Sería necesario **realizar estudios de seguimiento complementarios en la zona del Mioceno de los Ajaches**.

16.1.4. Sobre la dinámica de flujo, recarga y piezometría

Las principales entradas de agua a los acuíferos están constituidas por la recarga a partir de las precipitaciones en las zonas altas de la isla (Macizos de Famara y Los Ajaches).

Las salidas del acuífero se producen por la descarga al mar, puesto que la explotación de pozos y galerías en el norte de la isla es puntual y no significativa.

De forma general la estas superficies piezométricas están controladas por el gradiente topográfico y por la permeabilidad de los materiales que forman el acuífero y en menor medida por las extracciones puntuales existentes.

Se aprecian dos zonas donde las isopiezas se juntan mostrando un mayor gradiente unos ámbitos de permeabilidad inferior al resto. Este hecho se presenta en la zona del Macizo de Famara especialmente en la zona oeste (Haría) y en la zona de los Ajaches (área de Papagayo).

Hacia el este del macizo de Famara, a partir de los malpaíses de Los Helechos-La Corona, disminuye el gradiente piezométrico, debido a su mayor permeabilidad, quedando el nivel de saturación a cotas muy bajas, quedando un gradiente prácticamente nulo favoreciendo la intrusión salina (MAGNA, 2004).

El mapa de isohietas también revela el control que la orografía presenta en la cantidad de lluvia. Las zonas de mayor precipitación media anual, son las más elevadas y las que mayor pendiente tienen, y son coincidentes con los afloramiento de los Basaltos del Mio-plioceno de Famara y de del Mioceno de los Ajaches, por tanto las zonas más impermeables. Esto favorece la formación de escorrentía superficial en detrimento de la recarga de agua subterránea.

Las siguientes tablas muestra los porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración, en valores medios, obtenidos mediante el modelo matemático.

Balance en Famara

I (mm)	Escorr (mm)	ET real (mm)
1.9%	28%	70%

Tabla 36. Porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración en Famara. Fuente; elaboración propia.

Balance en Los Ajaches

I (mm)	Escorr (mm)	ET real (mm)
2.5%	38%	60%

Tabla 37. Porcentajes de agua respecto del valor de la precipitación que se convierten en infiltración, escorrentía y evapotranspiración en los Ajaches. Fuente; elaboración propia.

Los balances están en el orden de magnitud de los resultados de los estudios antecedentes y representan correctamente a la dinámica de ambas masas de agua.

16.1.5. Sobre el modelo conceptual

En relación al modelo conceptual de funcionamiento general la hidrología subterránea de la isla de Lanzarote se comprueba como existen 4 ámbitos que presentan características hidrogeológicas

diferenciadas. Existiendo una zonas elevadas formadas por basaltos de baja permeabilidad (Macizo de Famara y Macizo de los Ajaches) donde la recarga se produce por infiltración directa de agua de lluvia, desde estas zonas elevadas existe un flujo con un marcado componente vertical que puede provocar la existencia de fuentes o rezumes en las discontinuidades rocosas.

Cuando se alcanza la zona saturada, se produce un flujo horizontal que acaba descargando con bajo gradiente directamente al mar.

Por su parte en la zona central de la isla se encuentran materiales recientes que presentan una alta permeabilidad y un elevado coeficiente de almacenamiento, unido a una baja precipitación y una alta evaporación, provoca una infiltración rápida que no se traduce en un aumento de los niveles piezométricos, cuestión que ocasiona un desplazamiento de la cuña salina hacia el interior de la isla.

16.1.6. Sobre las presiones e impactos de las masas de agua subterráneas

Se han analizado las posibles presiones ejercidas sobre las 2 Masas de Agua Subterránea definidas según lo establecido en el Anexo II de la Directiva 2000/60/CE.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las presiones analizadas:

Tipo de presión	Subtipo de presión	Mio-Plioceno de Famara	Mioceno de Los Ajaches
Contaminación de fuente difusa	Ganadería	No significativa	No significativa
	Agricultura	No significativa	No significativa
	Drenaje de líneas de saneamiento y zonas urbanas e industriales	Baja	Baja
	Usos del suelo	Baja	Baja
Contaminación de fuente puntual	Vertido de aguas urbanas	Vertido de aguas residuales urbanas (término municipal de Haría) con 3.100 heq de carga contaminante total	No significativa
	Vertederos de residuos sólidos urbanos	No existen	No existen
	Vertidos IPPC	No existen	No existen
Extracción de agua		Baja. No hay explotación.	Baja. No hay explotación.

Figura 83. Tipo de presión según tipología

En referencia a los impactos, estos no pueden ser cuantificados debido a la falta de datos, es decir, no se puede hablar de impactos comprobados en ninguna de las 2 Masas de Agua Subterránea. Por lo tanto, se plantean los posibles impactos probables.

En la zona del **Mio-Plioceno de Famara se debe contemplar y analizar tendencias** de posibles impactos por **intrusión salina** en caso que se pongan los pozos en explotación y **por drenaje y fugas en la red de saneamiento y zonas urbanas e industriales**.

En el **Mioceno de los Ajaches se debe contemplar y analizar tendencias de posibles impactos por intrusión salina y por fugas en la red de saneamiento por drenaje y fugas en la red de saneamiento y zonas urbanas y turísticas**.

16.1.7. Sobre las Zonas de protección

En Lanzarote **no se han declarado zonas en riesgo para su protección**, puesto que no se han determinado zonas de sobreexplotación, aunque se **plantea la protección de ambas masas de agua subterránea** como complemento de las zonas ya declaradas con figura de protección de especies acuáticas significativas, o hábitat o especies, ni masas de origen subterráneo destinadas a uso recreativo, ni protección por vulnerabilidad por contaminación por nitratos.

En general, en la isla de Lanzarote, las aguas subterráneas no son explotadas para abastecimiento, principalmente por su calidad deficiente. Este uso queda cubierto por recursos hídricos no convencionales, como es el agua procedente de desalinizadora.

No se considera una protección especial para evitar la intrusión salina porque se considera que actualmente su funcionamiento es régimen natural.

16.1.8. Sobre el programa seguimiento

Se propone una red multipropósito, de **frecuencia bianual**, en época de aguas altas y aguas bajas (junio y diciembre) en el caso de la **red de vigilancia**, y una **frecuencia mensual en el caso de la red operativa**. Con ello se delimitan y caracterizan las problemáticas o presiones principales que afectan al estado cuali y cuantitativo del agua subterránea.

Debido a una mayor presión en el núcleo urbano de Haría y en Playa Blanca y Papagayo, sería recomendable incluir puntos de control en estos lugares.

Los resultados de la campaña de campo y el análisis de presiones no muestran un impacto comprobado, aunque **sería necesario establecer una red de control y seguimiento que sea capaz de analizar las tendencias y detectar posibles problemas que puedan generarse como lo son los derivados del drenaje de la red de saneamiento y área urbana, así como de la posible intrusión salina.**

17. REFERENCIAS

- CABRERA, M. C.; CUSTODIO, E. (2011). *La investigación hidrogeológica en Canarias desde el Proyecto Canarias SPA-15*. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15. Homenaje póstumo al Dr. Ingeniero D. José Sáenz de Oiza. ISBN: 978-84-938046-0-2.
- CARRACEDO, J.C. y RODRÍGUEZ BADIOLA, E. (1993). *Evolución geológica y magmática de la Isla de Lanzarote (Islas Canarias)*. Academia Canaria de Ciencias. Revista de la Academia Canaria de Ciencias V (núm. 4): 25-58
- COMMON IMPLEMENTATION STRATEGY FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2000/60/EC). *Guidance Document No 2 Identification of Water Bodies* (2001).
- COMISIÓN INTERMINISTERIAL COORDINADORA DE LAS ACTUACIONES DE ESTADO EN MATERIA DE AGUA EN LAS ISLAS CANARIA. (1978). *Informe de recopilación y síntesis sobre el Proyecto de Planificación de la Explotación y Uso Racional de los Recursos de Agua en las Islas Canarias. Proyecto MAC-21*.
- CRUZ FUENTES, T. (2008). *Contribución de la modelización numérica e hidroquímica al conocimiento del acuífero de La Aldea (Gran Canaria, Islas Canarias)*. Tesis Doctoral. Departamento de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- CUSTODIO, E. (1974). *Contribuciones al conocimiento geohidroquímico de la Isla de Lanzarote (Canarias, España)*. Simposio Internacional sobre Hidrología de Formaciones Volcánicas. DGOH-UNESCO. Arrecife de Lanzarote.
- CUSTODIO, E. (1977). *Las aguas subterráneas en España*. Revista de Obras Públicas. Abril 1977.
- CUSTODIO, E. (2002). *Aquifer overexploitation, what does it mean?* HydrogeologyJournal, 10 (2): 254-277.
- CUSTODIO, E. (2011). *Evolución del conocimiento hidrogeológico e hidrológico de Canarias*. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15. Homenaje póstumo al Dr. Ingeniero D. José Sáenz de Oiza. ISBN: 978-84-938046-0-2.
- CUSTODIO, E. (2015). *Aspectos Hidrológicos, Ambientales, Económicos, Sociales y Éticos del consumo de reservas de agua subterránea en España: Minería del Agua Subterránea (MASE)*. Departamento de Ingeniería del Terreno. Cartografía y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. Patrocinio de AQUALOGY. Supervisión de CETaqua.
- CUSTODIO, E.; CABRERA, M.C.; PONCELA, R. y PUGA DE MIGUEL, L.O. (2015). *Comentarios sobre la incertidumbre en el conocimiento y gobernanza de las aguas subterráneas en Canarias*. Departamento de Ingeniería del Terreno, Universidad Politécnica de Cataluña (UPC); Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC); Profesional libre Eurogeológico-Hidrogeológico. Santa Cruz de Tenerife; Ex profesor asociado de la Universidad de La Laguna (ULL).
- CUSTODIO, E., CABRERA, M. C., PONCELA, R., CRUZ-FUENTES, T., NARANJO, G. y OLAVO PUGA DE MIGUEL, L. (2015). *Comments in Uncertainty in Groundwater Governance in the Volcanic Canary Islands, Spain*. Water 2015, 7, 2952-2970; doi: 10.3390/w7062952; ISSN 2073-4441: www.mdpi.com/journal/water

- CUSTODIO, E. y otros. (1976). *Galerías de agua, zanjas de drenaje y pozos excavados*. Capítulo 17.8 de "Hidrología subterránea", por E. Custodio y M. R. Llamas. Ediciones Omega, vol. II, pág. 1791-1808. Barcelona.
- CUSTODIO, E. y Sáenz Oíza, J. (1972). *Estudio geohidrológico del Macizo de Famara, Lanzarote*. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Obras Hidráulicas. Las Palmas; Barcelona, pp 264.
- DÍAZ PEÑA, F.J. (2004). *Sistemas agrícolas tradicionales de las zonas áridas de las Islas Canarias*. Tesis Doctoral inédita. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de la Laguna.
- ESCOBAR LAHOZ, E. (2015). *Tesis doctoral: Aprovechamiento de los recursos volcánicos: Mediterráneo central (Italia Peninsular), Mediterráneo Occidental (Campo de Calatrava) y Entorno Atlántico (Islas Canarias)*. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Castilla-La Mancha. Directores: Dra. M^a Elena González Cárdenas y Dr. Francisco Javier Dóniz Páez.
- FÚSTER, J.M.; CENDRERO, A.; GATESI, P.; IBARROLA, E. y LÓPEZ RUIZ, J. (1968). *Geology and volcanology of the Canary Islands. Fuerteventura*. Int. "Lucas Mallada" C.S.I.C.
- GONZÁLEZ MORALES, A. (2008). *Ponencia Marco. La Cultura del Agua en la isla de Lanzarote. Siglos XVI-XX. XII Jornadas de Estudios sobre Lanzarote y Fuerteventura*. Tomo III. Cabildo Insular de Lanzarote y Cabildo Insular de Fuerteventura.
- GUERRA, JA., ARBELO, CM. et al. (2003). *Erosión diferencial de andosoles y aridisoles en dos zonas climáticas de Tenerife*. Edafología Vol. 10.pp 229-237.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (2004). *Mapa Geológico de España. Escala 1:25.000. Isla de Lanzarote. Memoria*. Hojas: 1079-1080-1081-1082-1084.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA EN CONVENIO CON EL CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE GRAN CANARIA (1998-2003). *Estudio hidrogeológico para la definición de áreas sobreexplotadas o en riesgo de sobreexplotación en la zona baja de Gran Canaria*. Capítulo 7. Calidad del agua.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, S.A. (2003). *Modelo Insular de Desarrollo Medioambiental para la Isla de Lanzarote. Agua, Residuos y Energía*. Participación del Cabildo Insular de Lanzarote (Oficina de la Reserva de Biosfera, Consejo Insular de Aguas de Lanzarote).
- JIMÉNEZ, J. (2011). *Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (1970-1974)*. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15. Homenaje póstumo al Dr. Ingeniero D. José Sáenz de Oiza. ISBN: 978-84-938046-0-2.
- LÓPEZ-GETA, J.A., ANDREO, B., VÍAS, J., DURÁN, J.J., CARRASCO, F. y JIMÉNEZ, P. *Aproximación metodológica para evaluar la recarga en acuíferos carbonáticos*. Trabajo financiado por el IGME. Contribución a los Proyectos REN2002-01797/HID y REN2003-01580/HID de la DGI e IGCP-448 de la UNESCO y al Grupo RNM 308 de la Junta de Andalucía.
- MARTEL-RODRÍGUEZ, G.; PEÑATE-SUÁREZ, B. (2011). *Nuevas tendencias de gestión de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del Proyecto SPA-15*. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15. Homenaje póstumo al Dr. Ingeniero D. José Sáenz de Oiza. ISBN: 978-84-938046-0-2.
- MOP-PNUD (1975). *Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (SPA/69/515)*. Dirección General de Obras Hidráulicas y UNESCO. Madrid. 4 Vols.
- PERDOMO RAMÍREZ, J. (2011). *Los pozos del municipio de Haría*. <http://www.historiadeharia.com/>

PROGRAMA 10 EDF ACP-EU WATER FACILITY DA UNIÃO EUROPEIA PARA MOÇAMBIQUE. (2014). *Monografia das bacias internas da Região Norte de Moçambique. Bacia de Megaruma. Parceria de Apoio Técnico à Consolidação da Administração Regional de Águas do Norte de Moçambique*. PATCO-ARA-Norte. Programa financiado por la Unión Europea; Cofinanciado por la Xunta de Galicia; Desarrollado por Augas de Galicia e ARA-Norte.

RODRIGUEZ A, ARBELO C.D., GUERRA, J.A., MORA J.L. (2002). *Erosión hídrica en andosoles de las islas Canarias*. Edafología, Vol. 9 (1), pp. 23-30.

SADHWANI, J; VEZA, J. (2008). *Desalination and energy consumption in Canary Islands*. *Desalination*, 221 pp. 143-150.

SANTAMARTA-CEREZAL, J.C. (2009). *La minería del agua en el archipiélago canario*. De Re Metallica. Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Madrid.

SANTAMARTA-CEREZAL, J. C. (2009). *Singularidades sobre la construcción, planificación y gestión de las obras y recursos hídricos subterráneos en medios volcánicos. Estudio del caso en las Islas Canarias occidentales*. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos Universidad Politécnica de Madrid 2010, (UPM) [ref. de 15 Octubre 2010]. Disponible en Web: <http://oa.upm.es/3389/>

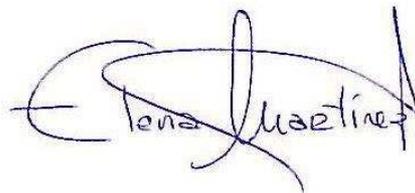
SANTAMARTA-CEREZAL, J.C., HERNANDEZ L.E., RODRIGUEZ LO SADA, J.A. (2010). *Volcanic rock mechanics-volcanic dikes engineering properties for storing and regulation of the underground water resources in volcanic islands*. Balkema Ed. Países Bajos.

SANTAMARTA-CEREZAL, J. C. et al. (2013). *Hidrología y Recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos. Métodos, Técnicas y Experiencias en las Islas Canarias*. Junio 2013, 554 pp. Colegio de Ingenieros de Montes de Madrid. ISBN: 978-84-616-3858-1.

SANTAMARTA-CEREZAL, J. C.; RUIZ-ROSA, I.; FONTES, J.C.; RODRIGUEZ, F.C. (2015). *Retos de la gestión del agua en la Macaronesia*. II Workshop "Estudio, aprovechamiento y gestión del agua en terrenos e islas volcánicas".

TORRES CABRERA, J.M. y Díaz Peña, F.J. (2006). *Agua y suelo en la isla de Lanzarote*. La Cultura del Agua en Lanzarote. pp: 63-81.

Autor del estudio:



Elena Martínez Bravo

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Arrecife, 31 de marzo de 2017

DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE



ANEXO N° 1 ANTECEDENTES



[CIAL]

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVENIDA FRED OLSEN, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL.: 928.59.85.80 - FAX: 928.81.79.88 - www.agualanzarote.com

IC INCLAM
Ingeniería del Agua

ANEXO 1. ANTECEDENTES: ESTUDIOS I

ANEXO 1. ANTECEDENTES. ESTUDIOS I

ESTUDIOS ANTECEDENTES	OBSERVACIONES
CUSTODIO, E. y Sáenz Oíza, J. (1972). Estudio geohidrológico del Macizo de Famara, Lanzarote. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Obras Hidráulicas. Las Palmas; Barcelona, pp 264	1972
Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias (SPA/69/515)	1975. Lanzarote pág. 230. Gobierno de Canarias
Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias (SPA/69/515)	1975. RESUMEN
Proyecto MAC-21. Proyecto de Planificación y Explotación de los Recursos de Agua de las Islas Canarias	1978. Gobierno de Canarias
Sistemas Acuíferos del Archipiélago Canario	1981
Documento Borrador del Plan Hidrológico de Canarias	1998. Análisis detallado de todo lo referente a los recursos hídricos en Canarias. Gobierno de Canarias
Decreto 63/1991, de 9 de abril, por el que se aprueba definitivamente el Plan Insular de Ordenación Territorial de Lanzarote	1991
Las aguas subterráneas en la Planificación Hidrológica en las islas Canarias	1997. Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Español
Lanzarote en la Biosfera	1998. Estrategia hacia el desarrollo sostenible de la isla. Aplicación de la Agenda Local 21 a Lanzarote, Reserva de la Biosfera. Cabildo de Lanzarote
Documento Avance de las Directrices de Ordenación General y de Turismo de Canarias	2001. Formulación de directrices sectoriales para guiar la política a desarrollar en el futuro en materia ambiental. Gobierno de Canarias
Plan Hidrológico Insular de Lanzarote (PHIL)	2001. Plan Hidrológico Insular de Lanzarote. Cabildo de Lanzarote
Desalación en Canarias	2001. Inventario de plantas desaladoras instaladas en Canarias. Centro Canario del agua
"Informe Hidrogeológico de Evaluación e Influencia del funcionamiento de los sondeos de captación e inyección de salmuera del proceso de desalación, sobre los recursos hídricos subterráneos en el área de Costa Teguiise"	2001. Estudio sobre las posibles afecciones de carácter hidrogeológico de las desaladoras privadas en Costa Teguiise. Servicio Hidráulico de Las Palmas
Modelo Insular de Desarrollo Medioambiental para la Isla de Lanzarote	Febrero 2003.
Memorias. Mapa Geológico de España. MAGNA 2004. Escala 1:25.000. De la Isla de Lanzarote. Hojas: 1079-1080-1081-1082-1084	2004. Hojas 1079 (Alegranza y Graciosa) -1080 (Caleta de Sebo, Haría y Soo) – 1081 (Yaiza y Tinajo) – 1082 (Guatiza, Arrecife y Teguiise) – 1084 (Femés)
Actualización del Censo de Vertidos desde tierra al mar en Canarias. Lanzarote	Data del año 2006
Programa de Control de las Aguas Subterráneas (Directiva Marco del Agua)	Data del año 2005-2006
La cultura del agua en Lanzarote	2006. Información en pág. 49-65-92-109 (pozos Rubicón) - 158 pozos

ESTUDIOS ANTECEDENTES	OBSERVACIONES
Evolución del conocimiento hidrogeológico e hidrológico de Canarias	2011. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15
Censo de Instalaciones Hidráulicas Subterráneas. Consejo Insular de Aguas de Lanzarote	http://www.aguaslanzarote.com/Censo/#
Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias (1970-1974) http://www.fcihis.org/pub2/esp/documentacio/SPA15/	2011. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15
La Investigación Hidrogeológica en Canarias desde el Proyecto Canarias SPA-15 http://www.fcihis.org/pub2/esp/documentacio/SPA15/	2011. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15
Comentarios sobre el comercio y mercados del agua subterránea en Canarias	2011. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15
Nuevas Tendencias de Gestión de los Recursos Hídricos en Canarias Cuatro Décadas Después del Proyecto SPA-15	2011. El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15
Protocolo de Caracterización Hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos	2013
Plan de Regadíos de Canarias (PRC). Informe de sostenibilidad ambiental 2014-2020	Mayo 2013. Situación actual y problemática existente
Hidrología y Recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos. Métodos, Técnicas y Experiencias en las Islas Canarias	Junio 2013.
Texto Refundido del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote (Conforme art. 47 TRLOTENC)	Mayo 2015. 2966 páginas. DMA. Seguimiento y control. Informe de sostenibilidad ambiental. Descripción Demarcación. Recursos y usos del agua. Diagnóstico
Aspectos Hidrológicos, Ambientales, Económicos, Sociales y Éticos del consumo de reservas de agua subterránea en España: Minería del Agua Subterránea en España (MASE)	Junio 2015. En Canarias, para las islas de Gran Canaria y Tenerife
II Workshop "Estudio, aprovechamiento y gestión del agua en terrenos e islas volcánicas"	2015
DECRETO 362/2015, de 16 de noviembre, por el que se dispone la suspensión de la vigencia del Plan Hidrológico Insular de Lanzarote, aprobado por el Decreto 167/2001, de 30 de julio, y se aprueban las <u>Normas Sustantivas Transitorias de Planificación Hidrológica de la DH de Lanzarote</u> , con la finalidad de cumplir la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas	Noviembre 2015
El Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. Real Decreto 1075/2015, modifica el anexo II del Real Decreto 1514/2009.	Diciembre 2015

ESTUDIOS ANTECEDENTES	OBSERVACIONES
Demarcación Hidrográfica de Lanzarote. Documentos iniciales. Segundo Ciclo de Planificación 2015-2021	Septiembre 2016. Esquema de temas principales en materia de gestión de aguas (página 9)
Demarcación Hidrográfica de Lanzarote. Esquema Provisional de Temas Importantes. Segundo Ciclo de Planificación 2015-2021	Septiembre 2016. Esquema de temas principales en materia de gestión de aguas (107 páginas). Temas principales de la demarcación (pág. 18-22). Presiones, impactos, sectores y actividades (pág. 23-41)

ANEXO 1. ANTECEDENTES: ESTUDIOS II

ANEXO 1. ANTECEDENTES. ESTUDIOS II

FECHA	TÍTULO	OBSERVACIONES
Dic-08	Estudio hidrogeológico Hotel Flamingo, Playa Blanca	Hidrogeología, calidad aguas de vertido
Feb-09	Estudio hidrogeológico Mirador el río, Playa Blanca	Hidrogeología, calidad aguas de vertido
2012	Proyecto de investigación de agua salada. Rancho Texas	Geología, presencia agua salada
Ago-12	Proyecto de investigación de agua salada. Santa Rosa.	Geología, presencia agua salada
Nov-12	Sondeo investigación Hotel Iberostar Lanzarote Park	Características, ubicación y presupuesto del sondeo
Ene-14	Sondeo investigación Apartamentos Costa Sal	Características, ubicación y presupuesto del sondeo
Feb-14	Proyecto de investigación en La Geria	Características, ubicación y presupuesto del sondeo
Oct-14	Proyecto de investigación para vertido de agua tras aprovechamiento geotérmico (Puerto del Carmen, Tías)	Características y ubicación del sondeo
Nov-14	Estudio hidrogeológico EDAR de Tías	Geología, Hidrogeología (desarrollado series en más detalle), calidad aguas vertido
Nov-14	Estudio hidrogeológico EDAR de Arrecife	Geología, Hidrogeología, calidad aguas vertido (descripción integrada con las características de Fuerteventura)
Nov-14	Estudio hidrogeológico EDAR Costa Teguisse	Geología, Hidrogeología, calidad aguas vertido
Nov-14	Estudio hidrogeológico EDAR de Orzola	Geología, Hidrogeología, calidad aguas vertido
Nov-14	Estudio hidrogeológico EDAR la Santa	Geología, Hidrogeología, calidad aguas vertido
Nov-14	Estudio hidrogeológico EDAR Famara	Geología, Hidrogeología, calidad aguas vertido
Nov-14	Estudio hidrogeológico EDAR Playa Blanca	Geología, Hidrogeología, calidad aguas vertido
Nov-14	Estudio hidrogeológico EDAR la Haría	Geología, Hidrogeología, calidad aguas vertido
Ene-15	Proyecto de investigación para aprovechamiento geotérmico (Hotel H10, Costa Teguisse)	Características y ubicación del sondeo
May-15	Proyecto de investigación para aprovechamiento geotérmico (hotel Beatriz playa, Tías)	Características y ubicación del sondeo
Jul-15	Proyecto de perforación de 2 sondeos de investigación para captación e inyección indirecta de agua de mar (Teguisse)	Geología, ubicación y obras de los sondeos
Oct-15	Estudio hidrogeológico en Bodegas Rubicón	Características y ubicación del sondeo (prospección hidrogeológica, IMAGEN, con columna litológica del sondeo)

FECHA	TÍTULO	OBSERVACIONES
Nov-15	Estudio hidrogeológico evaluación repercusiones emisario en la Costa Papagayo	Hidrogeología, calidad aguas de vertido
Nov-15	Estudio hidrológico para bodegas el Grifo	Hidrología, zonas sensibles, análisis de riesgo
Dic-15	Proyecto autorización de uso de pozo de vertido EDAR Bodega los Bermejos	Características del sondeo, obras y presupuesto (pág. 44)
Dic-15	Proyecto autorización de uso de pozo de vertido EDAR Bodega los Bermejos	Características del sondeo, obras y presupuesto (tomografía de la zona pág. 51)
Ene-16	Estudio hidrogeológico Bodega La Florida	Hidrogeología, características isla, calidad vertidos (pág. 16)
Mar-16	Proyecto de investigación para aprovechamiento geotérmico (Costa Teguise)	Características, Geología, Hidrogeología y ubicación del sondeo
Mar-16	Proyecto de investigación para punto de vertido (Puerto del Carmen, Tías)	Características, Geología, Hidrogeología, ubicación y presupuesto del sondeo
Abr-16	Estudio hidrogeológico del entorno afectado por la instalación de fosas sépticas en la bodega Stratvs, La Geria	Sondeo, corte geológico, ensayo Lefranc y corte del sondeo (pág. 22)
Abr-16	Proyecto de investigación para aprovechamiento geotérmico (Yaiza)	Características, Geología, Hidrogeología, ubicación y presupuesto del sondeo
Abr-16	Proyecto de investigación para punto de vertido EDAR (Urbanización Montaña roja, Yaiza)	Características, Geología, Hidrogeología, ubicación y presupuesto del sondeo
Abr-16	Proyecto de investigación para aprovechamiento geotérmico (Tías)	Características, Geología, Hidrogeología, ubicación y presupuesto del sondeo
Abr-16	Proyecto de investigación para aprovechamiento captación y vertido geotérmico (Yaiza)	Características, Geología, Hidrogeología, ubicación y presupuesto del sondeo
Abr-16	Estudio hidrogeológico Bodegas Antonio Suarez	Hidrogeología
Jun-16	Estudio hidrogeológico EDAR Área de acampada Papagayo	Hidrogeología, calidad aguas de vertido
Oct-16	Proyecto de Interceptación Ajaches-Papagayo-Coloradas. Proyecto de Interceptación de Acuífero. Dream Gran Castillo Hotel & Resort. Playa de Afre. Las Coloradas. T.M. Yaiza (Lanzarote)	Puntos con analíticas de aguas subterráneas
Nov-16	Proyecto de investigación para aprovechamiento, captación y vertido geotérmico (Tías)	Características, Geología, Hidrogeología, ubicación y presupuesto del sondeo
Nov-16	Proyecto de investigación para aprovechamiento, captación y vertido geotérmico (Tías)	Características, Geología, Hidrogeología, ubicación y presupuesto del sondeo
-	Estudio hidrogeológico EDAR urbanización Puerto Calero	Hidrogeología, calidad aguas de vertido (pág. 7. Cuadro de permeabilidad de los materiales geológicos)
-	Estudio hidrogeológico EDAR Complejo casa del sol	Geología, Hidrogeología, calidad aguas vertido
-	Estudio hidrogeológico EDAR Bodega Vega de Yuco	Hidrogeología, calidad aguas de vertido

FECHA	TÍTULO	OBSERVACIONES
-	Estudio hidrogeológico Bodegas Martínón	Hidrogeología, calidad aguas de vertido
-	Estudio hidrogeológico EDAR Castillos de Papagayo	Hidrogeología, calidad aguas de vertido (Información básica sobre situación actual del acuífero) CENSO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS SUBTERRANEAS http://www.aguaslanzarote.com/Censo/
-	Anexo de hidrogeología de estudio de red de saneamiento y EDAR centro agrotecnológico de Teguiuse	Sólo generalidades

ANEXO 1. ANTECEDENTES: LEGISLACIÓN

ANEXO 1. ANTECEDENTES. LEGISLACIÓN

LEGISLACIÓN	CÓDIGO NORMA	FUENTE
REGLAMENTO DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL AGUA Y DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA	Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas	http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/default.aspx
LEY DE AGUAS DE CANARIAS	Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas de Canarias modificada por la Ley 10/2010 de 25 de diciembre. La Ley 10/2010, de 27 de diciembre, delimita cada isla como demarcación hidrográfica independiente, es decir como unidad territorial de gestión integral de las aguas; siendo el Gobierno de Canarias la autoridad coordinadora competente de las demarcaciones hidrográficas en dicho ámbito	http://www.aguaslanzarote.com/
ESTATUTO ORGÁNICO DEL CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE	Decreto 135/1997, de 11 de julio, por el que se aprueba el Estatuto Orgánico del Consejo Insular de Aguas de Lanzarote	http://www.aguaslanzarote.com/
DIRECTIVA VERTIDO DE RESIDUOS	Directiva 1999/31/CE del Consejo de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos	https://www.boe.es/
LEYES DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y DE ESPACIOS NATURALES DE CANARIAS (TRLOTENC)	Decreto legislativo 1/2000, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio y de Espacios Naturales de Canarias (TRLOTENC)	http://www.aguaslanzarote.com/
DIRECTIVA MARCO DEL AGUA	Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, conocida como la Directiva Marco del Agua (Directiva Marco del Agua - DMA)	http://www.aguaslanzarote.com/
PLAN HIDROLÓGICO INSULAR DE LANZAROTE	Decreto 167/2001, de 30 de julio, por el que se aprueba el Plan Hidrológico Insular de Lanzarote. Primer ciclo (01/01/2011 al 31/12/2015). Art. 47 Texto refundido de la Ley de Ordenación de Territorio y Espacios Naturales de Canarias Segundo ciclo (año 2016: 2015-2021). Documentos iniciales y esquema provisional de temas importantes	http://www.aguaslanzarote.com/
ELIMINACIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE DEPÓSITO EN VERTEDERO	Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero	https://www.boe.es/
TRANSPOSICIÓN DIRECTIVA MARCO DEL AGUA	Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la Modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por la que se incorpora al derecho español la Directiva 2000/60/CEE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas	http://www.aguaslanzarote.com/
REGLAMENTO DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA	Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica (Reglamento de la Planificación Hidrológica). Modificado por el Real Decreto 1161/2010, de 17 de septiembre	http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/default.aspx

LEGISLACIÓN	CÓDIGO NORMA	FUENTE
PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN Y EL DETERIORO	El Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. Real Decreto 1075/2015, modifica el anexo II del Real Decreto 1514/2009	http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/default.aspx
RESIDUOS Y SUELOS CONTAMINADOS	Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados	https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-13046-consolidado.pdf
PLAN DE REGADÍOS DE CANARIAS (PRC) 2014-2020	Documento de planificación estratégica que ha de establecer los objetivos y directrices que habrán de orientar la actuación del Gobierno de Canarias en materia de regadíos	http://www.aguaslanzarote.com/
SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental	http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/default.aspx
NORMAS SUSTANTIVAS TRANSITORIAS DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	Decreto 362/2015, de 16 de noviembre, por el que se dispone la suspensión de la vigencia del Plan Hidrológico Insular de Lanzarote, aprobado por el Decreto 167/2001, de 30 de julio, y se aprueban las Normas Sustantivas Transitorias de Planificación Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote, con la finalidad de cumplir la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas	http://www.aguaslanzarote.com/
MODIFICACIÓN DEL REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO	Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales (Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas y sus respectivas modificaciones. Decreto 86/2002, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril y Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que se desarrolla en los Títulos Preliminares I, IV, V, VI y VIII de la ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas)	https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-12466

LEGISLACIÓN	CÓDIGO NORMA	FUENTE
TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL INTEGRADOS DE LA CONTAMINACIÓN	Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación	https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-12601#dd

DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE



ANEXO N° 2 GEODATABASE



[CIAL]

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVENIDA FRED OLSEN, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL.: 928.59.85.80 - FAX: 928.81.79.88 - www.agualanzarote.com

IC INCLAM
Ingeniería del Agua

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ESTRUCTURA Y ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	1
2.1. Modelo físico	1
2.2. Representación gráfica del modelo físico de datos a nivel de campo	5
2.3. Metadatos	5
3. PRODUCTOS.....	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de carpetas SIG.....	2
Figura 2. Organización por temáticas.....	3
Figura 3. Organización por temáticas.....	4
Figura 4. Tipos de geometrías básicas en Arcgis	4
Figura 5. Ejemplo de la representación gráfica del Modelo físico de datos por Datasets	5
Figura 6. Ejemplo (1) de visualización de datos en ArcCatalog para la geología.....	6
Figura 7. Ejemplo (2) de visualización de datos en ArcCatalog para la geología.....	7

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos vectoriales por temáticas.....	3
Tabla 2. Datos Raster empleados en el SIG.....	3
Tabla 3. Listado de Mapas.....	8

1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de la organización de la información disponible y recopilada, se ha definido una estructura de datos espaciales que permita disponer la información de manera sistematizada, facilitando el acceso a toda la data digital numérica y cartográfica mediante planos o mapas temáticos.

El software que se está utilizando para la producción de los planos y administración de datos espaciales es el programa ArcGIS Desktop (versión 10.2).

El Sistema de Información Geográfica (SIG) elaborado, permite el almacenamiento, proceso y visualización en forma de planos temáticos, de toda la información recopilada en el estudio. De esta manera se facilita su consulta y su disposición para otros estudios que puedan requerir esa información.

Para visualizar o analizar la información geográfica, mediante el SIG, se han estructurado los datos por temáticas, facilitando con ello su acceso y disponibilidad.

La proyección utilizada es la Universal Transverse Mercator Datum horizontal: ETRS 1989, zona: 28 Norte.

2. ESTRUCTURA Y ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El SIG, permite almacenar información tanto vectorial como raster, y éstas a su vez están ubicadas geográficamente mediante el sistema geodésico ETRS89.

El SIG elaborado para este proyecto está definido por una estructura de carpetas las cuales contiene los geodatos y archivos resultantes como lo son los mapas. El software de trabajo es el ArcGIS Desktop, la estructura nativa de este SIG está dada por el Geodatabase (.GDB) el cual almacena un modelo físico organizado para buscar y encontrar de forma ágil y sencilla los geodatos.

2.1. MODELO FÍSICO

El modelo físico de la geodatabase queda definido por un conjunto de datos vectoriales o raster llamados "Features Datasets" o temas o sub carpetas que a su vez contienen "Features Class" los cuales almacenan información vectorial con información tabular que describen a las diferentes entidades. Cada entidad, queda descrita por una serie de campos o atributos relacionados a aspectos informativos y técnicos desarrollados dentro del proyecto.

El modelo físico del SIG o GIS por sus siglas en inglés, queda definido por un conjunto de "carpetas" o temas que contienen información vectorial y raster que describen a las diferentes entidades.

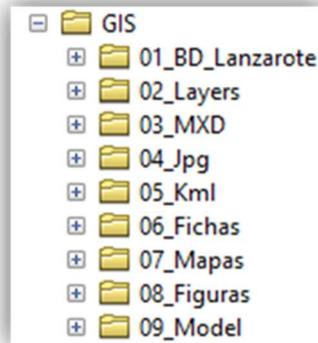


Figura 1. Estructura de carpetas SIG

La información del SIG, se almacena en la siguiente relación de carpetas:

- **01_BD_Lanzarote:** Contiene la Geodatabase que su vez contienen los respectivos feature class y rasters empleados
- **02_Layers:** Simbologías normalizadas para su uso en la totalidad de los planos
- **03_MXD:** Todos los proyectos Mxd elaborados con ArcMap tanto para los mapas como figuras de documento
- **04_Jpg:** Figuras auxiliares usadas como referencia para la elaboración de algunos planos
- **05_kml:** Archivos en formato .kml usados para la elaboración de algunos de los planos
- **06_Fichas:** Formato de recolección de datos utilizado para la campaña de campo
- **07_Mapas:** Mapas elaborados en formato A3
- **08_Figuras:** Figuras generadas incluidas en el documento
- **09_Model:** Formato automático para vincular mediante Model builder, imágenes a geodatos puntuales

En la figura siguiente, se muestra un ejemplo de la organización lógica del SIG. Toda la información se ha organizado en grupos de carpetas por temáticas.

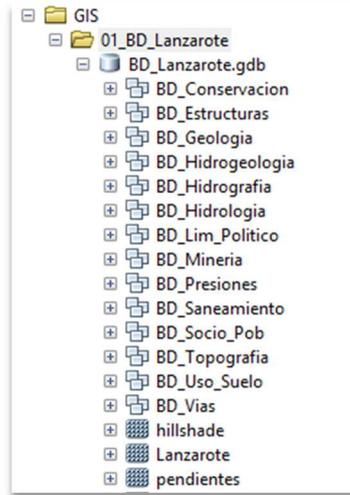


Figura 2. Organización por temáticas

Las temáticas consideradas, como datasets quedan descritas en la siguiente tabla:

TIPO DATASET	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
VECTORIAL	Conservación	Espacios naturales Protegidos, Parque Naturales, ZEPA etc...
VECTORIAL	Topografía	Curvas de nivel para la referencia en mapa
VECTORIAL	Estructuras	Embalse y Presa.
VECTORIAL	Geología	Capas geológicas y litológicas
VECTORIAL	Hidrogeología	Capas relacionadas con la temática como permeabilidad, etc...
VECTORIAL	Hidrografía	Ríos principales, red de drenaje, laguna, humedales, etc...
VECTORIAL	Hidrología	Cuencas e Isoyetas
VECTORIAL	Límites_Políticos	Área de estudio, límites municipales, Provincias
VECTORIAL	Minería	Explotación Minera y puntos mineros
VECTORIAL	Presiones	Escombreras, vertimientos, vertidos, IPCC, etc...
VECTORIAL	Saneamiento	Ramales de Saneamiento, EDAR, EDAM y EDAS, etc ...
VECTORIAL	Socio_Pobl	Densidad Poblacional, núcleo poblacional, diseminado, etc ...
VECTORIAL	Uso de Suelo	Capas de uso de suelos por el CORINE LAND COVER y el SIOSE
VECTORIAL	Vías	Vías principales, autovía, carreteras autónomas, autovías, etc...

Tabla 1. Datos vectoriales por temáticas

Elementos de tipo raster contenidos en el SIG dentro de la Temática 03_MDT:

ELEMENTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
RASTER	Hillshade	Modelo de relieve
RASTER	MDT Lanzarote	Modelo digital de elevaciones
RASTER	Pendientes	Modelo de pendientes

Tabla 2. Datos Raster empleados en el SIG

En la siguiente figura se muestra el contenido de la geodatabase "BD_Lanzarote", mostrándose para cada dataset, el conjunto de temas que contiene. En la figura N°3, se muestra el detalle de cada Dataset conteniendo a su vez cada Feature class.

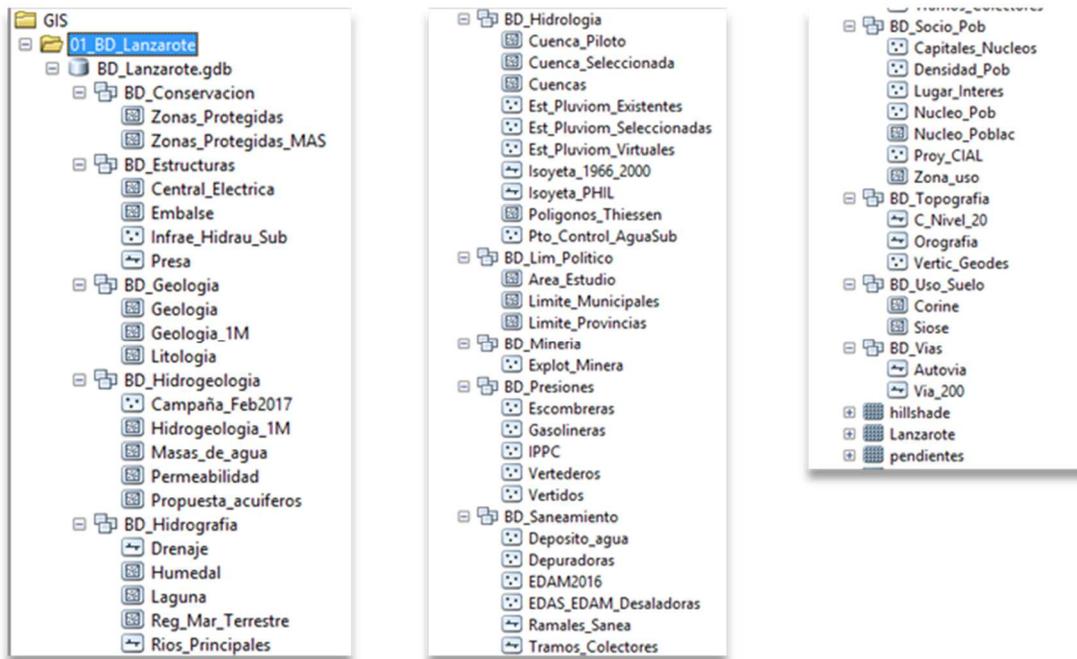


Figura 3. Organización por temáticas

Para cada dataset se puede tener 'features' o estructuras de tipo punto, línea o polígono. Existen más formas de representación pero estas son las más comunes. En cada tema disponemos de un campo *shape* que nos permite almacenar la geometría de cada entidad y representarla gráficamente. En la figura anterior, el icono que acompaña al nombre de la capa o tema permite conocer la geometría de la capa:



Figura 4. Tipos de geometrías básicas en Arcgis

El resto de campos o atributos de tabla son de tipo alfanumérico.

2.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MODELO FÍSICO DE DATOS A NIVEL DE CAMPO

Una vez definida la arquitectura de datasets y el contenido de cada uno, se muestra a continuación la representación gráfica, a nivel de característica o atributo de cada uno de los temas existentes en la geodatabase.

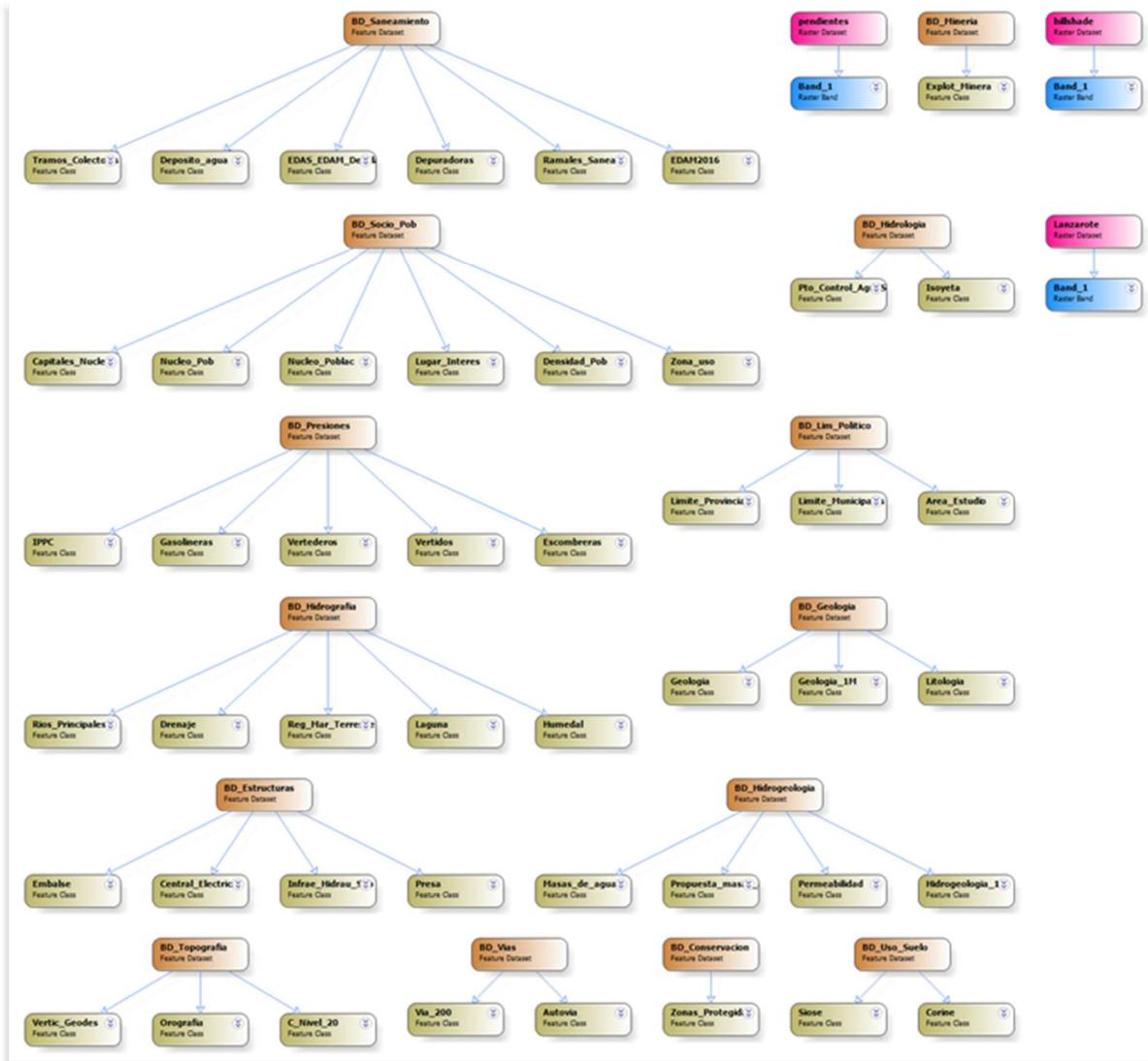


Figura 5. Ejemplo de la representación gráfica del Modelo físico de datos por Datasets

2.3. METADATOS

Para la elaboración de los metadatos se propone basarse en la **especificación ISO-19139**, normativa de carácter internacional basada en la normativa ISO:19115-2003 y que actualmente están indicados en los protocolos de generación de datos geospaciales. Mediante los metadatos, podemos conocer los contenidos o catálogos de información de otros servidores de manera dinámica.

A modo de ejemplo y de manera representativa mostramos como se visualizan los metadatos para el feature class de Geología:

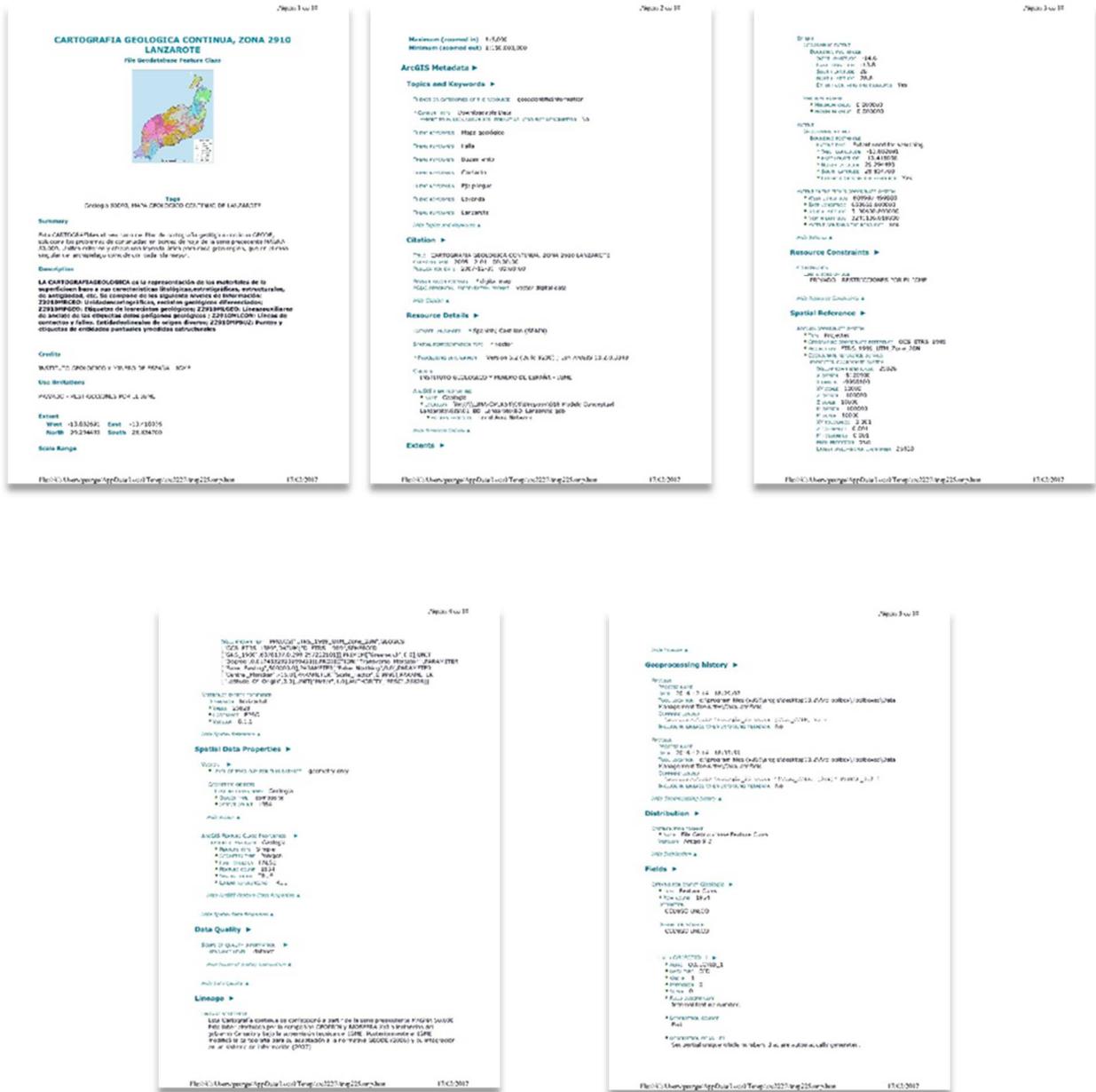


Figura 6. Ejemplo (1) de visualización de datos en ArcCatalog para la geología

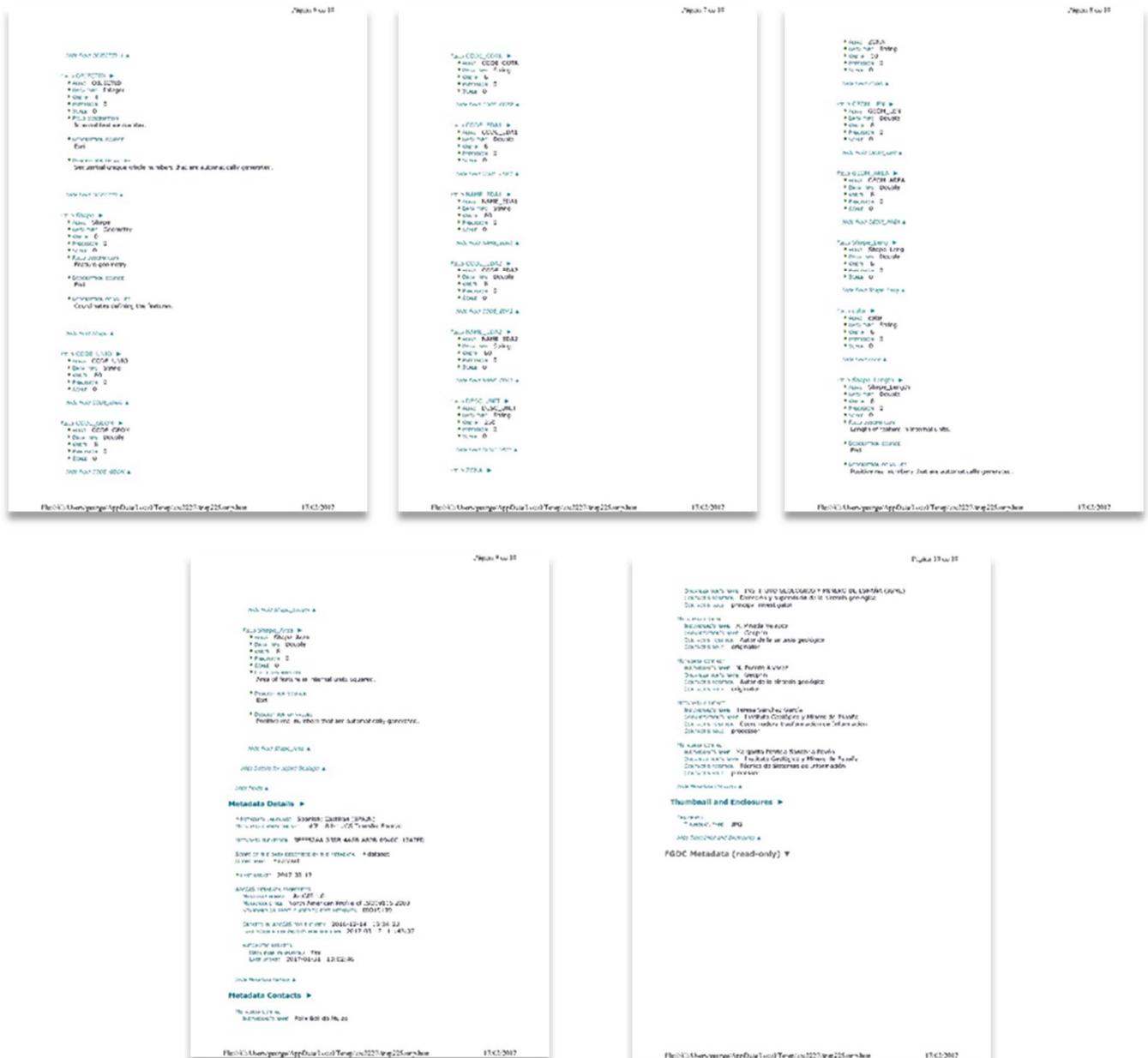


Figura 7. Ejemplo (2) de visualización de datos en ArcCatalog para la geología

3. PRODUCTOS

Como producto final de los trabajos realizados con apoyo del SIG, se han generado los siguientes mapas y figuras clasificados en grupos.

GRUPO	NUMERO	MAPAS
Generales	1.1	Ámbito de estudio
	1.2	Altitudes
	1.3	Densidad poblacional
	1.4	Espacios Naturales Protegidos
	1.5	Usos del suelo
Hidrogeología	2.1	Geología
	2.2	Permeabilidad
	2.3	Litología
	2.4	Propuesta de Acuíferos
	2.5	Propuesta de Masas de Agua Subterránea
	2.6	Puntos de la campaña de campo
	2.7	Hidrogeoquímica
	2.8	Profundidad del Nivel Piezométrico
Hidrología	3.1	Hidrología
	3.2	Pendientes
	3.3	Estaciones pluviométricas
	3.4	Cuencas Hidrográficas del estudio
	3.5	Isoyetas PHIL 2001
	3.6	Isoyetas periodo 1966- 2000
Presiones	4.1	Presiones. Fuentes puntuales de contaminación
	4.2	Proyectos CIAL
	4.3	Inventario de infraestructura hidráulica
Protección	5.1	Zonas de protección de Masas de Agua Subterránea
Control	6.1	Programa de Control y Vigilancia

Tabla 3. Listado de Mapas

DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE



ANEXO N° 3 CAMPAÑA DE CAMPO



[CIAL]

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVENIDA FRED OLSEN, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL.: 928.59.85.80 - FAX: 928.81.79.88 - www.agualanzarote.com

IC INCLAM
Ingeniería del Agua

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVO DE LA CAMPAÑA DE CAMPO.....	1
3.	ENFOQUE METODOLÓGICO	1
3.1.	Metodología aplicable. Muestreo en campo	1
3.2.	Métodos analíticos	5
4.	RESULTADOS	5
5.	CONCLUSIONES	7
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	7

ANEXO 3A:	PROTOCOLO DE CAMPO
ANEXO 3B:	FICHAS DE CAMPO
ANEXO 3C:	RESULTADOS DE CAMPO

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se recogen de manera detallada los objetivos, procedimientos y análisis realizados durante la campaña de campo -muestreo y analíticas de las aguas subterráneas- llevada a cabo a lo largo del pasado mes de febrero de 2017.

La composición del agua subterránea natural está condicionada por múltiples factores: la naturaleza y disposición espacial de los materiales con los que el agua entra en contacto, su superficie, la duración del contacto, temperatura, presión, gases, grado de saturación, etc.

Aunque la composición media del agua subterránea suele considerarse invariable en un acuífero o porción del mismo, no debe obviarse que las interacciones agua-medio, que determinan dicha composición son procesos dinámicos en espacio y tiempo. Así la composición química natural de las aguas puede verse alterada por actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales. La consecuencia es la incorporación de sustancias de diferente naturaleza a través de vertidos de aguas residuales, o debido al paso de las aguas por terrenos tratados con productos agroquímicos o contaminados.

Por tanto, la información fisicoquímica de las muestras de agua subterránea obtenida en el presente estudio, así como los datos disponibles sobre el comportamiento hidrogeológico, presiones, impactos y otros datos, será utilizada en la formulación del modelo conceptual del sistema de las aguas subterráneas de la isla de Lanzarote y el islote de La Graciosa.

El modelo conceptual planteado podrá ser utilizado como base para el desarrollo de los programas de seguimiento de las aguas subterráneas, donde los nuevos datos obtenidos contribuirán a mejorar el conocimiento de las masas de agua, revisando y optimizando el modelo según la disponibilidad de más información.

2. OBJETIVO DE LA CAMPAÑA DE CAMPO

A través de la campaña de campo se realiza el muestreo y análisis fisicoquímico de varios puntos localizados dentro de los límites de las masas de agua subterránea propuestas en la isla de Lanzarote.

Los resultados obtenidos darán paso a realizar una descripción y caracterización hidrogeoquímica –somera- de las Masas de Agua Subterránea (volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos) en la zona de estudio.

El objetivo de esta primera aproximación deberá constituir una herramienta para poder definir una red de control y establecer el plan de seguimiento cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas.

3. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA APLICABLE. MUESTREO EN CAMPO

La toma de muestras ha sido realizada según la **Norma ISO 5667-11 (2009)**, sobre "Guías para el muestreo de aguas subterráneas" (Programa de Control de las Aguas Subterráneas DMA, 2006).

El propio laboratorio donde se realizaron los análisis es el que ha proporcionado el *protocolo más exacto* del método analítico a utilizar para cada elemento, así como los equipos y procedimientos más adecuados al mismo.

Remarcar la importancia de la utilización de los *equipos adecuados*, convenientemente calibrados y limpios, específicos para la situación particular de cada muestreo.

La toma de muestras de aguas es una etapa previa al análisis de suma importancia puesto que es necesario que **dichas muestras sean representativas**. Por ejemplo, en el caso de la utilización de pozos o sondeos para coger la muestra conviene purgarlos hasta la estabilización de los parámetros físico-químicos. Los recipientes seleccionados para la realización de la toma de muestras, así como el método de transporte de las mismas, debe ser el adecuado para preservar la composición de las muestras hasta el momento de su analítica.

Todas estas consideraciones se han plasmado en el **Protocolo de toma de muestra** elaborado para este trabajo (**Anexo 3a**). Dicho documento sirve de guía para tener en consideración los aspectos clave del monitoreo y obtener unas muestras lo más representativas posibles.

Para facilitar las tareas de campo y evitar el olvido de la toma de algún dato importante se ha generado una ficha de campo (incluida y detallada en el Anexo 3a). En ella se llevan a cabo el registro de todas las observaciones en el momento de recoger la muestra (hora y fecha, tipo de punto de muestreo, ubicación, caudal, aspecto de la muestra, incidencias, y el reportaje fotográfico correspondiente) para permitir una correcta interpretación de la información obtenida. Las fichas de campo elaboradas se recogen en el **Anexo 3b**.

3.1.1. Tipo y número de muestras a recoger

En total se visitaron 12 puntos. 8 puntos en la zona de Famara, 3 puntos en la zona de Los Ajaches y 1 punto en los Jameos del Agua.

En todos los puntos se recogieron las características principales de los pozos, se tomó el nivel piezométrico (en caso de haber agua), se tomaron los parámetros fisicoquímicos *in situ* y en algunos casos se tomaron muestras de agua para analizar los componentes mayoritarios.

Tal y como se muestra en el informe, cabe indicar que no se trata de una campaña exhaustiva y que no se ha elaborado a partir de una red de control. Son muestras de verificación para tener información sobre el origen del agua del acuífero. En trabajos posteriores se recomienda realizar una línea base de control de cantidad y calidad de aguas subterráneas sobre la red que se defina a tales efectos.

En la siguiente tabla se resumen los puntos visitados, su ubicación y el tipo de muestra tomado.

ZONA	NOMBRE DE LA MUESTRA	ID	UTMX	UTMY	Toma de nivel	Parámetros fisicoquímicos in situ	Toma de muestra para laboratorio
Zona de Haría	Galerías de Chafariz	Fa1	645093	3222546	X	X	X
	Pozo de la Canada I	Fa3	645641	3224907	X	X	
	Pozo de la Elvira	Fa4	645509	3224489	X	X	X
	Pozo calle Ángel Guerra	Fa2	645647	3224797	X	X	
	Pozo de los Altos de Arrieta	Fa5	648837	3223729	X	X	X
	Galerías de Famara IV	Fa6	643452	3224432		X	
	Galerías de Famara V	Fa7	643583	3224861		X	
	Pozo del Teneguime	Fa8	646704	3218158	X	X	
					6	8	3
Zona Los Ajaches	Pozo San Marcial del Rubicón P4	Aj1	618101	3191766	X	X	X
	Pozo de Los Ajaches I	Aj2	620843	3198280	X	X	
	Pozo de Los Ajaches II	Aj3	622373	3197364	X	X	X
					3	3	2
Zona Jameos	Jameos del Agua	Fa9	652546	3226421		X	X

Figura 1. Cuadro resumen de los puntos visitados. Fuente: Campaña de campo febrero 2017. INCLAM

En la siguiente figura se muestra la localización de los puntos visitados, se indican en color gris aquellos en los que no se ha encontrado agua.

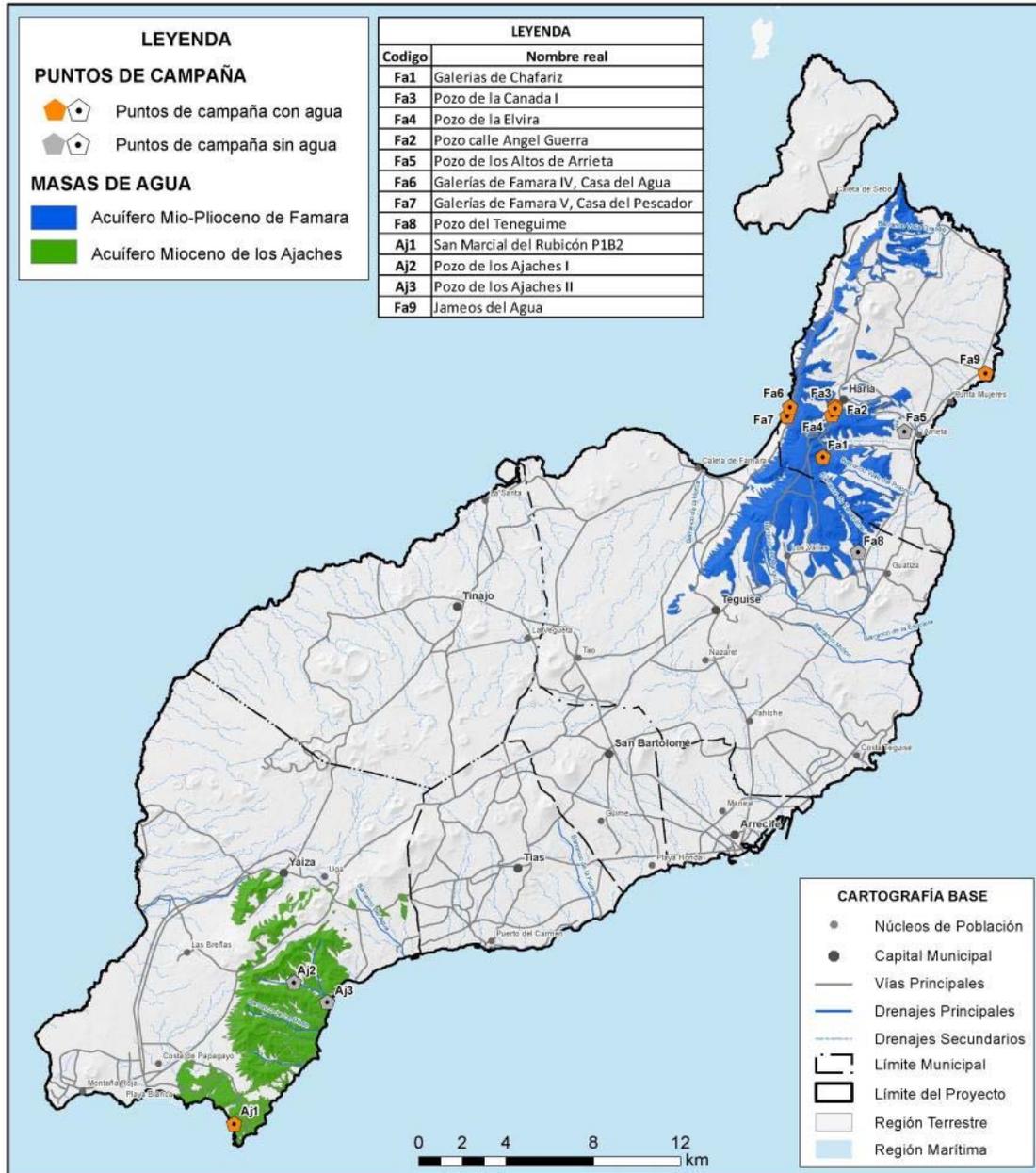


Figura 2. Ubicación de los puntos visitados en la campaña de campo de febrero 2017. Fuente: Elaboración propia. INCLAM

3.1.2. Parámetros de estudio

Los parámetros físicos *in situ* nos dan información general de la calidad del agua:

- **Temperatura.** Parámetro que afecta a la solubilidad de sustancias como gases y sales.
- **pH.** es el principal factor regulador de ciertos equilibrios químicos como el sistema carbonato (dióxido de carbono, ión bicarbonato y ácido carbónico).
- **Sólidos Disueltos Totales (TDS):** es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química. Su valor nos indica la clasificación del agua según su contenido en sales (dulce, salobre, salada).
- **Conductividad.** permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua, depende de la temperatura. Su valor nos da una idea de la cantidad de sales disueltas en el agua.

Los parámetros químicos que se miden en laboratorio son, en este caso, los aniones y cationes mayoritarios. El objetivo es conocer el origen del agua del acuífero.

- **pH, conductividad y temperatura:** en laboratorio se vuelven a medir estos parámetros ya que pueden haber variado ligeramente y algunos de ellos (como el pH y la temperatura) son importantes a la hora de realizar la medida de otros parámetros.
- **Aniones y cationes mayoritarios:** se miden los cationes (magnesio, calcio, sodio) y los aniones (nitratos, sulfatos, carbonatos/bicarbonatos, cloruros) mayoritarios, El objetivo es obtener la información necesaria para elaborar los diferentes diagramas hidroquímicos que nos proporcionaran información de interés para interpretar el origen y la calidad de las aguas subterráneas de las zonas muestreadas.

Además, en todos los puntos se toman datos generales del pozo (tipo de construcción, profundidad, etc...) que ayudarán a interpretar algunos parámetros como la profundidad y límites del acuífero.

Se recalca nuevamente que se han visitado un número muy reducido de pozos y que para una correcta interpretación hidrogeológica se deberá definir una red de control más completa y elaborada a tales efectos (que posiblemente implique la perforación de algunos piezómetros).

3.2. MÉTODOS ANALÍTICOS

El laboratorio encargado de los análisis y ensayos está acreditado por la ENAC como **laboratorio de análisis y ensayos conforme a la ISO 17025**.

4. RESULTADOS

En el **Anexo 3c** se incluyen los informes de los resultados obtenidos de las muestras de laboratorio analizadas.

En el informe principal del estudio (capítulo 9.3 Resultados de la campaña de campo) se incluye el análisis e interpretación de los resultados y los diagramas generados a tales efectos.

En la siguiente tabla se han resumido los resultados obtenidos en laboratorio y en campo.

	Nombre	UTM X real	UTM Y real	Cloruros (ppm)	Sulfatos (ppm)	Carbonatos (ppm)	Bicarbonatos (ppm)	Calcio (ppm)	Magnesio (ppm)	Sodio (ppm)	Potasio (ppm)	Nitratos (ppm)	Conductividad (microS/cm)	TDS	pH	pH Campo	Conductividad campo (microS/cm)	Tª campo
Fa1	Galerías de Chafariz	645093	3222546	177,5	96	0	295,7	33,7	45,7	97,3	7	10,5	1685	1080	8,92	8,5	1880	18,9
Fa3	Pozo de la Canada I	645641	3224907	479,3	155	0	813,2	22,4	13,6	280	11	8,1	3130	2006	8,43	7,9	3430	21
Fa4	Pozo de la Elvira	645509	3224489	113,6	42	0	357,3	13,6	18,5	58,2	13	23,8	1077	690	8,45	8,3	1150	20
Fa2	Pozo calle Ángel Guerra	645647	3224797	674,5	280	0	1004,1	64,1	78,7	287	25	47	4210	2698	7,84	6,8	4610	19,5
Fa5	Pozo de los Altos de Arrieta	648837	3223729															
Fa6	Galerías de Famara IV, Casa del Agua *	643452	3224432	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,1	5820	22,1
Fa7	Galerías de Famara V, Casa del Pescador *	643583	3224861	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8000	21,4
Fa8	Pozo del Teneguime	646704	3218158															
Aj1	San Marcial del Rubicón P1B2	618101	3191766	2059	400	0	406,6	144,3	140,9	1109	131	10,3	8150	5224	8,2	8	8400	18,5
Aj2	Pozo de Los Ajaches I	620843	3198280															
Aj3	Pozo de Los Ajaches II	622373	3197364															
Fa9	Jameos del Agua	652546	3226421	15975	2350	0	141,7	641,2	1166,6	9400	450	6	49800	31923	7,5	7,5	49800	19,5

* Sólo muestreado en campo
En gris, se marcan los puntos sin agua

Figura 3. Tabla resumen de resultados obtenidos en laboratorio y campo. Fuente: Elaboración propia. Campaña febrero 2017. INCLAM

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en los pozos monitoreados y después de realizar el análisis (incluido en el informe principal, capítulo 9.3 Resultados de la Campaña de Campo), se extraen las siguientes conclusiones:

- El agua de los Jameos del Agua tiene un origen marino, por su composición química no parece estar conectado a ningún acuífero.
- El acuífero del Mio-Plioceno de Famara tiene un origen pluvial, siendo predominante la familia de agua cloruro-sódica.
- Las Galerías de Famara presentan una conductividad mayor debido al mayor contenido en sales.
- En la zona de Los Ajaches no se ha encontrado agua a excepción del punto de San Marcial del Rubicón, ubicado en la costa sur de Yaiza. En estas aguas los análisis confirman una mayor influencia del agua de mar.

6. BIBLIOGRAFÍA

GOBIERNO DE CANARIAS. CONSEJERÍA DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTES Y VIVIENDA. DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. (2006). *Programa de Control de las Aguas Subterráneas Directiva Marco del Agua*. Consultora Prointec.

GOBIERNO DE ESPAÑA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO. Texto consolidado (2015). *Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro*.

ANEXO 3A. PROTOCOLO DE CAMPO

1. INTRODUCCIÓN

Este documento sirve como guía y exposición de los principales detalles a considerar durante el proceso de monitoreo y toma de muestra de las aguas subterráneas en la isla de Lanzarote.

Se ha de tener en cuenta que será el personal en campo quien, en cada caso particular, registrará los aspectos que considere necesarios y pertinentes en función de las circunstancias hidrológicas y objetivos del muestreo.

2. OBJETIVOS

En el caso del presente estudio, "Definición del modelo conceptual de aguas subterráneas de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote", el objetivo principal del muestreo es la **caracterización de las aguas subterráneas** que permita corroborar la delimitación de los acuíferos y masas de agua propuestas en el estudio.

La determinación de la **procedencia de las familias de agua** se realiza a partir de las mediciones de los siguientes parámetros:

- Parámetros físico-químicos: pH, conductividad eléctrica y temperatura
- Cationes y aniones mayoritarios: cloruros, sulfatos, bicarbonatos/carbonatos, nitratos, calcio, magnesio, sodio, potasio
- Recopilación de los datos del punto monitoreado (coordenadas, localización municipal y foto)
- Observaciones: datos de estado y funcionamiento de la infraestructura (histórico, en la medida de lo posible, mediante la aportación de información de los usuarios o personal local)

3. PREPARACIÓN DE LA SALIDA A CAMPO

Previamente a la salida a campo se debe de verificar la disponibilidad de todos los **materiales necesarios** para las analíticas a realizar *a posteriori*, y de una **planificación de las rutas**, de manera que se optimicen los tiempos de muestreo.

Es conveniente llevar **mapas** y conocer el terreno para facilitar su acceso. En la medida de las posibilidades, es recomendable realizar la campaña de campo acompañado de personal que conozca la zona y las infraestructuras –pozos–, así como sus características y particularidades. Si fueran necesarios **permisos**, éstos deben de gestionarse previamente para evitar impedimentos o inaccesibilidad.

En el caso de realizar mediciones *in situ* con sondas multiparámetricas, éstas deben de ser calibradas antes de su utilización en campo.

4. MUESTREO

4.1. DATOS GENERALES

Lo primero es recoger los datos generales: ubicación (coordenadas XY, UTM Huso 28N), características básicas, realización de fotos del lugar y del muestreo.

La recopilación de información o datos adicionales aportados por los dueños, personal local o responsables de las infraestructuras será incorporada en el apartado de observaciones: datos existentes de las características constructivas del pozo, fechas en las que se extrajo agua, cuánta agua se extraía, problemas de calidad de las aguas, etc.

Según la tipología se distinguen:

- Pozos: perforaciones de un diámetro superior a 200 mm
- Piezómetros o sondeos: de diámetros inferiores a 200 mm

El muestreo tiene 2 componentes: **calidad y cantidad**

- ✓ En un muestreo de calidad de aguas subterráneas el objetivo principal es determinar **su calidad** en un momento preciso, es decir, no se debe tomar muestra de agua estancada o almacenada que no indique valores reales.
- ✓ En el caso de **muestreos de nivel**, las características del pozo o piezómetro son muy importantes para la interpretación posterior de los resultados. Es importante conocer la profundidad total del pozo, presencia de reja (en caso de piezómetros), y existencia de bomba (en caso de pozos).

4.2. PURGA

En el caso de los pozos con bomba, antes de tomar la muestra, se debe purgar. Esto se hace para evitar falsos resultados de agua almacenada en la tubería que no refleja la calidad de esos momentos en el acuífero. Es un paso importante porque las aguas que no son renovadas con el flujo de agua natural del acuífero y puede afectar de manera significativa los resultados de pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos debido a las precipitaciones de metales, pérdida de compuestos orgánicos, etc.

En líneas generales, hay varios métodos para purgar pozos y sondeos:

- Extracción de un mínimo de 3 a 4 veces el volumen contenido en la tubería donde pueda haber agua estancada.
- Inicio de bombeo y espera de estabilización de parámetros de campo. Esto es un mínimo de 3 lecturas consecutivas que nos indiquen que un parámetro (pH o temperatura, por ejemplo) sea estable.
- Bombeo de un caudal determinado que vendría a ser definido por las características hidrodinámicas, por lo cual éstas deben ser conocidas previamente.

4.3. SECUENCIA DE MUESTREO

La secuencia de muestreo es un factor importante ya que puede influir en ciertos parámetros. Por ejemplo, si bombeamos para tomar muestra antes de medir el nivel de agua, éste ya no es un valor real.

En este estudio, la secuencia a realizar se expone a continuación.

4.3.1. Medida del nivel de agua

Es el primer parámetro a medir puesto que un bombeo posterior y toma de muestra puede falsear el nivel de agua.

4.3.2. Parámetros fisicoquímicos *in situ*

Se trata de los parámetros medidos con sonda multiparamétrica: pH, conductividad eléctrica y temperatura.

Hay que tener en cuenta que estos parámetros son claves para saber, en caso de bombeo, una vez alcanzada la estabilización, y por lo tanto, si la toma de muestra es correcta y significativa.

Si es posible, es mejor hacer la muestra en un flujo en continuo. Es decir, por ejemplo, muestrear agua saliendo de un grifo o una tubería. Si no fuera posible la medida, se realiza dentro de un envase justo después de coger el agua, para evitar que varíe la temperatura demasiado, ya que el resto de parámetros depende de ésta.

4.3.3. Toma de muestra para análisis de iones mayoritarios

No hace falta tomar ninguna precaución estricta. Se debe llenar el envase una vez estabilizados los parámetros de campo *in situ* y mantener la muestra, en la medida de lo posible, refrigerada (en una nevera de campo por ejemplo).

Es importante el correcto etiquetaje del envase para evitar errores de identificación.

La muestra debe ser llevada a laboratorio lo antes posible.

5. FICHA DE CAMPO

La ficha de campo es una herramienta muy útil para la recopilación de los datos medidos. Además, permite su fácil registro sin olvidar la información importante.

En ella se incluyen diversos campos útiles para la caracterización del punto en concreto. Sin embargo, entra en juego el criterio del personal que realiza el muestreo, para aquellos puntos que no pudieran ser completados por falta de disponibilidad de información necesaria, pudiendo ser cumplimentada con otra información adicional de interés obtenida en campo (entrevista con los usuarios, etc.).

Datos generales			
Fecha		Nombre de la muestra	
Hora		Municipio	
UTM X		Foto <input type="checkbox"/>	
UTM Y			
Observaciones:			
Punto de muestreo			
Tipo:	Pozo <input type="checkbox"/>	Material	
	Sondeo/piezometro <input type="checkbox"/>	Diametro	
Nivel del agua (m)			
Profundidad total (m)			
Uso del agua			
Presencia de bomba	<input type="checkbox"/>		
Observaciones:			
Medida de parámetros in situ			
Caudal de agua		Purga	<input type="checkbox"/>
		Método de purga	
		Caudal/volumen purgado	
Parámetros in situ			
Tipo de muestreador			
Caudal de muestreo			
Aspecto de la muestra			
Observaciones			
Valores (después de estabilización):			
pH		upH	
Temperatura		°C	
Conductividad		(indicar la unidad)	
Toma de muestra para laboratorio			
Toma de muestra	<input type="checkbox"/>		
Etiquetado de la muestra	<input type="checkbox"/>		
Aditivos	<input type="checkbox"/>	Tipo aditivo:	
Conservación de la muestra			
Fecha entrega a laboratorio			

Figura 1. Ficha de campo: Muestreo de aguas subterráneas

Datos generales:

Fecha y hora: de la toma de muestra

Nombre de la muestra: Nombre o código para identificar el punto y la muestra

UTM X y UTM Y: coordenadas dadas por el GPS (indicar sistema de coordenadas)

Foto: para indicar que sean realizado las fotos

Observaciones: cualquier hecho relevante que sea de interés (problemas de acceso, punto no encontrado, pozo sellado, etc.)

Datos generales			
Fecha		Nombre de la muestra	
Hora		Municipio	
UTM X		Foto	<input type="checkbox"/>
UTM Y			
Observaciones:			

Punto de muestreo

Tipo: marcar si se trata de un pozo o un sondeo/piezómetro

Material: material de construcción del punto de medida

Diámetro: de la boca del pozo o sondeo. Indicar la unidad (cm o mm)

Nivel de agua: nivel de profundidad donde se encuentra el agua

Profundidad total: si no se dispone del dato, profundidad total del pozo

Uso del agua: uso al que se destina el agua extraída si es el caso (doméstico, agrícola, etc.)

Presencia de bomba: marcar si el pozo o sondeo dispone de bomba de extracción

Punto de muestreo			
Tipo:	Pozo	<input type="checkbox"/>	Material
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diámetro
Nivel del agua (m)			
Profundidad total (m)			
Uso del agua			
Presencia de bomba		<input type="checkbox"/>	

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua: caudal de agua en caso que se tengo una fuente o tubería donde haya un flujo de agua en continuo

Purga: marcar si se realiza purga. La purga se realiza en el caso de extraer agua a través de una tubería o grifo, para evitar tomar la muestra del agua que ha quedado estancada en dicha tubería

Método de purga: si se purga hasta 3 o 4 veces el volumen estancado, si se purga hasta estabilización de parámetros de calidad, o si se purga según un volumen predefinido previamente calculado

Caudal/volumen purgado: aproximadamente cuánta agua ha sido purgada. Indicar unidades

Tipo de muestreador: si se ha usado Bayler (en caso de piezómetros), si se ha extraído a través de grifo, o manualmente

Caudal de muestreo: en caso de bombeo, cuánto caudal es bombeado

Aspecto de la muestra: color, turbidez, olor particular o cualquier característica peculiar de la muestra

Observaciones: Cualquier aspecto o incidencia a destacar del muestreo

pH: valor del pH tras estabilización de la medida. Se mide en unidades de pH

Temperatura: valor de la temperatura tras estabilización de la medida. La unidad es el °C

Conductividad: valor de la conductividad tras estabilización de la medida. Indicar la unidad ($\mu\text{S}/\text{cm}$ o mS/cm)

Medida de parámetros in situ	
Caudal de agua	<input type="text"/>
Purga	<input type="checkbox"/>
Método de purga	<input type="text"/>
Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>
Parámetros in situ	
Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	<input type="text"/>
Observaciones	<input type="text"/>
Valores (después de estabilización):	
pH	<input type="text"/> upH
Temperatura	<input type="text"/> °C
Conductividad	<input type="text"/> (indicar la unidad)

Toma de muestras en laboratorio (sólo en caso de tomar muestra para laboratorio)

Toma de muestra: marcar si se toma muestra

Etiquetado de la muestra: marcar si se ha verificado el etiquetado de la muestra. La etiqueta debe identificar claramente:

- Fecha
- Hora
- Nombre de la muestra

Aditivos: indicar si se ha añadido algún tipo de conservante. Si no se añade nada, dejar en blanco

Conservación de la muestra: indicar como se ha conservado la muestra hasta su llegada a laboratorio (por ejemplo: Refrigerada con nevera de campo)

Fecha de entrega a laboratorio: fecha en la que la muestra llega al laboratorio

Toma de muestra para laboratorio	
Toma de muestra	<input type="checkbox"/>
Etiquetado de la muestra	<input type="checkbox"/>
Aditivos	<input type="checkbox"/> Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	<input type="text"/>
Fecha entrega a laboratorio	<input type="text"/>

ANEXO 3B. FICHAS DE CAMPO

Datos generales

ID: 01

Fecha	13/02/2017	Nombre de la muestra	Galerías de Chafariz
Hora	10.47	Municipio	Haría
UTM X	645093	Foto	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
UTM Y	3222546		

Observaciones:

La entrada a la galería se encuentra cerrada con reja estanca. Se toma la muestra de tubería proveniente directamente de la galería. Unos pocos metros más abajo se encuentra el estanque.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input type="checkbox"/>	Material	
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	2,40m x 1,80m (entrada galería)
Nivel del agua (m)		-		
Profundidad total (m)		-		
Uso del agua	Riego ilegal, sin autorización			
Presencia de bomba		<input type="checkbox"/> NO		

Observaciones:

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text" value="0,02m<sup>3</sup>/sg"/>	Purga	<input type="checkbox"/> NO
		Método de purga	
		Caudal/volumen purgado	

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	Manual
Caudal de muestreo	
Aspecto de la muestra	Clara, sin olor
Observaciones	

Valores (después de estabilización):

pH	<input type="text" value="8.5"/>	upH
Temperatura	<input type="text" value="18.9"/>	°C
Conductividad	<input type="text" value="1,88ms/cm"/>	(indicar la unidad)

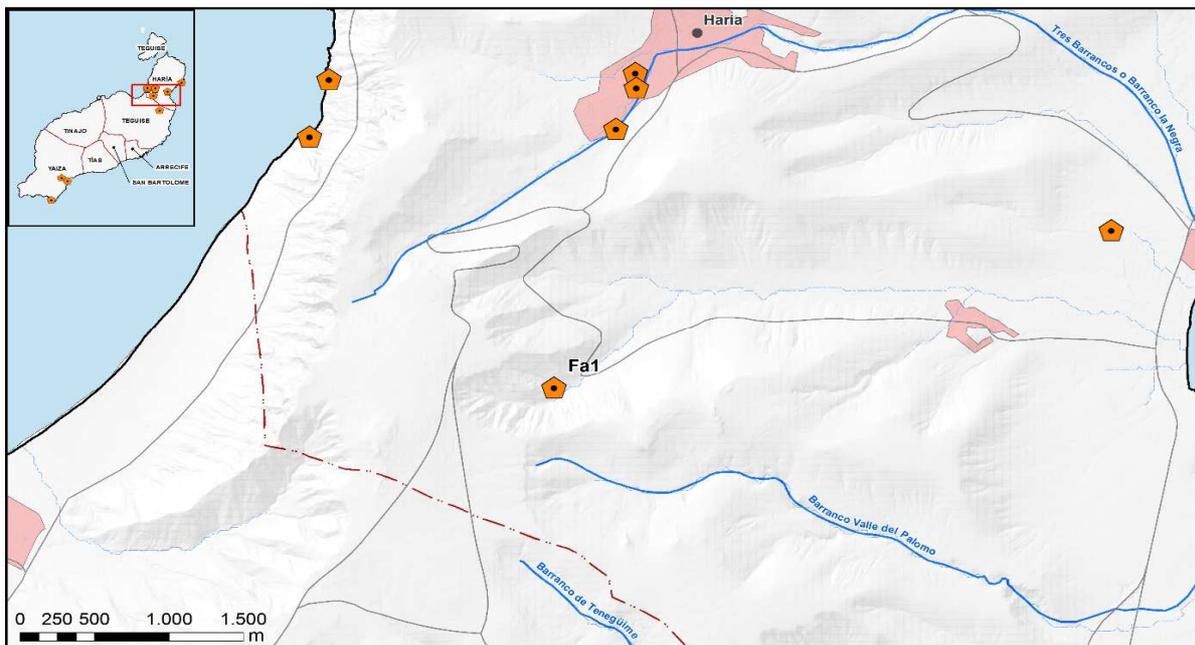
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
Etiquetado de la muestra	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
Aditivos	<input type="checkbox"/> NO Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	NEVERA
Fecha entrega a laboratorio	<input type="text" value="13/02/2017"/>

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 02

Fecha	13/02/2017	Nombre de la muestra	Pozo de la Canada I
Hora	12.01	Municipio	Haría
UTM X	645641	Foto	<input checked="" type="checkbox"/>
UTM Y	3224907		

Observaciones:

El pozo se encuentra limítrofe con la calzada y finca privada. De hecho, se sitúa justo en mitad del lindero, un muro de piedras.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input checked="" type="checkbox"/>	Material	Piedra Natural
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	50 cm
Nivel del agua (m)	4.3			
Profundidad total (m)	8.5			
Uso del agua	Sin uso			

Presencia de bomba

NO

Observaciones:

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="text"/>
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	Clara, sin olor
Observaciones	<input type="text"/>

Valores (después de estabilización):

pH	7.9	upH
Temperatura	21	°C
Conductividad	3,43ms/cm	(indicar la unidad)

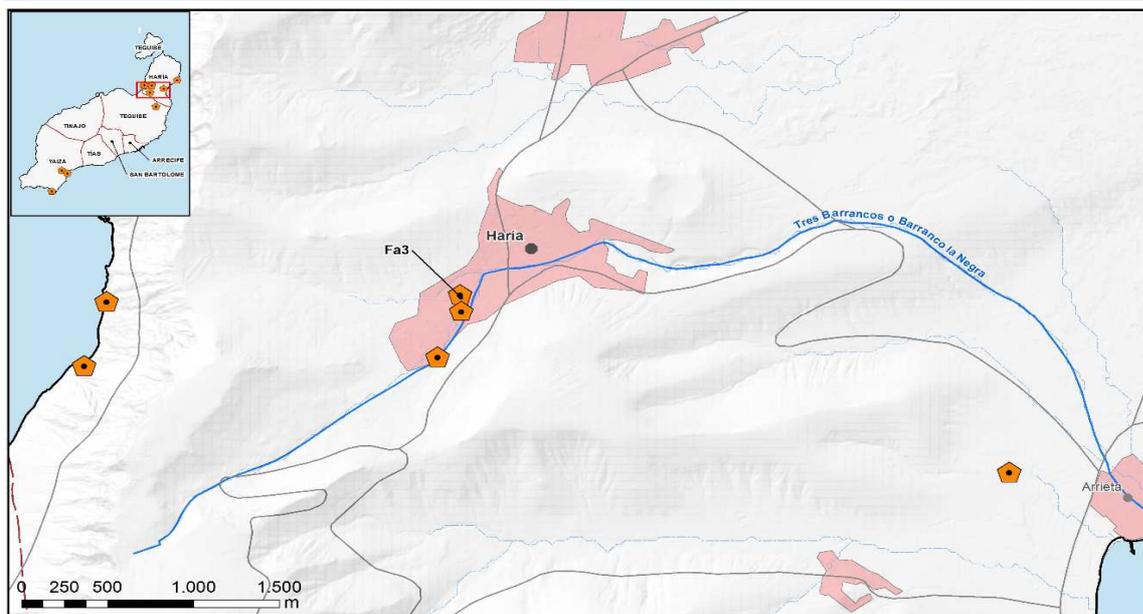
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input checked="" type="checkbox"/>
Etiquetado de la muestra	<input checked="" type="checkbox"/>
Aditivos	<input checked="" type="checkbox"/> Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	NEVERA
Fecha entrega a laboratorio	13/02/2017

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 03

Fecha	13/02/2017	Nombre de la muestra	Pozo de la Elvira
Hora	12.21	Municipio	Haría
UTM X	645509	Foto	<input checked="" type="checkbox"/>
UTM Y	3224489		

Observaciones:

El pozo se encuentra en mitad del barranco.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input checked="" type="checkbox"/>	Material	Piedra natural
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	50 cm
Nivel del agua (m)	1.4			
Profundidad total (m)	10.75			
Uso del agua	Sin uso			

Presencia de bomba

NO

Observaciones:

El diámetro incluyendo el murete de bloque sería de 80 cm.

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="text"/>
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	<input type="text"/>
Observaciones	<input type="text"/>

Valores (después de estabilización):

pH	8.3	upH
Temperatura	20	°C
Conductividad	1,15ms/cm	(indicar la unidad)

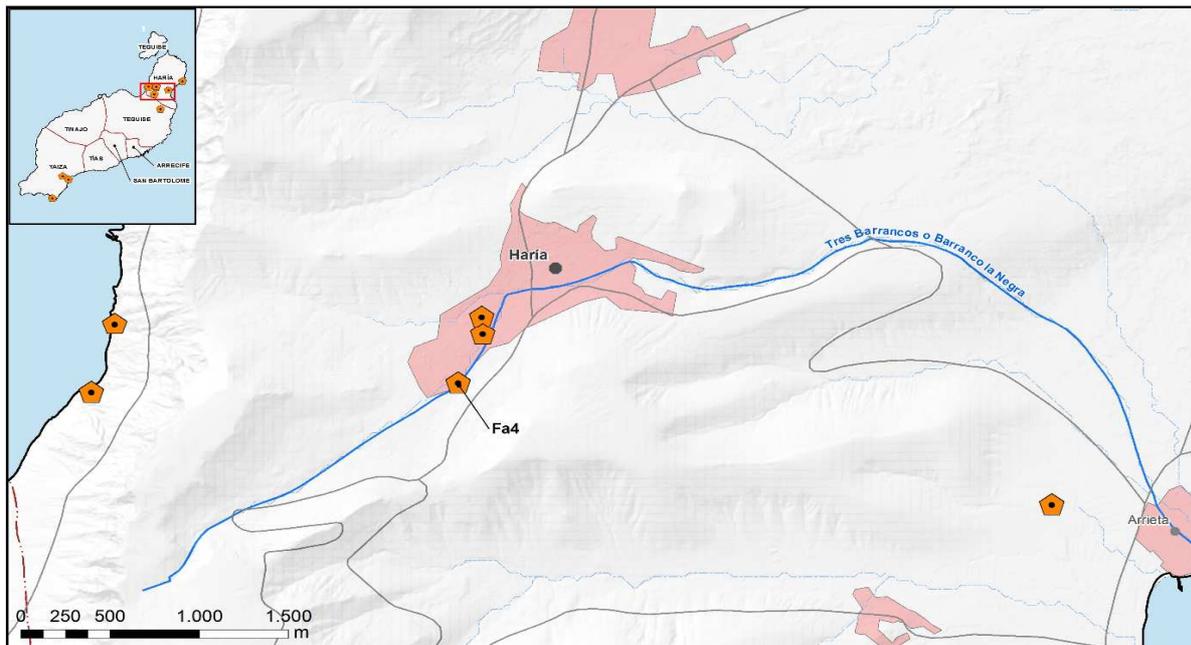
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input checked="" type="checkbox"/>
Etiquetado de la muestra	<input checked="" type="checkbox"/>
Aditivos	<input type="checkbox"/> NO Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	NEVERA
Fecha entrega a laboratorio	13/02/2017

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 04

Fecha	13/02/2017	Nombre de la muestra	Pozo calle Angel Guerra
Hora	11.38	Municipio	Haría
UTM X	645647	Foto	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
UTM Y	3224797		

Observaciones:

En la zona y en general en el núcleo urbano (Haría) hay multitud de pozos tanto en vía pública como en jardines y fincas de propiedad privada. En concreto en la zona de muestreo, en un radio de 20 metros aproximadamente, existen unos 5 pozos, 4 de ellos tapiados. Se coge la muestra del único accesible.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input checked="" type="checkbox"/> x	Material	Piedra Natural
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	54 cm
Nivel del agua (m)	1.6			
Profundidad total (m)	6.9			
Uso del agua	Riego, con tubería en el interior del pozo.			

Presencia de bomba

NO

Observaciones:

Si añadimos el ancho del murete, el diámetro del pozo es de 80 cm.

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="checkbox"/> NO
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	Clara, inapreciable turbidez, sin olor
Observaciones	Se aprecia algunos sólidos en suspensión debido a las lluvias.

Valores (después de estabilización):

pH	6.8	upH
Temperatura	19.5	°C
Conductividad	4,61ms/cm	(indicar la unidad)

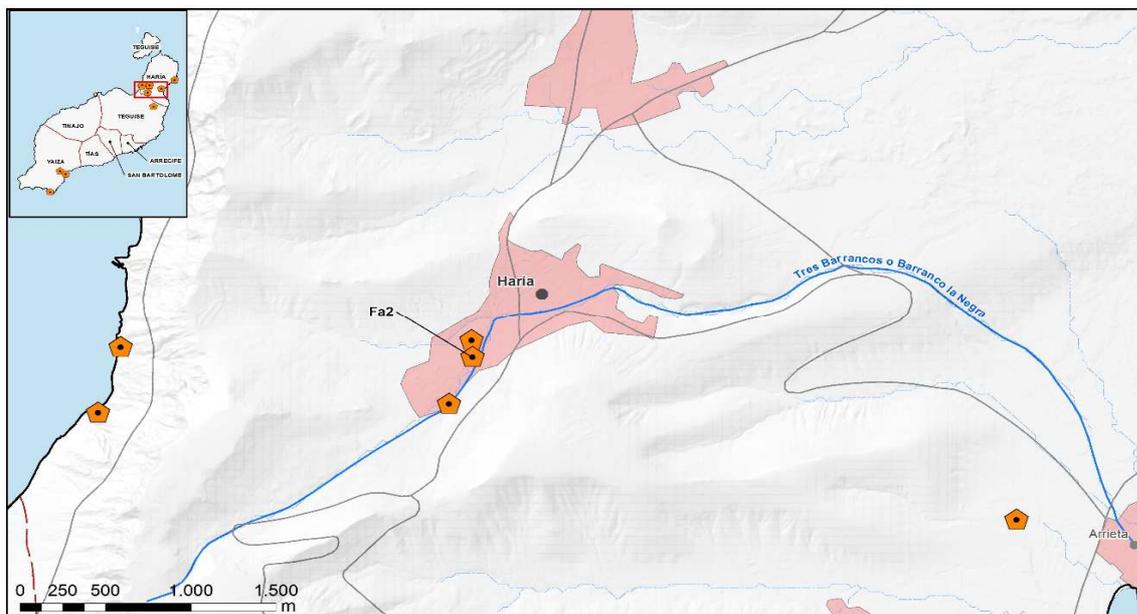
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input checked="" type="checkbox"/> SÍ
Etiquetado de la muestra	<input checked="" type="checkbox"/> SÍ
Aditivos	<input type="checkbox"/> NO Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	NEVERA
Fecha entrega a laboratorio	13/02/2017

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 05

Fecha	13/02/2017	Nombre de la muestra	Pozo de los Altos de Arrieta
Hora	10.07	Municipio	Haría
UTM X	648837	Foto	<input checked="" type="checkbox"/> SÍ
UTM Y	3223729		

Observaciones:

El pozo se encuentra dentro de una propiedad privada, con reja y sin agua.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input checked="" type="checkbox"/> x	Material	Encamisado
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	1,50m
Nivel del agua (m)	-			
Profundidad total (m)	23			
Uso del agua	En caso de tener agua, posiblemente sea para el regadío del propietario de la finca.			

Presencia de bomba

NO

Observaciones:

La altura total del pozo desde el murete sería 2,20m más, teniendo un total de 25,20 m de profundidad.

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="text"/>
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	<input type="text"/>
Observaciones	<input type="text"/>

Valores (después de estabilización):

pH	<input type="text" value="-"/>	upH
Temperatura	<input type="text" value="-"/>	°C
Conductividad	<input type="text" value="-"/>	(indicar la unidad)

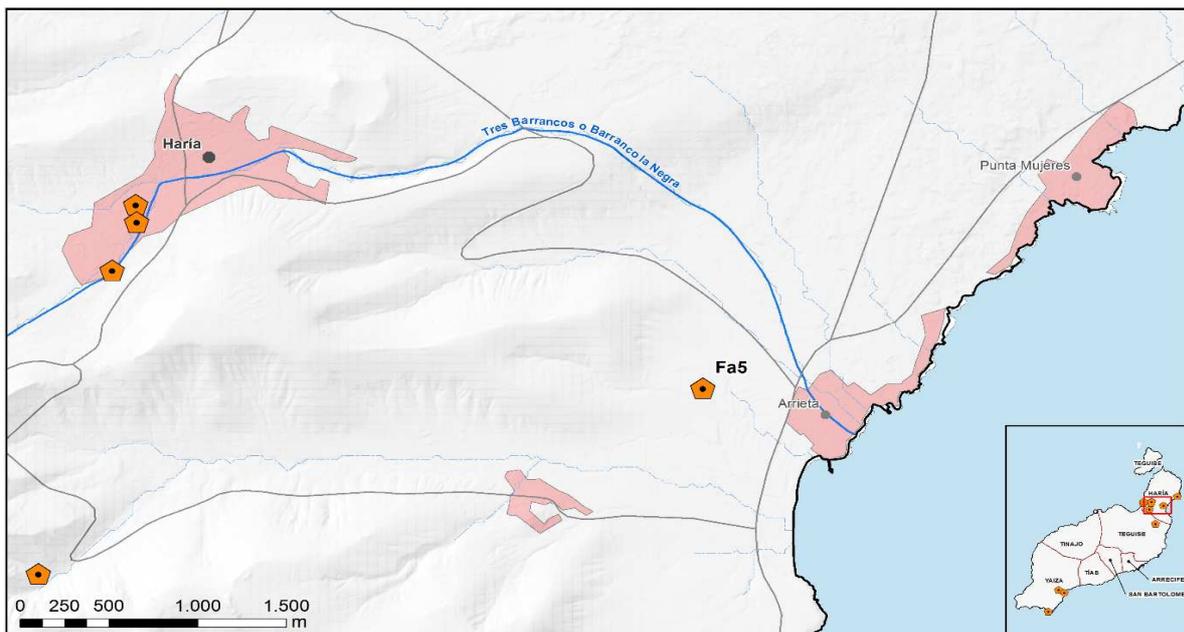
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input type="checkbox"/> NO
Etiquetado de la muestra	<input type="checkbox"/>
Aditivos	<input type="checkbox"/> Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	<input type="text"/>
Fecha entrega a laboratorio	<input type="text"/>

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 06

Fecha	16/02/2017	Nombre de la muestra	Galerías de Famara IV
Hora	12.05	Municipio	Haría
UTM X	64345207	Foto	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
UTM Y	3224432		

Observaciones:

Este punto de muestreo corresponde con **Galerías de Famara IV, Casa del Agua**. Muy difícil acceso a la galería. Se toma muestra de la tubería directamente situada dentro de la casa, antigua estación de bombeo.

Punto de muestreo

Tipo: Pozo Material
 Sondeo/piezometro Diametro

Nivel del agua (m)	<input type="text"/>
Profundidad total (m)	<input type="text"/>
Uso del agua	Sin uso

Presencia de bomba NO

Observaciones:

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua Purga NO
 Método de purga
 Caudal/volumen purgado

Parámetros in situ

Tipo de muestreador
 Caudal de muestreo
 Aspecto de la muestra
 Observaciones

Valores (después de estabilización):

pH upH
 Temperatura °C
 Conductividad (indicar la unidad)

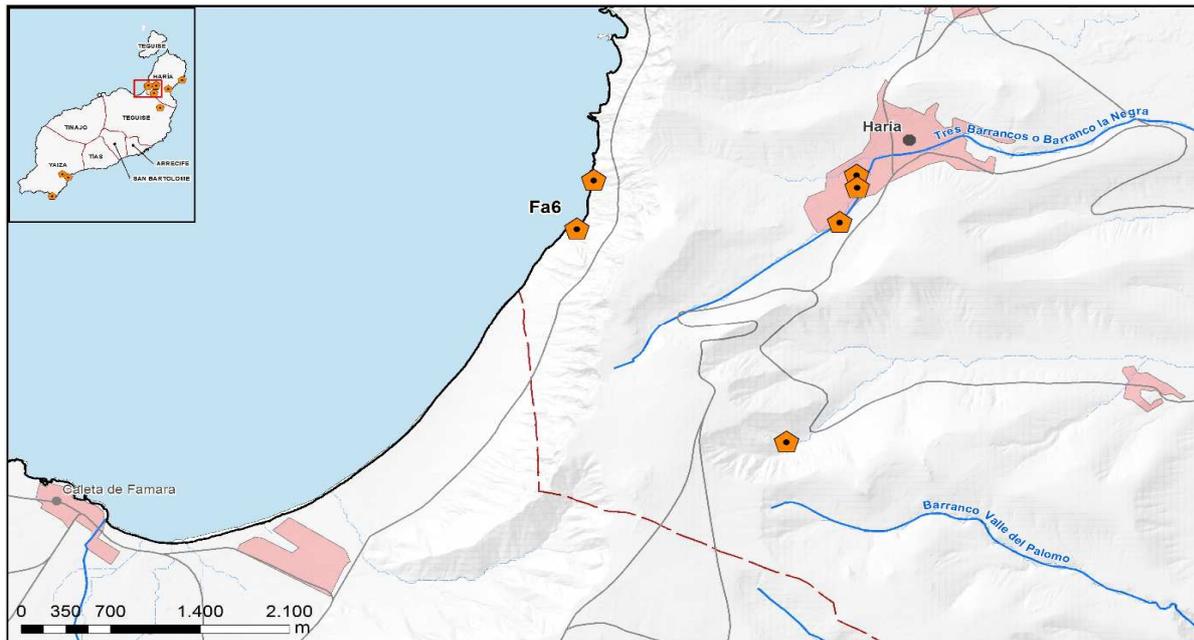
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra NO
 Etiquetado de la muestra
 Aditivos Tipo aditivo:
 Conservación de la muestra
 Fecha entrega a laboratorio

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 07

Fecha	16/02/2017	Nombre de la muestra	Galerías de Famara V
Hora	12.45	Municipio	Haría
UTM X	6435839	Foto	<input type="checkbox"/> NO
UTM Y	3224861		

Observaciones:

Este punto de muestreo corresponde con **Galerías de Famara V, Casa del Pescador**. Extremadamente de muy difícil acceso a la galería. Se toma muestra de acequia.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo <input type="checkbox"/>	Material	<input type="text"/>
	Sondeo/piezometro <input type="checkbox"/>	Diametro	<input type="text"/>
Nivel del agua (m)	<input type="text"/>		
Profundidad total (m)	<input type="text"/>		
Uso del agua	Sin uso.		
Presencia de bomba	<input type="checkbox"/> NO		

Observaciones:

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="checkbox"/>
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	<input type="text"/>
Observaciones	<input type="text"/>

Valores (después de estabilización):

pH	8	upH
Temperatura	21.4	°C
Conductividad	8ms/cm	(indicar la unidad)

Toma de muestra para laboratorio

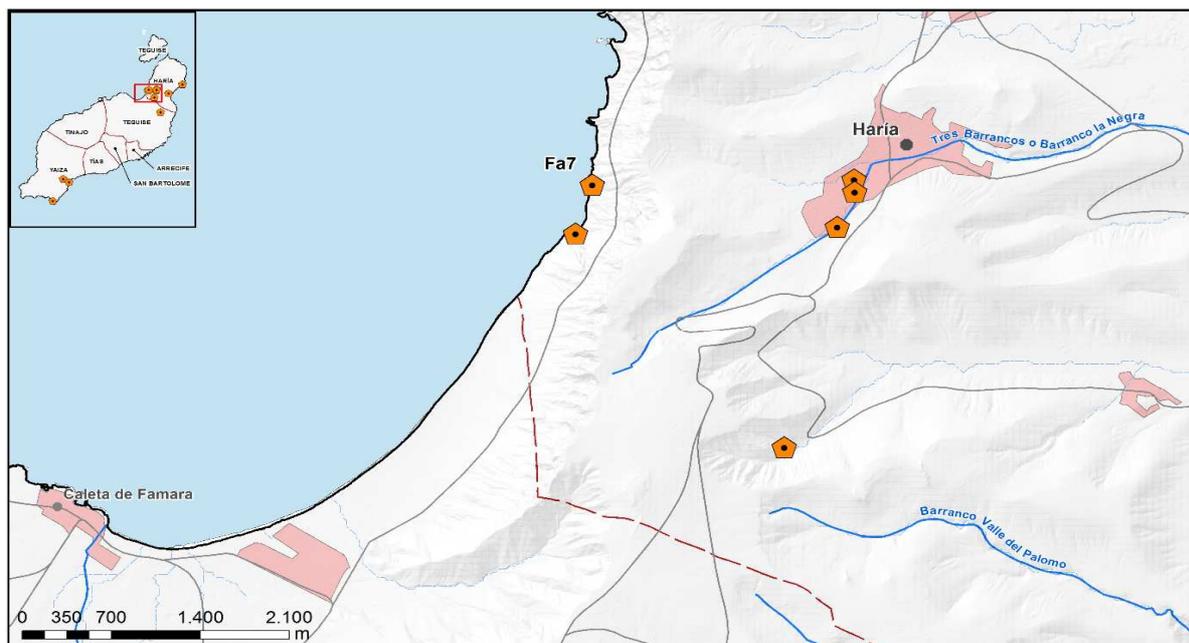
Toma de muestra	<input type="checkbox"/> NO
Etiquetado de la muestra	<input type="checkbox"/>
Aditivos	<input type="checkbox"/> Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	<input type="text"/>
Fecha entrega a laboratorio	<input type="text"/>

Fotografías



Vista general de la zona, al fondo estaría la Casa del Pescador (el punto de muestreo).

Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 08

Fecha	13/02/2017	Nombre de la muestra	Pozo del Teneguime
Hora	14.15	Municipio	Teguise
UTM X	646704	Foto	<input checked="" type="checkbox"/>
UTM Y	3218158		

Observaciones:

Sin agua y con reja.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input checked="" type="checkbox"/>	Material	Piedra natural
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	3m
Nivel del agua (m)	-			
Profundidad total (m)	43m			
Uso del agua	Sin uso en caso de que hubiera.			
Presencia de bomba	<input type="checkbox"/> NO			

Observaciones:

La altura del murete de bloque es de 1,30m.

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="text"/>
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	<input type="text"/>
Observaciones	<input type="text"/>

Valores (después de estabilización):

pH	-	upH
Temperatura	-	°C
Conductividad	-	(indicar la unidad)

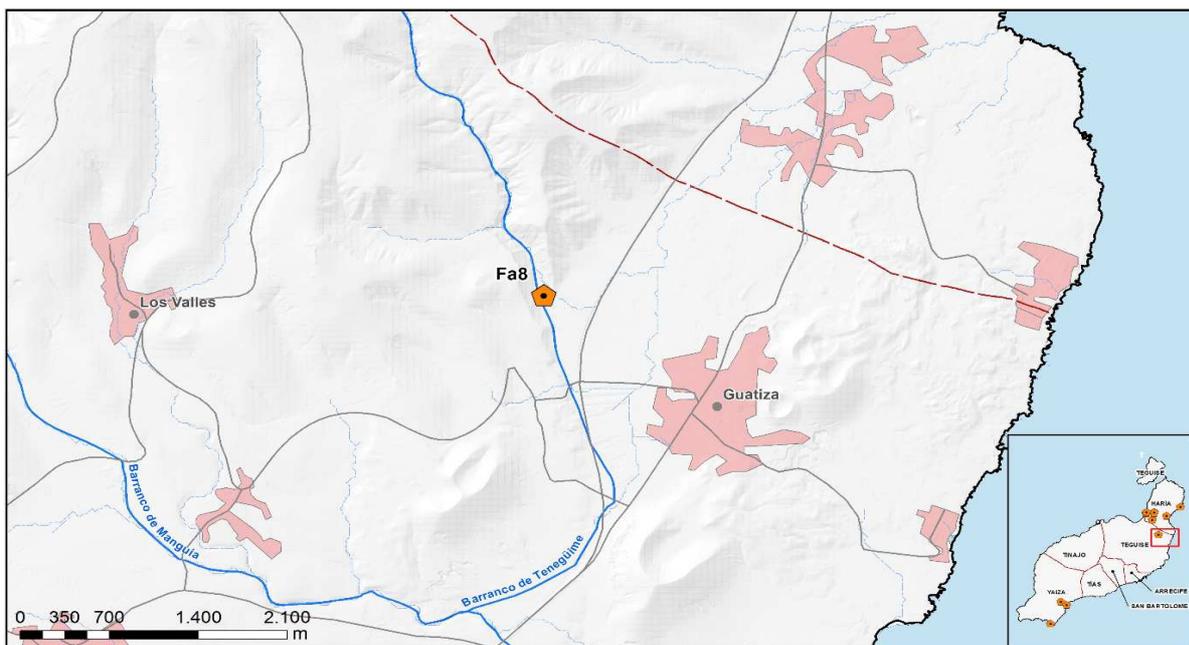
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input type="checkbox"/> NO
Etiquetado de la muestra	<input type="checkbox"/>
Aditivos	<input type="checkbox"/> Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	<input type="text"/>
Fecha entrega a laboratorio	<input type="text"/>

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 09

Fecha	09/02/2017	Nombre de la muestra	Pozo San Marcial del Rubicón P4
Hora	11.04	Municipio	YAIZA
UTM X	618101	Foto	<input checked="" type="checkbox"/>
UTM Y	3191766		

Observaciones:

La muestra ha sido realizada del **Pozo San Marcial del Rubicón P1B2**, el único con agua y accesible para la recogida de la muestra. En la zona de muestreo, límite con la Playa de El Pozo (Costa Papagayo) hay un pozo con dos brocales y un pozo con tres broncales, todos ellos se encuentran cerrados con rejillas.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input checked="" type="checkbox"/>	Material	Piedra Natural
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	50 cm
Nivel del agua (m)	3.5			
Profundidad total (m)	4.9			
Uso del agua	Sin Uso			

Presencia de bomba

NO

Observaciones:

El pozo P1B2 dispone de un murete de bloque donde se asienta la rejilla.

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="text"/>
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	Clara, ausencia mal olor.
Observaciones	<input type="text"/>

Valores (después de estabilización):

pH	8	upH
Temperatura	18.8	°C
Conductividad	8,40 ms/cm	(indicar la unidad)

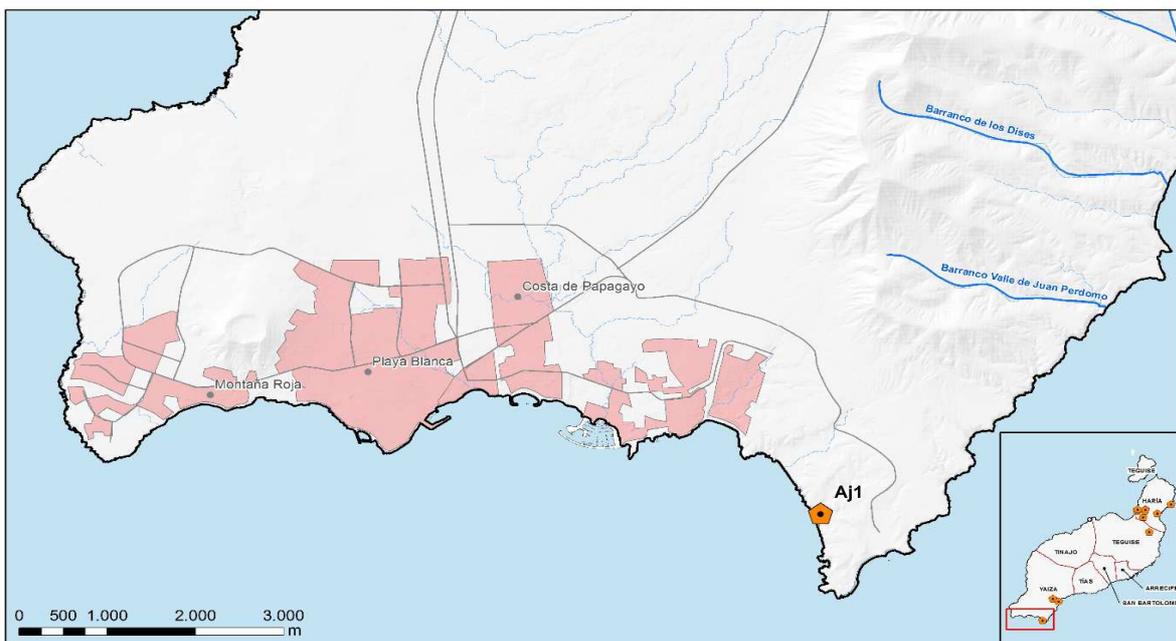
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input checked="" type="checkbox"/>
Etiquetado de la muestra	<input checked="" type="checkbox"/>
Aditivos	<input checked="" type="checkbox"/> NO Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	NEVERA
Fecha entrega a laboratorio	09/02/2017

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 10

Fecha	09/02/2017	Nombre de la muestra	Pozo de los Ajaches I
Hora	13.42	Municipio	Yaiza
UTM X	620843	Foto	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
UTM Y	3198280		

Observaciones:

Este pozo se encuentra con reja y murete de piedra natural de difícil acceso e inseguro para la medición. Sin agua.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input checked="" type="checkbox"/> x	Material	Piedra Natural
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	2,4 m
Nivel del agua (m)		-		
Profundidad total (m)		43		
Uso del agua	Sin uso en caso de tener agua.			

Presencia de bomba

NO

Observaciones:

Debido a la inaccesibilidad del pozo, la profundidad total del pozo es orientativa.

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="text"/>
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	<input type="text"/>
Observaciones	<input type="text"/>

Valores (después de estabilización):

pH	<input type="text" value="-"/>	upH
Temperatura	<input type="text" value="-"/>	°C
Conductividad	<input type="text" value="-"/>	(indicar la unidad)

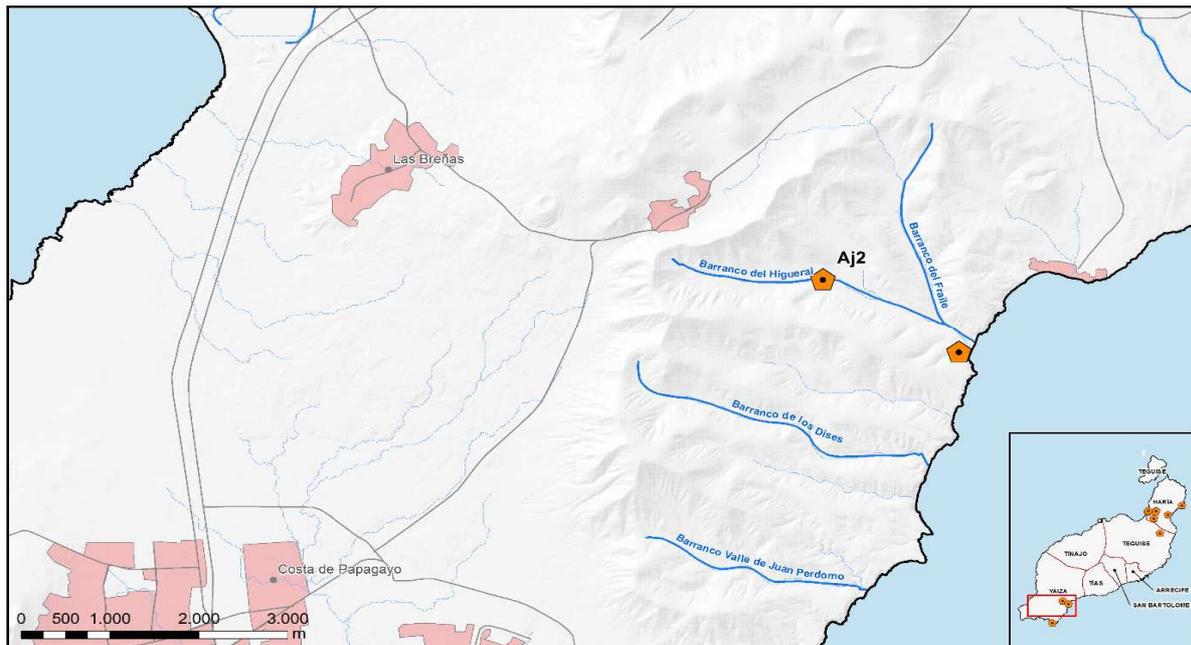
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input type="checkbox"/> NO
Etiquetado de la muestra	<input type="checkbox"/>
Aditivos	<input type="checkbox"/> Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	<input type="text"/>
Fecha entrega a laboratorio	<input type="text"/>

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 11

Fecha	09/02/2017	Nombre de la muestra	Pozo de los Ajaches II
Hora	13.11	Municipio	Yaiza
UTM X	622373	Foto	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
UTM Y	3197364		

Observaciones:

Pozo limítrofe con la Playa El Pozo (Costa Playa Quemada), sin reja y sin agua.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo	<input checked="" type="checkbox"/> x	Material	Piedra Natural
	Sondeo/piezometro	<input type="checkbox"/>	Diametro	80 cm
Nivel del agua (m)	-			
Profundidad total (m)	10.8			
Uso del agua	Sin uso en caso de tener agua.			
Presencia de bomba	<input type="checkbox"/> NO			

Observaciones:

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="text"/>
		Método de purga	<input type="text"/>
		Caudal/volumen purgado	<input type="text"/>

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	<input type="text"/>
Caudal de muestreo	<input type="text"/>
Aspecto de la muestra	<input type="text"/>
Observaciones	<input type="text"/>

Valores (después de estabilización):

pH	<input type="text" value="-"/>	upH
Temperatura	<input type="text" value="-"/>	°C
Conductividad	<input type="text" value="-"/>	(indicar la unidad)

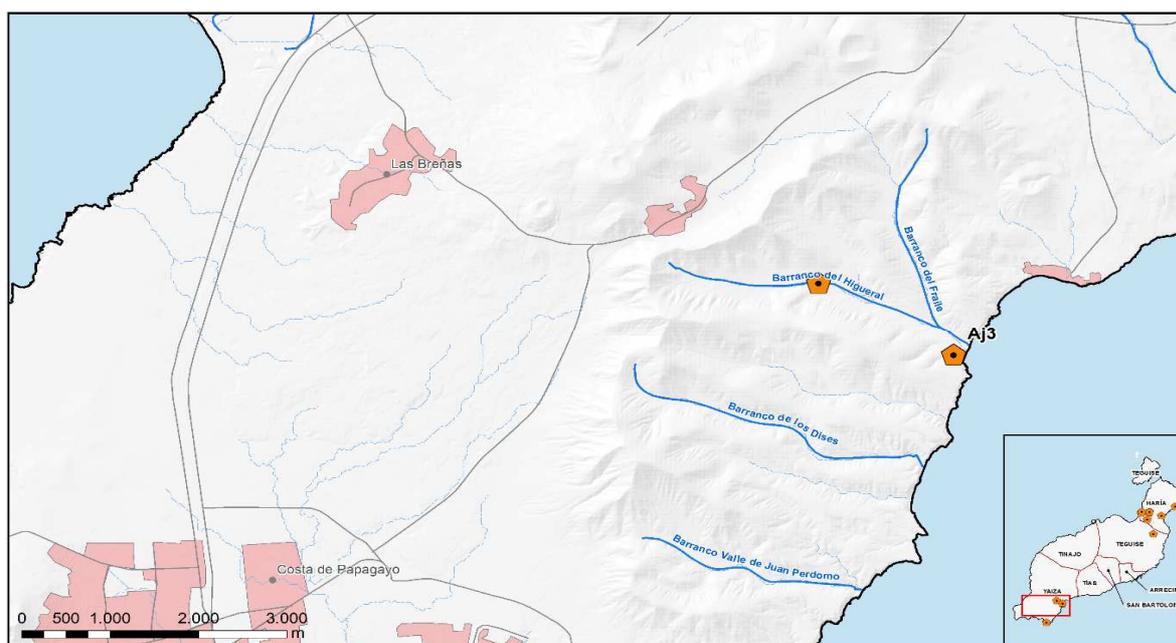
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input type="checkbox"/> NO
Etiquetado de la muestra	<input type="checkbox"/>
Aditivos	<input type="checkbox"/> Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	<input type="text"/>
Fecha entrega a laboratorio	<input type="text"/>

Fotografías



Esquema de ubicación



Datos generales

ID: 12

Fecha	13/02/2017	Nombre de la muestra	Jameos del Agua
Hora	13.29	Municipio	Haría
UTM X	652546	Foto	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
UTM Y	3226421		

Observaciones:

La muestra se coge directamente del CACT Jameos del Agua, en el Túnel Láxico de Atlántida. Las coordenadas ofrecidas en el inventario no corresponden con ningún pozo ni sondeo.

Punto de muestreo

Tipo:	Pozo <input type="checkbox"/>	Material	Tubo volcánico
	Sondeo/piezometro <input type="checkbox"/>	Diametro	
Nivel del agua (m)			
Profundidad total (m)			
Uso del agua	Sin uso		
Presencia de bomba	<input type="checkbox"/> NO		

Observaciones:

--

Medida de parámetros in situ

Caudal de agua	<input type="text"/>	Purga	<input type="text"/>
Método de purga			
Caudal/volumen purgado			

Parámetros in situ

Tipo de muestreador	
Caudal de muestreo	
Aspecto de la muestra	Clara, olor a mar
Observaciones	Se toma muestra de conductividad con HANNA COMBO cuyo rango de medición no alcanza para aguas salinas. Por tanto, se toma el dato de conductividad de laboratorio.

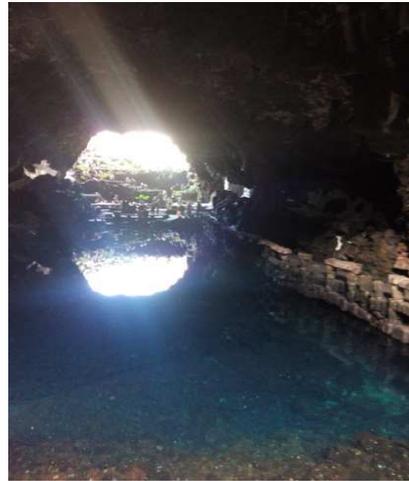
Valores (después de estabilización):

pH	7.5	upH
Temperatura	19.5	°C
Conductividad	49,8 ms/cm	(indicar la unidad)

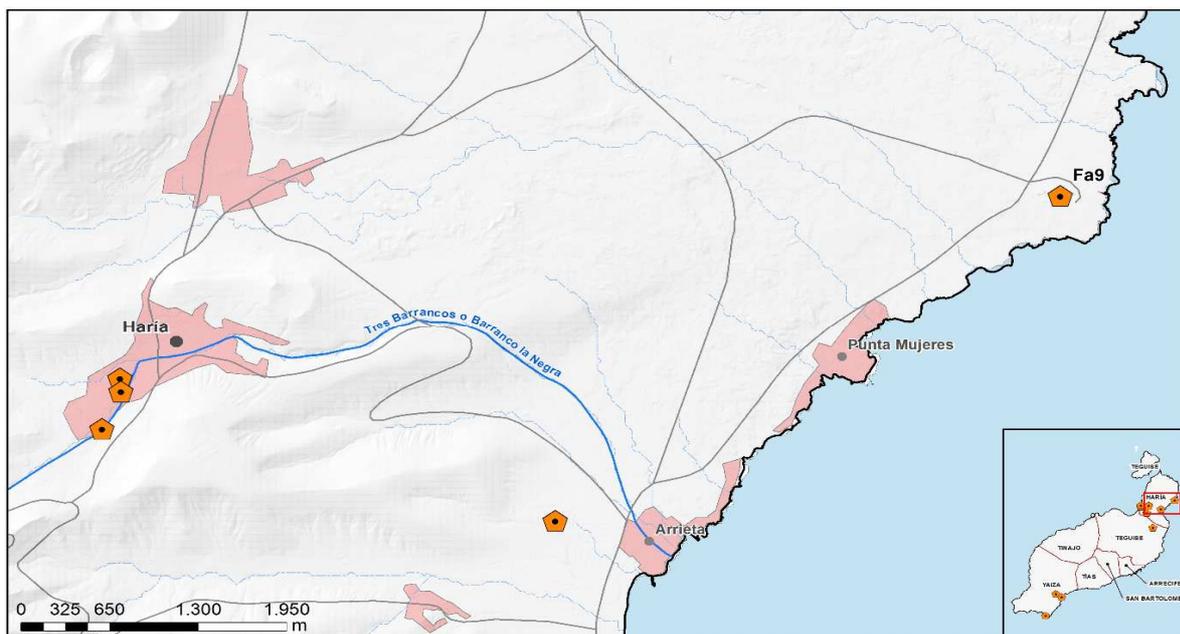
Toma de muestra para laboratorio

Toma de muestra	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
Etiquetado de la muestra	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
Aditivos	<input type="checkbox"/> NO Tipo aditivo: <input type="text"/>
Conservación de la muestra	NEVERA
Fecha entrega a laboratorio	13/02/2017

Fotografías



Esquema de ubicación



ANEXO 3C. RESULTADOS DE LABORATORIO



LAQUALAB

Camino del Cabezo s/n
35572 Tías-Lanzarote
Tel./Fax: 928 524316



e-mail: infoqualab@gmail.com
Empresa certificada ISO 9001.ES16/19498

DATOS DE LA MUESTRA

Código muestra:1702113
Tipo de muestra:AGUAS SUBTERRÁNEAS
Fecha de recogida:09/02/2017
Hora de recogida:11:08
Fecha de entrada:09/02/2017
Punto de muestreo:POZO SAN MARCIAL RUBICÓN P1-B2

DATOS DEL CLIENTE:

Peticionario:INCLAM, S.A.
Dirección:C/SAMARIA, 4
Teléfono:
Población: MADRID
Código Postal:28009

NFORME DE ENSAYO: ANÁLISIS AGUA SUBTERRÁNEA

GUATICEA LANZAROTE S.L., inscrita en Registro Mercantil de Lanzarote - Tomo 456, Folio 84. CIF: B76.189.349

Parámetros - unidades	Método	I.T.E.	Resultado	Nivel permitido
Conductividad (uS/cm a 20°C)	Electrométrico	I.T.E. 013	8.150	
++pH (ud. pH)	Potenciométrico	I.T.E. 009	8,20	(6,50 - 9,50)
Nitratos (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 021	10,30	(0,00 - 50,00)
Calcio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	144,3	
Cloruros (mg/l)	Volumetría	I.T.E. 023	2.059,0	
Sodio (mg/l)	Electrodo selec	I.T.E. 027	1.109,0	
Magnesio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	140,9	
Sulfatos (ug/L)	Sulfaver 4	L.S.	400,00	
Carbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	<0,60	
Bicarbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	406,60	
Potasio (mg/L)	Fotométrico	L.S.	131,00	
TDS (ppm)	Electrométrico	I.T.E. 013	5.224,00	

Valor máximo permitido según Real Decreto 1514/2009

Incertidumbre pH:0.1

LS= Laboratorio Subcontratado

Los resultados de este informe sólo afectan a la muestra analizada

MONTELONGO
RODRIGUEZ AMANDA
DE LAS NIEVES -
54064810K

Digitally signed by MONTELONGO RODRIGUEZ
AMANDA DE LAS NIEVES - 54064810K
CN=MONTELONGO RODRIGUEZ AMANDA DE
LAS NIEVES - 54064810K
C=ES
2.5.4.5=54064810K2.5.4.4=MONTELONGO
RODRIGUEZ
Date: 2017.02.22 11:54:19

Fdo. Amanda Montelongo
Responsable del laboratorio
Colegiada N°1035



DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DEL CLIENTE:

Código muestra:1702115	Peticionario: INCLAM, S.A.
Tipo de muestra:AGUAS SUBTERRÁNEAS	Dirección:C/ SAMARIA , 4
Fecha de recogida:13/02/2017	Teléfono:
Hora de recogida:10:47	Población: MADRID
Fecha de entrada:13/02/2017	Código Postal: 28009
Punto de muestreo:TUBERÍA GALERÍA CHAFARÍ - HARÍA	

NFORME DE ENSAYO: ANÁLISIS AGUA SUBTERRÁNEA

GUATICEA LANZAROTE S.L., inscrita en Registro Mercantil de Lanzarote - Tomo 456, Folio 84. CIF: B76.189.349

Parámetros - unidades	Método	I.T.E.	Resultado	Nivel permitido
Conductividad (uS/cm a 20°C)	Electrométrico	I.T.E. 013	1.685	
++pH (ud. pH)	Potenciométrico	I.T.E. 009	8,92	(6,50 - 9,50)
Calcio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	33,7	
Cloruros (mg/l)	Volumetría	I.T.E. 023	177,5	
Sodio (mg/l)	Electrodo selec	I.T.E 027	97,3	
Magnesio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	45,7	
Sulfatos (ug/L)	Sulfaver 4	LS.	96,00	
Carbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	<0,60	
Bicarbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	295,70	
Nitratos (mg/L)	Fotométrico	I.T.E. 021	10,50	(0,00 - 50,00)
Potasio (mg/L)	Fotométrico	LS.	7,00	
TDS (ppm)	Electrométrico	I.T.E. 013	1.080,00	

Valor máximo permitido según Real Decreto 1514/2009

Incertidumbre pH:0.1

LS= Laboratorio Subcontratado

Los resultados de este informe sólo afectan a la muestra analizada

**MONTELONGO
RODRIGUEZ
AMANDA DE LAS
NIEVES -**

Digitally signed by MONTELONGO
RODRIGUEZ AMANDA DE LAS NIEVES -
54064810K
CN=MONTELONGO RODRIGUEZ AMANDA
DE LAS NIEVES - 54064810K
O=ES
2.5.4.5=54064810K2.5.4.4=MONTELONGO
RODRIGUEZ
Date: 2017.02.22 11:54:59

Fdo. Amanda Montelongo
Responsable del laboratorio
Colegiada N°1035



LAQUALAB

Camino del Cabezo s/n
35572 Tías-Lanzarote
Tel./Fax: 928 524316



e-mail: infoqualab@gmail.com
Empresa certificada ISO 9001.ES16/19498

DATOS DE LA MUESTRA

Código muestra:1702117
Tipo de muestra:AGUAS SUBTERRÁNEAS
Fecha de recogida:13/02/2017
Hora de recogida:11:38
Fecha de entrada:13/02/2017
Punto de muestreo:POZO ÁNGEL GUERRA - HARÍA

DATOS DEL CLIENTE:

Peticionario:INCLAM, S.A.
Dirección:C/ SAMARIA, 4
Teléfono:
Población:MADRID
Código Postal:28009

NFORME DE ENSAYO: ANÁLISIS AGUA SUBTERRÁNEA

GUATICEA LANZAROTE S.L., inscrita en Registro Mercantil de Lanzarote - Tomo 456, Folio 84. CIF: B76.189.349

Parámetros - unidades	Método	I.T.E.	Resultado	Nivel permitido
Conductividad (uS/cm a 20°C)	Electrométrico	I.T.E. 013	4.210	
++pH (ud. pH)	Potenciométrico	I.T.E. 009	7,84	(6,50 - 9,50)
Calcio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	64,1	
Cloruros (mg/l)	Volumetría	I.T.E. 023	674,5	
Sodio (mg/l)	Electrodo selec	I.T.E. 027	287,0	
Magnesio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	78,7	
Sulfatos (ug/L)	Sulfaver 4	LS.	280,00	
Carbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	<0,60	
Bicarbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	1.004,10	
Nitratos (mg/L)	Fotométrico	I.T.E. 021	47,00	(0,00 - 50,00)
Potasio (mg/L)	Fotométrico	LS.	25,00	
TDS (ppm)	Electrométrico	I.T.E. 013	2.698,00	

Valor máximo permitido según Real Decreto 1514/2009
Incertidumbre pH:0.1
LS= Laboratorio Subcontratado
Los resultados de este informe sólo afectan a la muestra analizada

MONTELONGO RODRIGUEZ
AMANDA DE LAS NIEVES -
54064810K

Digitally signed by MONTELONGO RODRIGUEZ AMANDA DE LAS NIEVES - 54064810K
CN=MONTELONGO RODRIGUEZ AMANDA DE LAS NIEVES - 54064810K
C=ES
2.5.4.5=54064810K2.5.4.4=MONTELONGO RODRIGUEZ
Date: 2017.02.22 11:55:30

Fdo. Amanda Montelongo
Responsable del laboratorio
Colegiada N°1035



LAQUALAB

Camino del Cabezo s/n
35572 Tías-Lanzarote
Tel./Fax: 928 524316



e-mail: infoqualab@gmail.com
Empresa certificada ISO 9001.ES16/19498

DATOS DE LA MUESTRA

Código muestra:1702119
Tipo de muestra:AGUAS SUBTERRÁNEAS
Fecha de recogida:13/02/2017
Hora de recogida:12:00
Fecha de entrada:13/02/2017
Punto de muestreo:POZO LA CAÑADA - HARÍA

DATOS DEL CLIENTE:

Peticionario:INCLAM, S.A.
Dirección:C/ SAMARIA, 4
Teléfono:
Población:MADRID
Código Postal:28009

NFORME DE ENSAYO: ANÁLISIS AGUA SUBTERRÁNEA

Parámetros - unidades	Método	I.T.E.	Resultado	Nivel permitido
Conductividad (uS/cm a 20°C)	Electrométrico	I.T.E. 013	3.130	
++pH (ud. pH)	Potenciométrico	I.T.E. 009	8,43	(6,50 - 9,50)
Calcio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	22,4	
Cloruros (mg/l)	Volumetría	I.T.E. 023	479,3	
Sodio (mg/l)	Electrodo selec	I.T.E. 027	280,0	
Magnesio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	13,6	
Sulfatos (ug/L)	Sulfaver 4	LS.	155,00	
Carbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	<0,60	
Bicarbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	813,20	
Nitratos (mg/L)	Fotométrico	I.T.E. 021	8,10	(0,00 - 50,00)
Potasio (mg/L)	Fotométrico	LS.	11,00	
TDS (ppm)	Electrométrico	I.T.E. 013	2.006,00	

Valor máximo permitido según Real Decreto 1514/2009

Incertidumbre pH:0.1

LS= Laboratorio Subcontratado

Los resultados de este informe sólo afectan a la muestra analizada

MONTELONGO
RODRIGUEZ AMANDA DE
LAS NIEVES - 54064810K

Digitally signed by MONTELONGO RODRIGUEZ
AMANDA DE LAS NIEVES - 54064810K
CN=MONTELONGO RODRIGUEZ AMANDA DE LAS
NIEVES - 54064810K
O=ES
2.5.4.5=54064810K2.5.4.4=MONTELONGO RODRIGUEZ
Date: 2017.02.22 11:56:17

Fdo. Amanda Montelongo
Responsable del laboratorio
Colegiada N°1035



LAQUALAB

Camino del Cabezo s/n
35572 Tías-Lanzarote
Tel./Fax: 928 524316



e-mail: infoqualab@gmail.com
Empresa certificada ISO 9001.ES16/19498

DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DEL CLIENTE:

Código muestra:1702121	Peticionario: INCLAM, S.A.
Tipo de muestra:AGUAS SUBTERRÁNEAS	Dirección:C/ SAMARIA, 4
Fecha de recogida:13/02/2017	Teléfono:
Hora de recogida:12:40	Población: MADRID
Fecha de entrada:13/02/2017	Código Postal:28009
Punto de muestreo:POZO BARRANCO LA ELVIRA - HARÍA	

IFORME DE ENSAYO: ANÁLISIS AGUA SUBTERRÁNEA

GUATICEA LANZAROTE S.L., inscrita en Registro Mercantil de Lanzarote - Tomo 456, Folio 84. CIF: B76.189.349

Parámetros - unidades	Método	I.T.E.	Resultado	Nivel permitido
Conductividad (uS/cm a 20°C)	Electrométrico	I.T.E. 013	1,077	
++pH (ud. pH)	Potenciométrico	I.T.E. 009	8,45	(6,50 - 9,50)
Calcio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	13,6	
Cloruros (mg/l)	Volumetría	I.T.E. 023	113,6	
Sodio (mg/l)	Electrodo selec	I.T.E. 027	58,2	
Magnesio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	18,5	
Sulfatos (ug/L)	Sulfaver 4	LS.	42,00	
Carbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	<0,60	
Bicarbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	357,30	
Nitratos (mg/L)	Fotométrico	I.T.E. 021	23,80	(0,00 - 50,00)
Potasio (mg/L)	Fotométrico	LS.	13,00	
TDS (ppm)	Electrométrico	I.T.E. 013	690,00	

Valor máximo permitido según Real Decreto 1514/2009

Incertidumbre pH:0.1

LS= Laboratorio Subcontratado

Los resultados de este informe sólo afectan a la muestra analizada

MONTELONGO
RODRIGUEZ AMANDA DE
LAS NIEVES - 54064810K

Digitally signed by MONTELONGO RODRIGUEZ AMANDA DE LAS NIEVES - 54064810K
CN=MONTELONGO RODRIGUEZ AMANDA DE LAS NIEVES - 54064810K
C=ES
2.5.4.5=54064810K2.5.4.4=MONTELONGO RODRIGUEZ

Fdo. Amanda Montelongo
Responsable del laboratorio
Colegiada N°1035



LAQUALAB

Camino del Cabezo s/n
35572 Tías-Lanzarote
Tel./Fax: 928 524316



e-mail: infoqualab@gmail.com
Empresa certificada ISO 9001.ES16/19498

DATOS DE LA MUESTRA

Código muestra:1702123
Tipo de muestra:AGUAS SUBTERRÁNEAS
Fecha de recogida:13/02/2017
Hora de recogida:13:24
Fecha de entrada:13/02/2017
Punto de muestreo:JAMEOS DEL AGUA - HARÍA

DATOS DEL CLIENTE:

Peticionario:INCLAM, S.A.
Dirección:C/ SAMARIA, A
Teléfono:
Población:MADRID
Código Postal:28009

NFORME DE ENSAYO: ANÁLISIS AGUA SUBTERRÁNEA

GUATICEA LANZAROTE S.L., inscrita en Registro Mercantil de Lanzarote - Tomo 456, Folio 84. CIF: B76.189.349

Parámetros - unidades	Método	I.T.E.	Resultado	Nivel permitido
Conductividad (uS/cm a 20°C)	Electrométrico	I.T.E. 013	49.800	
++pH (ud. pH)	Potenciométrico	I.T.E. 009	7,50	(6,50 - 9,50)
Calcio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	641,2	
Cloruros (mg/l)	Volumetría	I.T.E. 023	15.975,0	
Sodio (mg/l)	Electrodo selec	I.T.E 027	9.400,0	
Magnesio (mg/l)	Fotométrico	I.T.E. 011	1.166,6	
Sulfatos (ug/L)	Sulfaver 4	L.S.	2.350,00	
Carbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	<0,60	
Bicarbonatos (mg/L)	Volumetría	LS	141,70	
Nitratos (mg/L)	Fotométrico	I.T.E. 021	6,00	(0,00 - 50,00)
Potasio (mg/L)	Fotométrico	L.S.	450,00	
TDS (ppm)	Electrométrico	I.T.E. 013	31.923,00	

Valor máximo permitido según Real Decreto 1514/2009

Incertidumbre pH:0.1

LS= Laboratorio Subcontratado

Los resultados de este informe sólo afectan a la muestra analizada

MONTELONGO
RODRIGUEZ AMANDA
DE LAS NIEVES -
54064810K

Digitally signed by MONTELONGO RODRIGUEZ
AMANDA DE LAS NIEVES - 54064810K
CN=MONTELONGO RODRIGUEZ AMANDA DE
LAS NIEVES - 54064810K
C=ES
2.5.4.5=54064810K2.5.4.4=MONTELONGO
RODRIGUEZ
Date: 2017.02.22 11:57:30

Fdo. Amanda Montelongo
Responsable del laboratorio
Colegiada N°1035

DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE



ANEXO Nº 4 ESTUDIO CLIMÁTICO Y BALANCE HÍDRICO



[CIAL]

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVENIDA FRED OLSEN, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL.: 928.59.85.80 - FAX: 928.81.79.88 - www.agualanzarote.com

IC INCLAM
Ingeniería del Agua

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVO	1
3. ÁMBITO DE ESTUDIO	1
4. ENFOQUE METODOLÓGICO	3
5. ESTUDIO CLIMÁTICO	6
5.1. Estudio pluviométrico.....	6
5.2. Estudio de la Evapotranspiración potencial.....	18
6. BALANCE HÍDRICO EN LAS CUENCAS PILOTO.....	21
6.1. Datos climáticos y foronómicos	21
6.2. Caracterización de las cuencas PILOTO.....	23
6.3. Simulación.....	27
7. RECARGA DE AGUA EN LOS ACUÍFEROS.....	33
8. BIBLIOGRAFÍA.....	36

1. INTRODUCCIÓN

En cualquier región, la evaluación de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, es un aspecto fundamental para la planificación y gestión de los mismos. Esta premisa se vuelve esencial en zonas semi-desérticas como Lanzarote.

La Demarcación Hidrográfica de Lanzarote comprende la isla de Lanzarote y el grupo de islas e islotes que reciben el nombre de Archipiélago Chinijo (La Graciosa, Alegranza, Montaña Clara, Roque del Este y Roque del Oeste), así como las aguas de transición y costeras asociadas a la misma.

El clima de la isla de Lanzarote puede considerarse de **tipo desértico** (subtipo BW, árido). Su bajo relieve -670 m, en el Macizo de Famara- y su proximidad al continente africano -125 km-, hacen que sea una de las más áridas del Archipiélago Canario.

La pluviometría media anual próxima a 150 mm, es escasa y de carácter torrencial, concentrándose entre los meses de noviembre y marzo.

Los vientos predominantes son de norte y noroeste, con velocidades medias mensuales de 20 a 40 km/hora.

El promedio de humedad relativa es del 70%, aún con el predominio de vientos muy secos del Sahara, con polvo en suspensión y descenso de la humedad relativa al 35%.

La combinación de temperaturas relativamente altas todo el año, escasez de precipitaciones, junto presencia casi constante del viento -que acelera notablemente la evapotranspiración- y el elevado número de días de sol que se registran al año, explican la acusada aridez ambiental y edáfica que soporta la isla.

La evaporación libre es del orden de 960 mm/año (López Arozarena, 2009), siendo inferior en las partes más altas de la isla y en la zona septentrional, y superior en las regiones meridionales.

2. OBJETIVO

El objetivo final de este estudio es el balance hídrico mediante la obtención de las **series de precipitación media mensual representativa**, la información disponible del medio físico (geología, usos del suelo, etc.) y otros parámetros climáticos como la temperatura y los días de lluvia al mes, y realizar con ello la **estimación de la recarga de las masas de agua subterránea propuestas** en la isla. Dichas masas están localizadas en la zona del Macizo de Famara (norte) y el entorno de Los Ajaches, Macizo de Femés (sur), en la isla de Lanzarote.

3. ÁMBITO DE ESTUDIO

Lanzarote es la menos montañosa de las islas Canarias, hay zonas con relieve abrupto, con pendientes superiores al 60%, tanto en el norte (Macizo de Famara -cota máxima 670 m-) como en el sur (Macizo de Femés -cota máxima 589 m-). Las zonas de llanura se localizan a escasa cota; una, alrededor de la capital, Arrecife, que se une con otra más grande en Soo, y una tercera denominada Los Llanos del Rubicón, situada en la parte meridional de la isla.

La superficie de la isla de **Lanzarote** es de 862 km², mientras que el islote de La Graciosa tiene una extensión de 27 km².

La realización del presente estudio climático y balance hídrico se centra en el territorio de la isla de Lanzarote que comprende las zonas de los posibles acuíferos delimitados en el Macizo de Famara y el entorno de Los Ajaches, no determinándose ningún acuífero en el islote de La Graciosa.

Por tanto, teniendo en cuenta las características geológicas de la isla se han definido dos grandes acuíferos: Acuífero Mio-Plioceno de Famara (norte de la isla –coladas basálticas y basálticas olivínicas) y Acuífero Mioceno de Los Ajaches (sur de la isla –coladas basálticas). Estos están separados por terrenos que sólo contienen agua de forma transitoria en los suelos que recubren los materiales volcánicos.

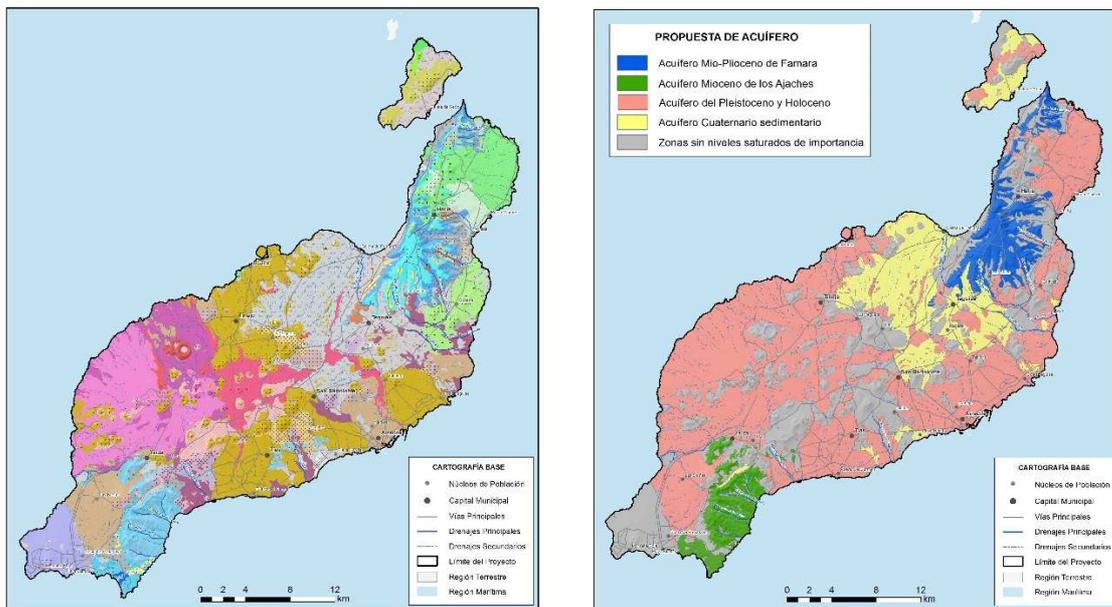


Figura 1. Imágenes de la geología de la isla (izquierda) y la propuesta de la delimitación de los acuíferos (derecha)

Ambos acuíferos constituidos básicamente por basaltos antiguos, ocupan una extensión aproximada de 86 km². El Acuífero Mio-Plioceno de Famara (aproximadamente 50 km²) se considera como la mayor reserva hidrogeológica de la isla.

La red de drenaje es incipiente o no existente, a excepción de la zona de los macizos principales – pendientes superiores al 60%-, y varios barrancos que llegan al mar.

Los usos de suelo predominantes en la zona de estudio se corresponden con espacios abiertos de escasa vegetación, y pequeñas extensiones de terrenos agrícolas de secano.

La vegetación natural es escasa, con especies características de áreas desérticas. Prácticamente no hay árboles, exceptuando las palmeras en los alrededores de Haría y las higueras de poca altura.

4. ENFOQUE METODOLÓGICO

Para realizar el balance hídrico de las zonas delimitadas en la propuesta de los acuíferos en la isla de Lanzarote, se ha partido del análisis de los datos climáticos registrados en las distintas estaciones pluviométricas activas distribuidas en la isla.

El Consejo Insular de Aguas de Lanzarote tiene instalados un total de **39 pluviómetros activos** (de las 62 estaciones pluviométricas totales –activas e inactivas-), cuyos registros cubren el periodo desde enero de 1950 a junio de 2016.

A su vez se han incorporado los datos medidos de lluvia, evapotranspiración y temperatura en las estaciones de la Agencia Española de Meteorología (AEMET), correspondientes a la estación localizada en el aeropuerto (Código C0290) y en el islote de La Graciosa (Código C839I).

A partir de las series de precipitación de las estaciones disponibles, en año natural de enero a diciembre, se ha realizado un análisis de la consistencia de los datos y posteriormente un completado. Para ello se ha utilizado la **aplicación CHAC** (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas).

El CHAC es el programa informático desarrollado por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) para la estimación de recursos hídricos mediante modelos precipitación-aportación. La aplicación utilizada corresponde a la versión 5.06 beta 1 (2013).



Figura 2. Pantalla de inicio del programa CHAC versión 5.06 beta 1 (CEDEX, 2013)

La metodología empleada para la evaluación de los recursos hídricos en la zona de estudio sigue el modelo de Témez. Dicho modelo matemático de precipitación-escorrentía es agregado, determinístico, continuo y de paso mensual.

Las entradas al modelo son los datos de precipitación y evapotranspiración potencial obtenidas a partir de los datos de temperaturas mensuales registrados en las estaciones. Para este estudio se carece de datos de aforos o caudales históricos observados, tan sólo se dispone de los datos estimados recogidos en el Plan Hidrológico de la Isla de Lanzarote (PHIL, 2001) sobre el volumen anual infiltrado de 3,47 hm³/año, y el volumen anual extraído de 0,2 hm³/año.

El **modelo de Témez** (Témez, 1977) es un modelo de pocos parámetros (capacidad máxima de almacenamiento de humedad en el suelo $-H_{max}$, capacidad máxima de infiltración $-I_{max}$, coeficiente de excedente $-C$ y coeficiente de descarga del acuífero $-alfa-$) con una larga trayectoria de aplicación para la evaluación de recursos hídricos en España. Dichos condicionantes hacen que sea un modelo especialmente adecuado en cuencas pequeñas con un número reducido de datos.

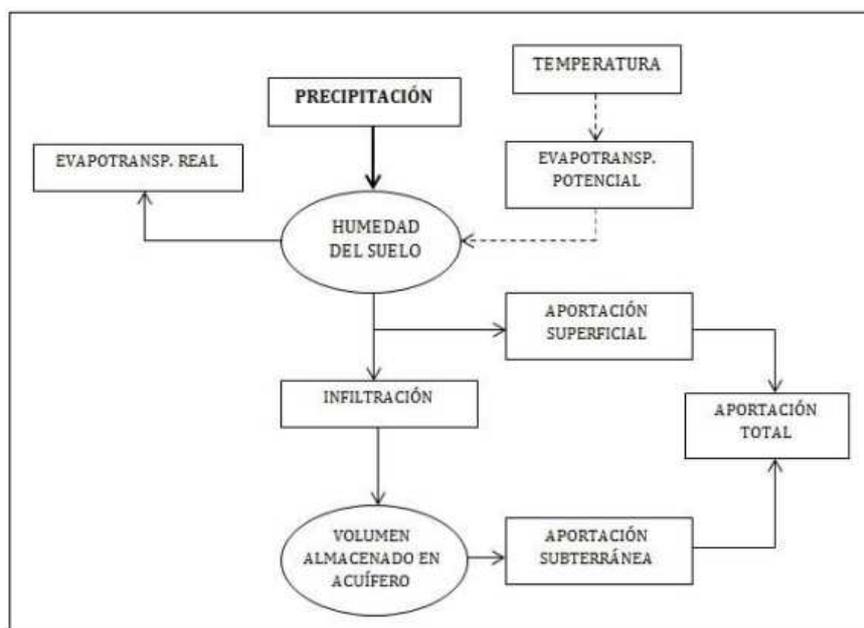


Figura 3. Esquema conceptual de la simulación del ciclo hidrológico del modelo de Témez. Fuente: Paredes Arquiola *et al.*, 2014

El modelo realiza una valoración agregada en cuenca puesto que no considera la distribución espacial de las variables y parámetros que intervienen en los cálculos, siendo sustituidas por un valor medio. Por tanto su aplicación se limita a cuencas pequeñas o de tamaño intermedio donde existe una cierta homogeneidad climática, edafológica y geológica (Murillo y Navarro, 2011). Se opera realizando balances de humedad entre los distintos procesos de transporte de agua que tienen lugar en el sistema hidrológico durante las diferentes fases del ciclo hidrológico.

El modelo de Témez considera el terreno dividido en dos zonas:

- Una zona superior, no saturada, en cuyos poros coexisten agua y aire, y su contenido de agua es asimilable a la humedad del suelo.
- Una zona inferior o acuífero que se encuentra saturada y funciona como almacenamiento subterráneos que desagua a la red de drenaje superficial.

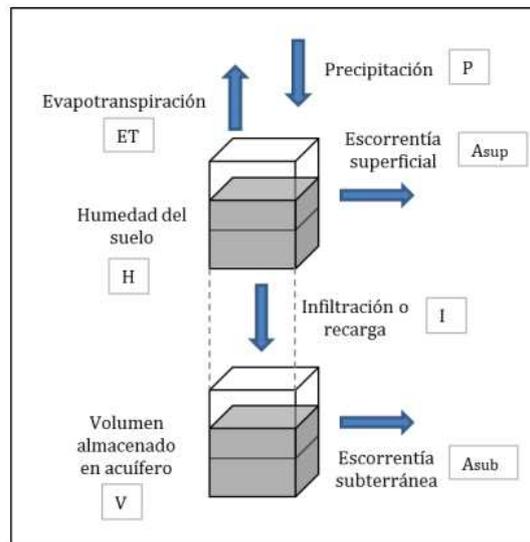


Figura 4. Esquema de flujos y almacenamiento del modelo de Témez. Fuente: Paredes Arquiola *et al.*, 2014

En el modelo de Témez, el agua procedente de la precipitación (P) se distribuye en:

- El excedente (T). A su vez se descompone en un **flujo de infiltración** al acuífero desde la zona superior del suelo (I_t infiltración), y en un flujo que discurre superficialmente (A_{sup} aportación superficial). El flujo superficial se evacua a través del cauce dentro del período de simulación, en el caso actual de este estudio se considera despreciable. Parte del agua almacenada en la zona inferior o acuífero se desagua como aportación subterránea (A_{subt}) y otra parte se almacena en el subterráneo.
- La **evapotranspiración real** (E_t) de una parte o de toda la humedad almacenada en la zona superior del suelo (H_t).
- La **humedad del suelo** (H_t) se almacena en la zona superior del suelo, cuyo límite es la capacidad máxima de almacenamiento hídrico (H_{max}).

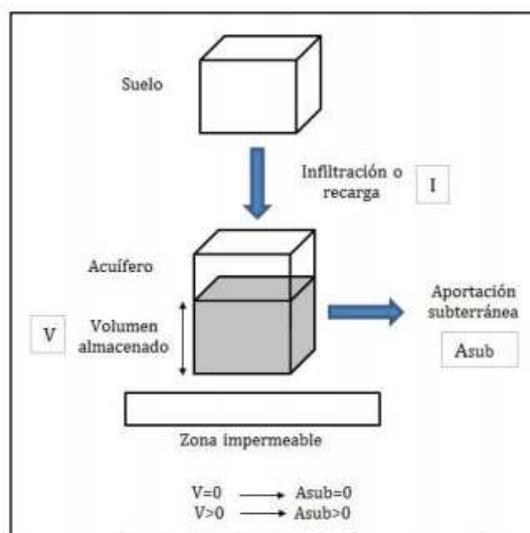


Figura 5. Producción de escorrentía subterránea. Fuente: Paredes Arquiola *et al.*, 2014

Una vez realizado el balance, se obtienen las series de caudales superficiales, y sobre todo la infiltración y/o el volumen estimado de la recarga del acuífero.

5. ESTUDIO CLIMÁTICO

5.1. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

5.1.1. Series de precipitación. Obtención de datos pluviométricos

5.1.1.1. Análisis preliminar

El objetivo del estudio climático es la obtención de la precipitación areal en el ámbito de interés. Para ello, partiendo del modelo digital del terreno –MDT de 5 m de tamaño de celda- se ha realizado el cuenqueo y generado la red de drenaje asociada a escala 1:1.000 para todo el territorio de la isla de Lanzarote.

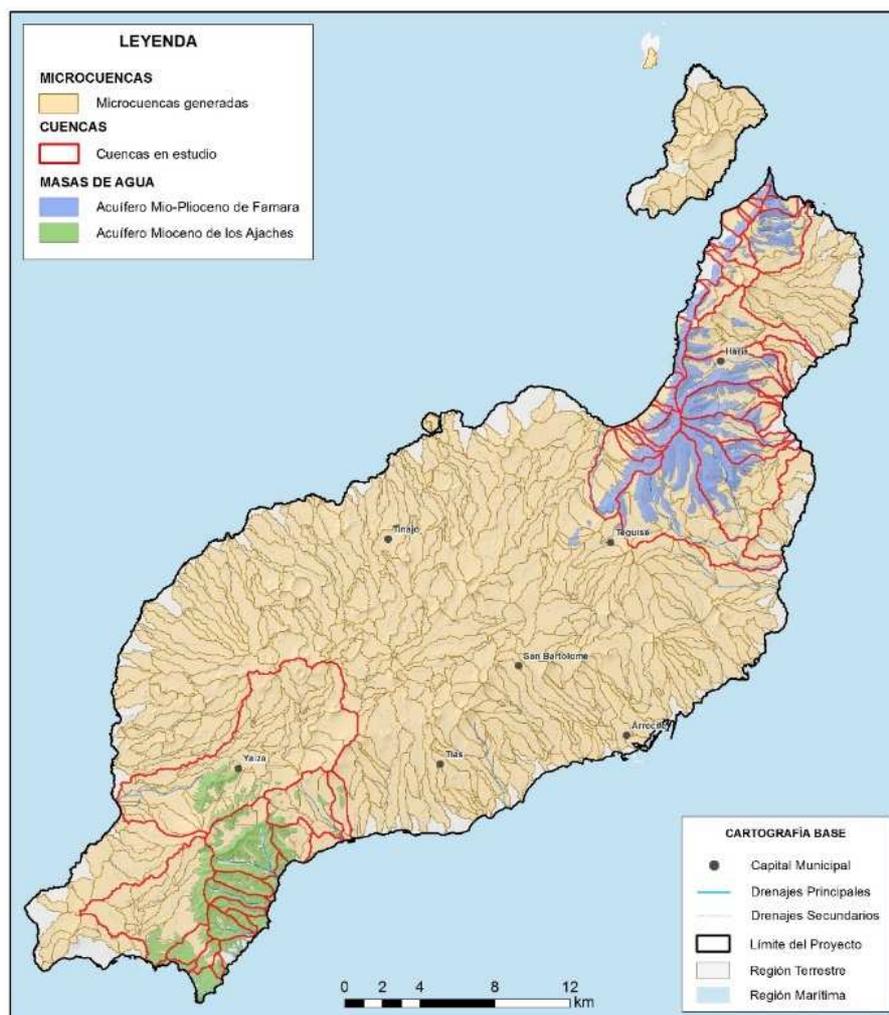


Figura 6. Cuenqueo de la isla de Lanzarote y cuencas principales en los acuíferos propuestos

La isla se ha subdividido en 681 subcuencas y de ellas se han seleccionado 48 cuencas principales vertientes que integran la totalidad de la extensión de los dos acuíferos delimitados en el Macizo de Famara (norte) y en el entorno de Los Ajaches (sur). Dichas 48 cuencas vertientes ocupan una superficie de 244,4 km², frente a una extensión de 86 km² determinada para los acuíferos, distribuidos en 50 km² del acuífero de Famara, en el norte de la isla, y 36 km² del acuífero sur, en el entorno de Los Ajaches.

A continuación se muestran los datos correspondientes a los estadísticos de todas las estaciones pluviométricas existentes, activas e inactivas, en la isla de Lanzarote y La Graciosa:

Estación	Años totales	Completo	Altitud (msnm)	Precip. Media (mm)	CV (Coef. Varianza)	CS (Coef. Sesgo)
035L	67	32	263,1	184,6	0,400	2,078
001L	67	61	74,1	95,3	0,572	0,716
003L	67	62	27,7	118,6	0,471	1,246
005L	67	61	280,9	195,7	0,400	0,929
034L	67	37	17,1	104,1	0,550	1,052
036L	67	38	5,7	101,4	0,453	1,044
049L	67	18	106,8	111,2	0,350	0,982
006L	67	59	184,6	159,1	0,386	1,204
007L	67	59	337,8	165,7	0,462	1,523
008L	67	59	95,8	136,2	0,443	1,180
040L	67	42	53,6	139,9	0,480	1,393
013L	67	52	270,6	168,6	0,411	1,464
012	67	59	43,5	162,3	0,399	1,039
014L	67	41	357,2	183,1	0,359	1,234
025L	67	54	26,5	113,7	0,493	1,469
028L	67	51	213,9	158,2	0,425	1,458
009L	67	54	110,7	125,5	0,487	1,747
015L	67	42	365,3	189,6	0,385	1,657
029L	67	56	171,5	148,2	0,402	1,555
030L	67	56	132,4	103,8	0,426	1,210
032L	67	37	179,1	135,3	0,464	1,330
041L	67	38	278,4	152,4	0,428	0,988
044L	67	36	111,3	127,8	0,510	1,298
010L	67	53	224,2	144,2	0,487	1,670
016L	67	46	3,3	96,5	0,494	1,183
020L	67	50	556,8	233,8	0,338	0,185
024L	67	52	214,9	134,7	0,432	1,348
026L	67	55	151,1	118,7	0,441	1,128
031L	67	49	8,4	87,0	0,502	0,660
037L	67	39	28,7	127,5	0,417	0,755

Estación	Años totales	Completos	Altitud (msnm)	Precip. Media (mm)	CV (Coef. Varianza)	CS (Coef. Sesgo)
038L	67	40	297,9	165,6	0,442	1,443
042L	67	35	2,7	109,5	0,448	1,447
043L	67	42	55,7	145,8	0,404	1,274
045L	67	31	167,2	147,1	0,449	1,838
046L	67	15	236,1	163,8	0,463	0,164
048L	67	22	6,8	160,2	0,521	1,833
047L	67	20	370,6	204,1	0,475	1,608
002L	67	56	7,9	86,8	0,588	2,075
011L	67	47	20,9	158,0	0,445	1,097
032A	67	19	-	94,1	0,655	2,187
027L	67	43	-	162,6	0,410	0,720
019	67	48	113,3	132,1	0,490	1,655
021L	67	54	225,9	177,1	0,465	1,407
039L	67	26	-	167,5	0,493	1,804
017L	67	38	-	152,9	0,437	2,301
018L	67	15	-	114,2	0,370	0,077
02A	67	17	-	87,5	0,546	0,687
004L	67	28	-	67,1	1,006	1,059
023L	67	28	-	121,3	0,332	-0,265
022L	67	16	-	92,5	0,448	-0,178
033L	67	34	-	103,3	0,508	1,009
C0290	45	44	9,2	107,2	0,482	1,491

Tabla 1. Datos estadísticos disponibles para las estaciones pluviométricas en Lanzarote

Los estadísticos muestran estaciones con coeficientes de variación superiores a uno, indicativo de series con valores torrenciales, y coeficientes de sesgo menores que cero. Las estaciones 004L, 022L y 023L, no serán utilizadas por inconsistencia de datos.

Las series pluviométricas son variables en cuanto a su periodo de lectura, registrándose meses con *no dato*, por tanto, el proceso de completado de datos es necesario una vez establecido el periodo concreto de estudio, puesto que la aplicación trabaja en continuo.

Se ha partido de series de precipitación diaria, que se han acumulado para obtener los valores mensuales, procediendo posteriormente al análisis de la consistencia y relleno de los datos.

La siguiente imagen muestra las estaciones existentes georreferenciadas y las seleccionadas por su influencia en el estudio de las cuencas. Según el Consejo Insular de Aguas de Lanzarote (CIAL), existen 39 estaciones activas, a las que se han incorporado las 2 estaciones AEMET. Con ello se dispone de información pluviométrica para el periodo comprendido entre enero de 1950 y junio de 2016.

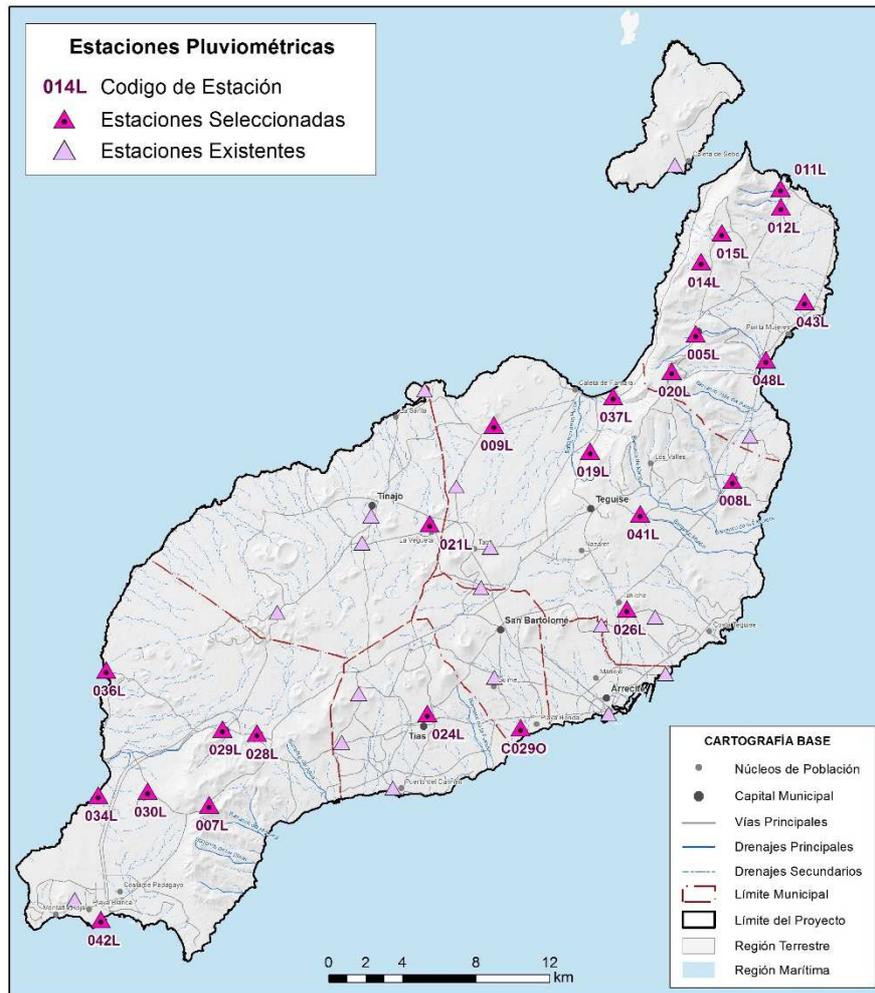
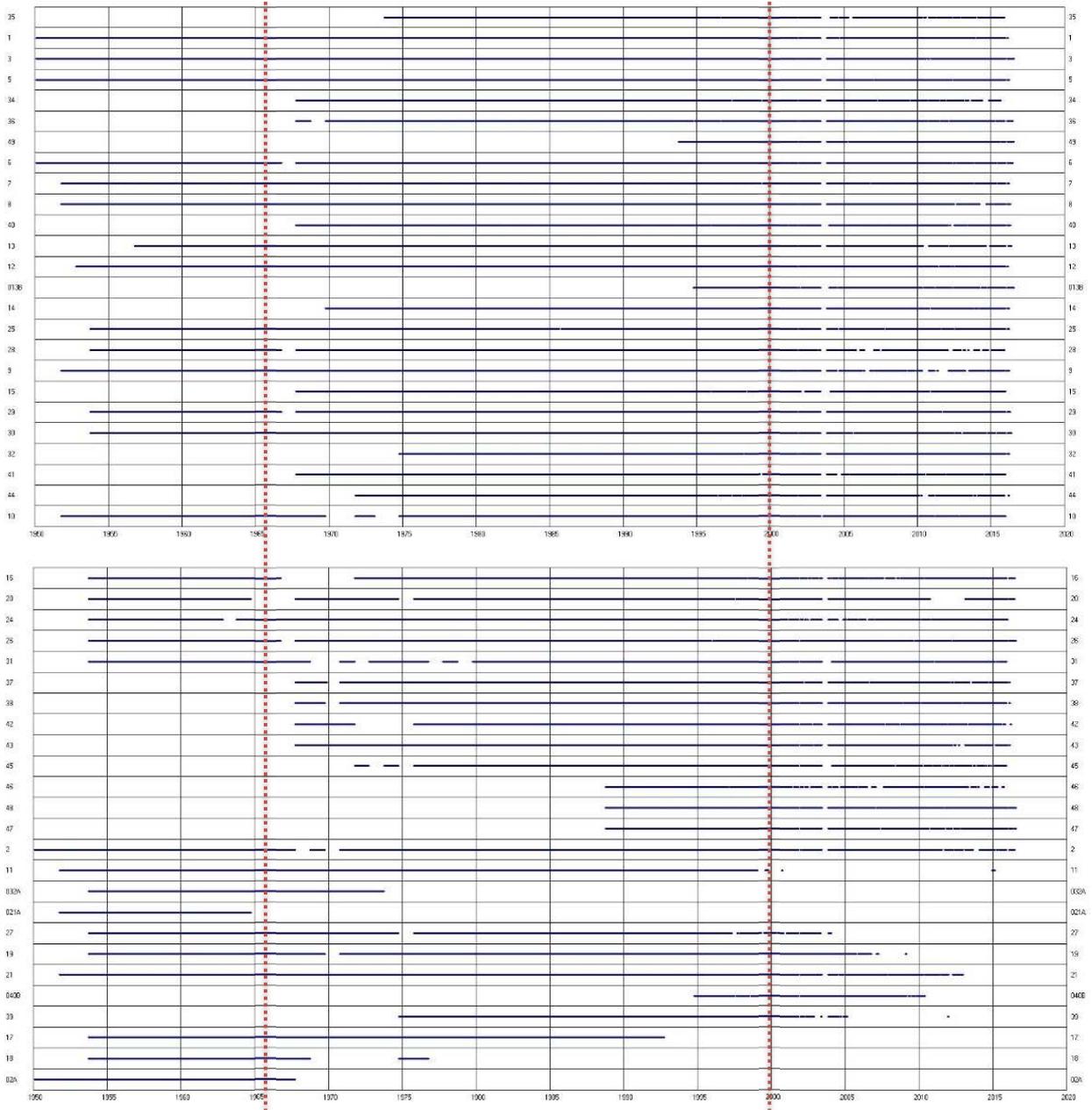


Figura 7. Localización de las estaciones pluviométricas

La posición geográfica de las estaciones pluviométricas permite comprobar la relación de la altitud con un mayor valor de precipitaciones medias anuales.

A continuación se muestra el **cronograma** resultante:



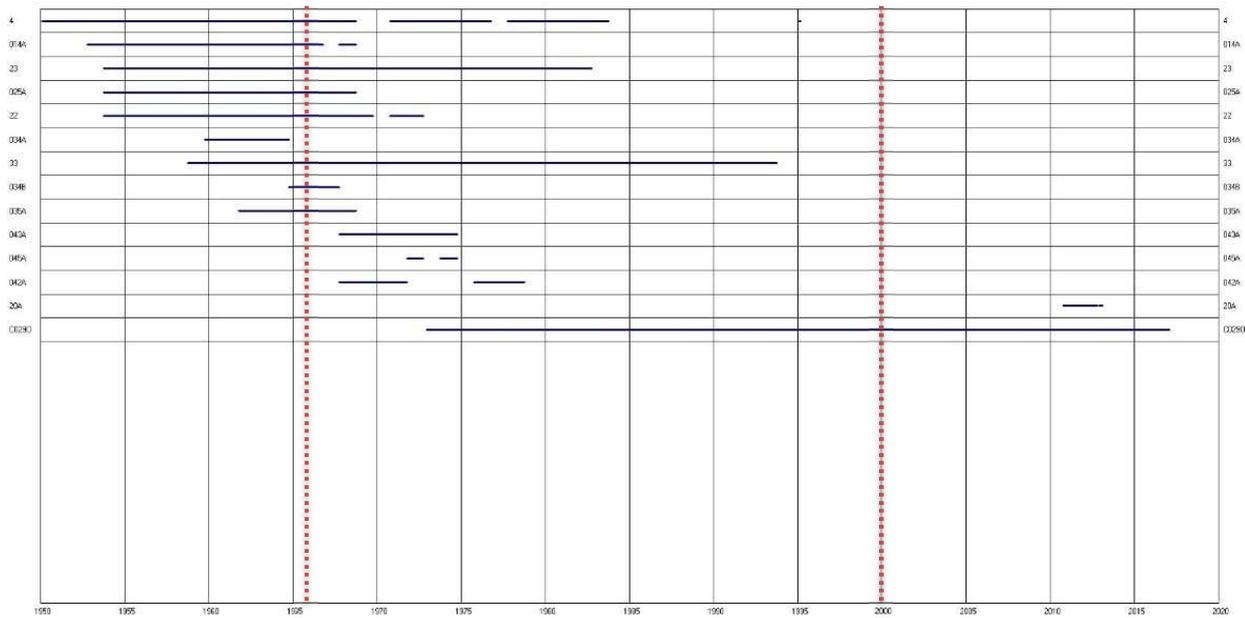


Figura 8. Cronograma de las series de precipitaciones originales en las estaciones disponibles (1950-2016). Fuente: CHAC

Se ha establecido el periodo de 35 años, comprendido entre enero de 1966 y diciembre del año 2000 (año natural), como periodo a completar. Los últimos 15 años registrados, desde el año 2001 al año 2016, existen huecos de forma generalizada, donde ninguna de las estaciones de la isla registró dato, por tanto no se ha podido realizar el completado en dicho periodo. Así se decidió el periodo 1966-2000 como el más idóneo para un primer análisis de la hidrología de la isla.

5.1.1.2. Elección de series y completado

De todas las series disponibles se van a emplear aquellas que se encuentran en el ámbito de las 48 cuencas seleccionadas, e incorporando algunas estaciones de recubrimiento.

Para determinar los grupos de estaciones pluviométricas con características semejantes, se han tenido en cuenta los siguientes requisitos:

1. Estaciones georreferenciadas, identificadas con código, altitud, cantidad de datos originales y valor medio mensual de precipitación
2. Se han descartado aquellas estaciones que cuyas series de datos totales fueran inferiores a 15 años completos
3. Número mínimo de estaciones por cada grupo. Al menos 3
4. Zonificación entre las estaciones. Es decir, se han establecido 3 grupos de estaciones, por proximidad a las zonas delimitadas como acuífero localizadas en el norte, centro y sur de la isla

De las 39 estaciones, 18 cumplen estos requisitos.

Para poder completar las series es necesario que los datos sean consistentes entre ellos, y para ello, se procede a un análisis de dobles masas que ayudará a la formación de grupos de estaciones.

A través de la **aplicación CHAC**, utilizando el método de las dobles acumulaciones o dobles masas, se establecen los grupos de estaciones.

El método de las dobles masas en CHAC permite conocer el número de estaciones semejantes disponibles en base a distintos parámetros como altitud, situación geográfica y vertiente, y así agrupar las estaciones correlacionadas para proceder al completado de datos mediante una correlación múltiple garantizando así la homogeneidad de los valores en un mismo periodo de estudio.

Se ha realizado el análisis de dobles masas entre las 18 estaciones seleccionadas para comprobar la correlación entre los pares de estaciones, como se muestra en la figura adjunta.

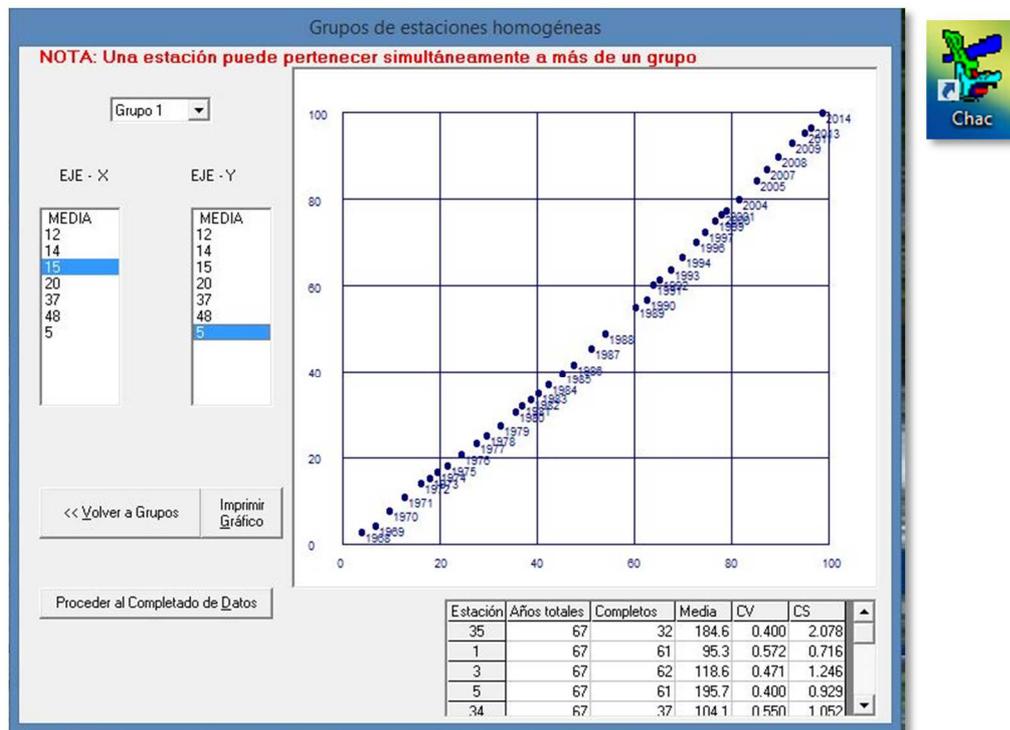


Figura 9. Ejemplo de las dobles masas entre las estaciones del grupo 1 (zona norte, arriba). Fuente: INCLAM

Es importante tener en cuenta que algunas de las estaciones no estaban georreferenciadas, pero se ha requerido de su utilización para el completado de datos debido a que disponían de series completas durante todo el periodo seleccionado. Estas estaciones son:

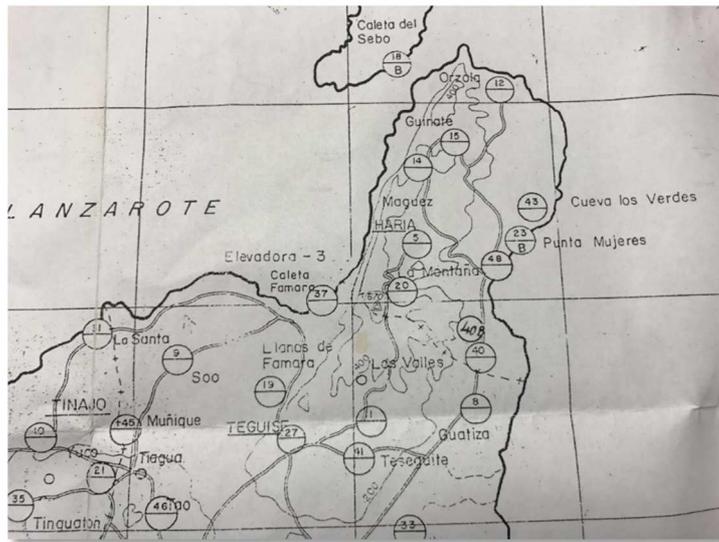


Figura 10. Imagen del mapa de localización de antiguas estaciones pluviométricas en la isla de Lanzarote. Fuente: CIAL

Los grupos finalmente identificados son los siguientes:

Grupo 1 - NORTE	GRUPO 2 - CENTRO	Grupo 3 - SUR
005L	041L	034L
012	024L	007L
014L	026L	028L
015L	019	029L
020L	021L	030L
037L	C029O	
048L		

Tabla 2. Distribución de los 3 grupos de estaciones pluviométricas

El completado de datos es necesario, puesto que el modelo matemático de evaluación de recursos hídricos utilizado es de simulación continua, por tanto, se ha conocer el valor de la variable en todo el periodo de trabajo.

Para el completado se ha empleado la correlación múltiple:

- Estacionarización de las series de datos de precipitación
- Establecimiento de la ecuación de regresión
- Proceso de completado
- Desestacionarización de las series de datos

El proceso de estacionarización de las series de datos de precipitación tiene por objeto que los datos sigan una distribución normal, y homogeneizar los datos eliminando los componentes de tendencia así como los componentes cíclicos. Así la ecuación de regresión de cada par de estaciones permite correlacionar estaciones que se necesitan completar, seleccionando la pareja de estaciones que asegure el mejor completado. El criterio seguido en la selección del par de estaciones se establece a través de una matriz de priorización. Dicha matriz se conforma en base a los coeficientes de correlación múltiple y el número de datos comunes entre la pareja elegida y la estación que se quiere completar. Por último se procede a la desestacionarización mediante la transformación, que devuelve la serie original completada.

Para que el proceso de completado se realizara en los 35 años, se ha introducido un exponente de priorización de valor 0,1, y como umbral de priorización el valor de 0,75.

Estación	Años totales	Altitud (msnm)	Media (mm)	CV (Coef. Varianza)	CS (Coef. Sesgo)
005L	35	280,9	185,7	0,423	1,416
034L	35	17,1	104,8	0,548	1,060
007L	35	337,8	166,1	0,511	1,694
012	35	43,5	157,5	0,415	1,361
014L	35	357,2	179,6	0,373	1,161
028L	35	213,9	158,0	0,488	1,476
015L	35	365,3	190,1	0,397	1,838
029L	35	171,6	156,5	0,430	1,563
030L	35	132,4	107,4	0,476	1,185
041L	35	278,4	150,7	0,454	0,934
020L	35	556,8	226,8	0,336	0,345
024L	35	215,0	136,9	0,446	1,743
026L	35	151,1	111,5	0,507	1,474
037L	35	28,8	120,4	0,437	0,563
048L	35	6,8	153,6	0,462	1,837
019	35	113,3	132,0	0,536	1,714
021L	35	225,9	173,6	0,521	1,371
C0290	35	9,2	106,8	0,483	1,755

Tabla 3. Valores de precipitación media anual para el periodo comprendido entre 01/1966-12/2000

Finalizado el completado de datos, se ha obtenido una serie de registros continua en cada una de las estaciones determinadas en el periodo establecido, entre enero de 1966 y diciembre del año 2000 (periodo con los mejores datos, puesto que no se he podido completar con el periodo más reciente).

Destacar los valores anuales máximos, son en la zona norte, la estación 020L (226,8 mm; cota 557 m), en el centro de la isla, la estación 021L (173,6 mm; cota 226 m) y 007L en el sur (166,1 mm; cota 338 m).

A continuación, se muestra la serie de precipitación anual en la estación 041L para todo el periodo de trabajo, y el análisis de la media móvil de 5 años para evaluar las tendencias de precipitación que caracterizan el régimen de lluvia en la zona.

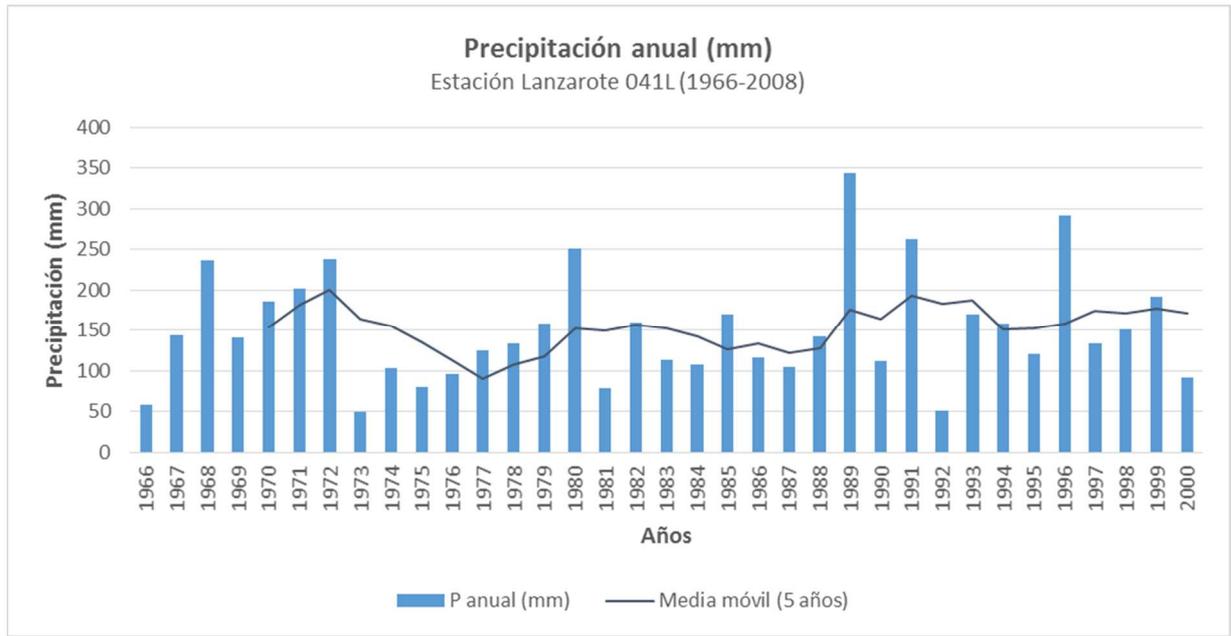


Figura 11. Precipitación anual para el periodo 1966-2000. Estación Aeropuerto de Lanzarote (C0290). AEMET

Existe una tendencia cada vez más irregular en los valores de precipitación media anual. Destaca el dato punta del año 1989 (muy superior a 200 mm), cuando la media anual en el periodo es próxima a 150 mm.

5.1.2. Cálculo de las series de precipitación areal

Una vez obtenidas las series de datos de precipitación completadas en las estaciones seleccionadas para el periodo de estudio 1966-2000, se ha de calcular la **distribución espacial de la precipitación o precipitación areal** en las cuencas objetivo, 48 en el caso de estudio. Para ello se procederá al tratamiento georreferenciado de los valores de precipitación utilizando la herramienta informática **ArcGIS** (versión 10.1), siguiendo el Método de Thiessen Modificado.

Existen diversas opciones para asignar los valores medios puntualmente en las estaciones a las áreas de las cuencas. En este caso se ha establecido una correlación entre las variables climáticas y la altura. De esta forma a cada cuenca se le asigna la distribución de la serie de una estación en función de la altitud. Con los valores medios anuales de las variables medidas en cada estación se han interpolado resultados al conjunto de la cuenca empleando para ello los métodos habituales (kriging) en función de cuál de ellos permite obtener resultados más adecuados teniendo en cuenta la topografía de la propia cuenca.

Dichas estaciones cuentan con toda la información geográfica necesaria (georreferenciada) en la zona de estudio sirviendo con ello de base para la creación, por un lado, de un mapa de isoyetas a través de una interpolación geoestadística –kriging- entre los valores de sus precipitaciones medias anuales, y por otro, a la generación de los polígonos de Thiessen.

La finalidad del tratamiento de los datos georreferenciados es la obtención de un coeficiente corrector (coeficiente de Thiessen modificado) que asigna distintos pesos a las estaciones pluviométricas basándose en la posición relativa de cada estación respecto a un área de influencia. Esto se consigue combinando los polígonos de Thiessen de la cuenca con el mapa de isoyetas generado.

a) Polígonos Thiessen

El método de Thiessen se basa en ponderar las precipitaciones de cada estación en función del área de influencia (distancia entre estaciones) mediante métodos geoestadísticos. La desventaja de este método (Thiessen) es que no tiene en cuenta las influencias de la orografía en la lluvia.

Para la determinación de las zonas de influencia de las estaciones seleccionadas, se unen las estaciones de tres en tres trazando mediatrices de los triángulos y uniéndolas convenientemente se forman los polígonos. Dichos polígonos están limitados exteriormente por los límites de las cuencas, cuyas superficies se corresponden a las zonas de influencia de cada estación.

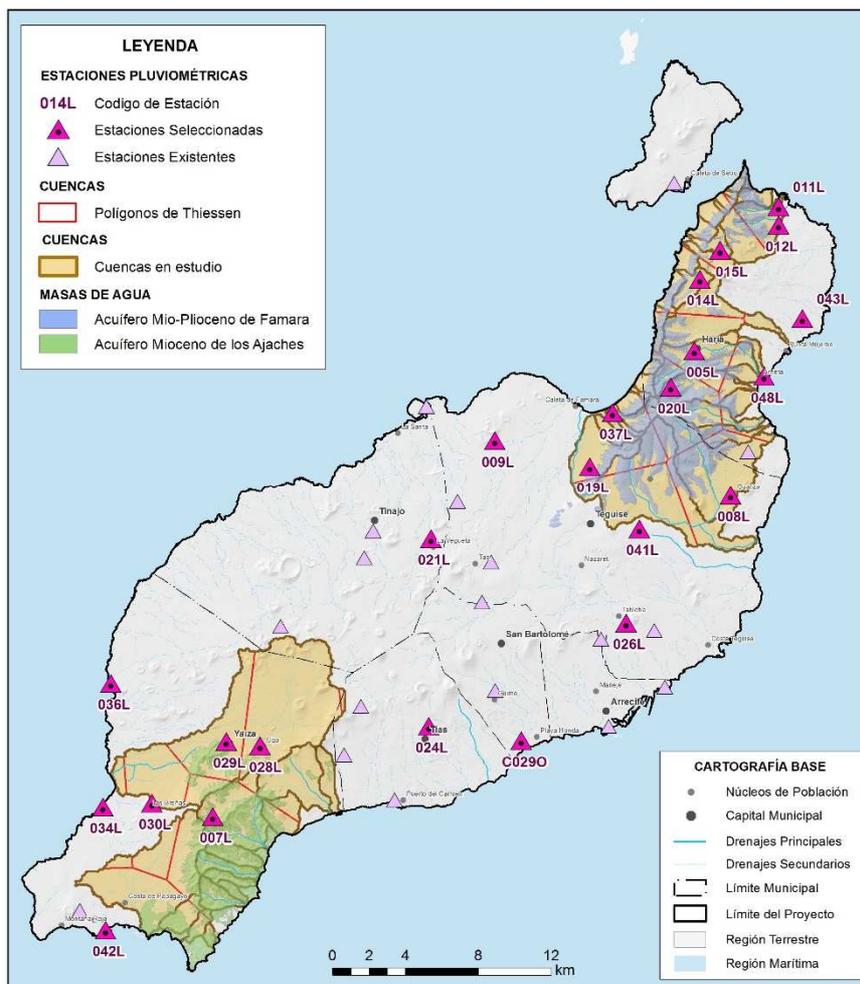


Figura 12. Distribución de los polígonos Thiessen generados en las cuencas delimitadas

Los coeficientes de Thiessen son el cociente entre el área de influencia de cada estación y el área total de cada cuenca. El valor de la precipitación areal en cada cuenca es el sumatorio de los productos de los coeficientes de Thiessen multiplicado por el valor de la precipitación media anual de cada una de las estaciones que se encuentran en cada cuenca.

b) Isoyetas de precipitación media anual

El método de las isoyetas consiste en el trazado de contornos de lluvia constante o isoyetas utilizando los datos pluviométricos de precipitación media anual. Este método tiene en cuenta la influencia de la orografía, pero para ello necesita una buena red de medida, lo suficientemente densa.

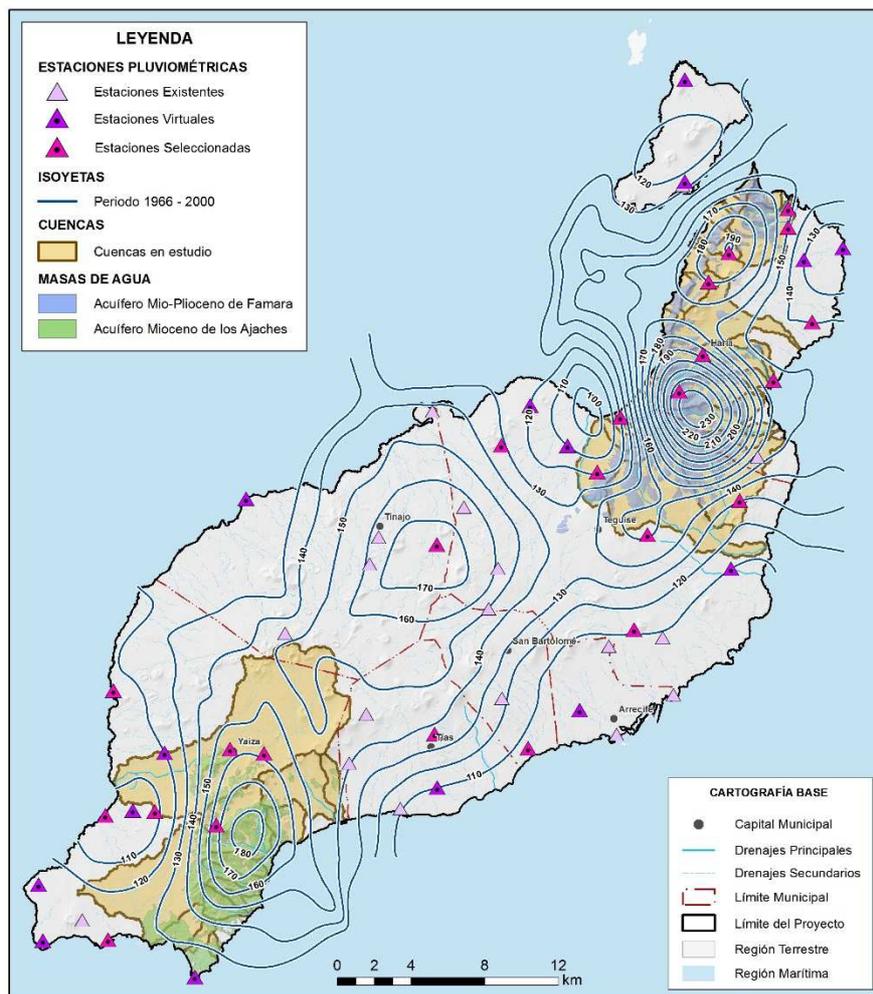


Figura 13. Imagen de las isoyetas resultantes del estudio pluviométrico (1966-2000)

Para el trazado de las isoyetas se han utilizado las estaciones próximas a las zonas de interés (acuíferos norte y sur), y se han añadido estaciones virtuales asignando un valor medio de precipitación a partir de la relación precipitación/altitud de las estaciones con registro. De esta forma se localizan estaciones "virtuales" que suavizan el resultado de las isoyetas en

zonas en las que no se dispone de estación asignando un valor de precipitación proporcional a los obtenidos en estaciones cercanas.

Se ha realizado el trazado de las isoyetas por varios métodos, como el inverso del cuadrado de la distancia, o el método de krigeado (kriging).

El resultado que mejor caracteriza la precipitación en la isla, por su similitud con las isoyetas del proyecto SPA-15, es el obtenido mediante la interpolación por kriging. Además es el método que cuenta con los valores más elevados de precipitación en el municipio de Haría, fundamentalmente hacia la parte centro-occidental, en la zona de la Montaña de Haría. Por el contrario, los valores más bajos tienen lugar en la zona de Arrecife.

c) Thiessen Modificado

El método de Thiessen Modificado consiste en la superposición de un patrón de lluvias obtenido por isoyetas al método de Thiessen. A cada polígono de Thiessen se le asigna un factor corrector consistente en el cociente entre la estimación de la lluvia areal de cada polígono de Thiessen calculada por isoyetas y la registrada en el pluviómetro (Álvarez Rodríguez, 2011).

$$K_i = \frac{P_{ai}}{P_i} \quad P_i^a = K_i \cdot P_i \quad \bar{P} = \sum_i \frac{a_i}{A} \cdot P_i^a$$

Figura 14. Esquema de ponderación del método de Thiessen Modificado

Las P_{ai} son las precipitaciones areales que le corresponden al polígono i según el método de las isoyetas; P_i es la precipitación areal según Thiessen, correspondiente a la del pluviómetro i ; P_i^a , es la precipitación transformada; a_i , son las áreas poligonadas según Thiessen y A el área total de la cuenca.

El resultado final son las series de precipitación areal asociada a cada una de las 48 cuencas delimitadas para el periodo seleccionado (1966-2000).

Todas las series de precipitación originales, así como los resultados generados en este estudio se recopilan en una base de datos adjunta al presente documento.

5.2. ESTUDIO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

El estudio de temperaturas en la isla de Lanzarote permite poder determinar la evapotranspiración potencial –ETP– en la isla. El cálculo de esta variable es necesario para el modelo hidrológico, ya que supone el mayor porcentaje de pérdidas del sistema. La evapotranspiración se estudia en agricultura pensando en las necesidades hídricas de los cultivos.

El carácter árido de la isla, junto a las altas temperaturas, la influencia de los vientos y los altos valores de insolación determinan una tasa anual de evaporación medida en tanque evaporímetro de alrededor

de 1.800 mm, y mediante el cálculo de la ETP por el **método de Thornthwaite**, el valor obtenido es de 960 mm (López Arozarena, 2009).

Las variables de humedad relativa y velocidad del viento se incluyen en el modelo hidrológico como unos valores medios mensuales, se han obtenido de la estación localizada en el aeropuerto (C0290).

La escasez de barreras geográficas y la influencia, tanto de los vientos alisios como de las brisas marinas, hacen que el viento sea un factor característico en Lanzarote, siendo casi constante a lo largo del año.

La dirección del viento que predomina es la de N-NE, y su mayor velocidad se concentra en los meses de verano, cuando los alisios presentan su mayor intensidad, oscilando la velocidad media anual entre 5 y 7 m/s (Chinaea Correa, 2010).

La humedad relativa media anual es de 70%, con importantes variaciones estacionales, con máximos aproximados al 72% en los meses de diciembre y enero, y mínimos de 66%, en los meses de abril y mayo (Reyes Betancort *et al.*, 2000).

Las únicas series de datos completos de temperatura (temperatura media mensual) en toda la isla son los procedentes del centro de datos (www.datosdelanzarote.com) registrados en la estación meteorológica del Aeropuerto de Lanzarote (1950-2008).

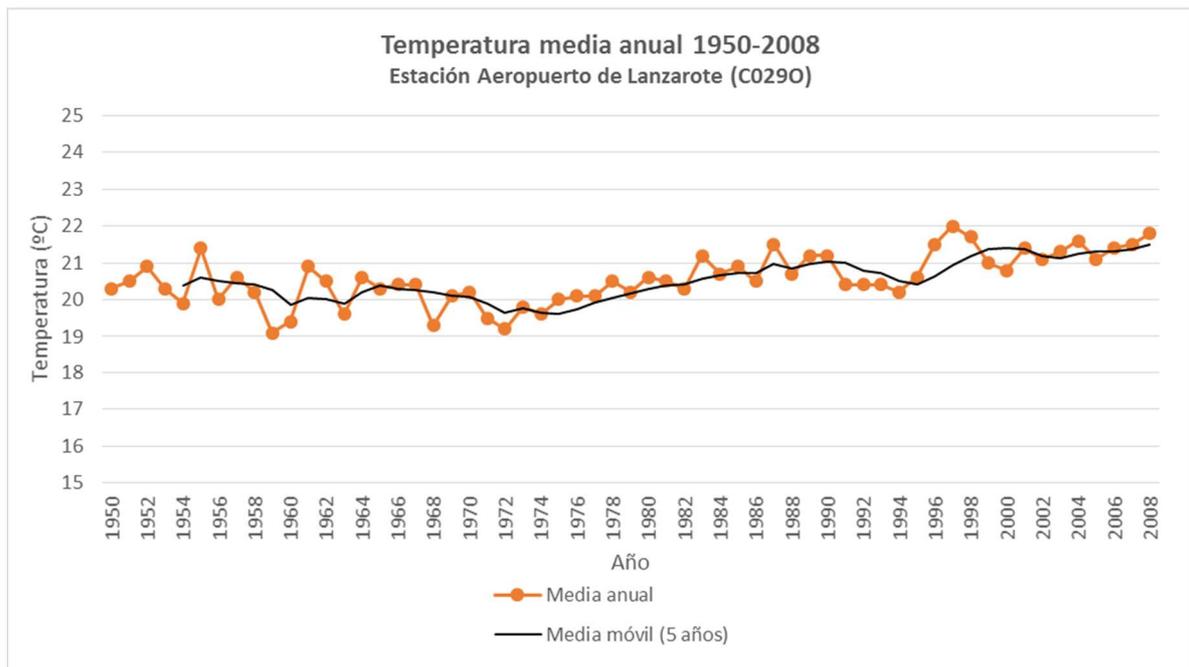


Figura 15. Temperatura media anual para el periodo 1950-2008. Estación Aeropuerto de Lanzarote (www.datosdelanzarote.com)

Los valores moderados de temperatura y su reducida variación es una característica definitoria de la climatología de la isla, encontrándose la media anual alrededor de los 20 °C (Chinaea Correa, 2010).

La serie de datos ha sido completada con la media de los años precedentes en el dato correspondiente a 1970, ya que la serie proporcionada tenía un *no dato* para este año.

Mediante el análisis de la media móvil calculada cada 5 años, se observa una tendencia ascendente de la temperatura media anual, siendo la última década 1998-2008 próxima a 20,5 °C.

Existen diferentes métodos a partir de los cuales se puede calcular la evapotranspiración en una cuenca, pero debido a la escasa disponibilidad de datos de este parámetro en las estaciones de la isla, se ha optado por el método sencillo de Thornthwaite.

Los cálculos de Thornthwaite están basados en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración astronómica del día y el número de días del mes.

Para el cálculo de la ETP anual se ha utilizado la aplicación CHAC.

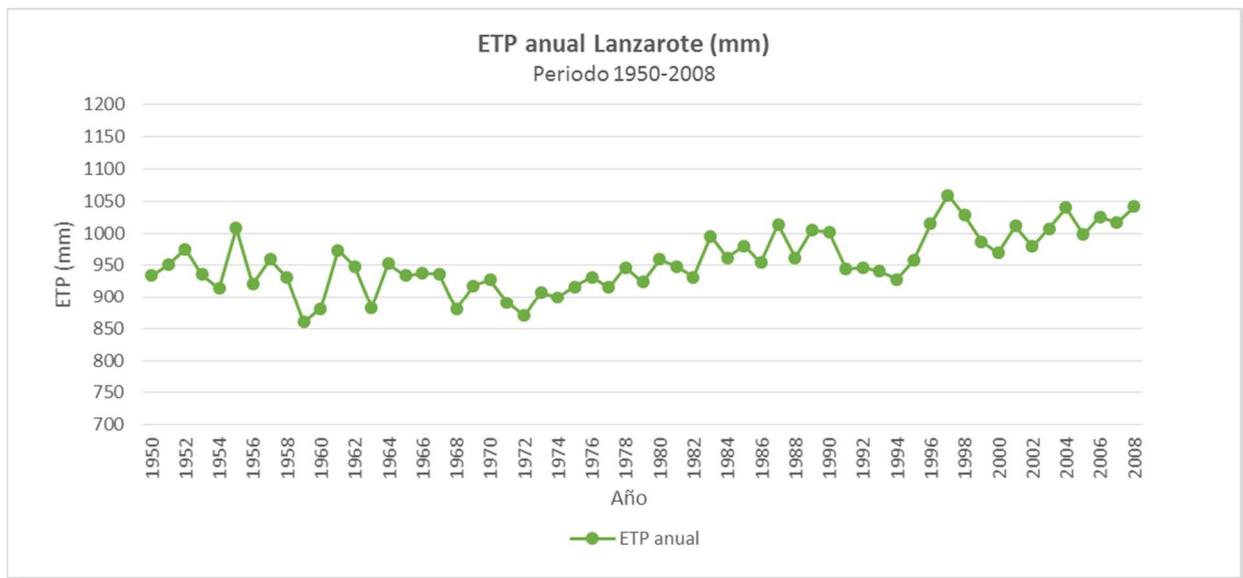


Figura 16. Valor de la ETP anual para el periodo 1950-2008

El valor **promedio de la ETP** en la isla de Lanzarote para el periodo 1950-2008 es de **955,5 mm**.

6. BALANCE HÍDRICO EN LAS CUENCAS PILOTO

El balance hídrico se ha realizado en **cuatro cuencas piloto**, de las 48 cuencas vertientes principales, para el periodo comprendido entre 1966 y 2000, siguiendo el **modelo de Témez**.

6.1. DATOS CLIMÁTICOS Y FORONÓMICOS

Se ha aplicado el **modelo de Témez** a las cuatro cuencas seleccionadas, cuyas entradas principales son las precipitaciones mensuales y cuyas salidas del sistema se corresponden con las evapotranspiraciones mensuales y las escorrentías o caudales en los cauces superficiales (cantidades despreciables o inexistentes en la isla).

A partir de los datos de series de precipitación areal y ETP en cada una de las cuencas, junto con los valores de los parámetros de caracterización de las mismas (capacidad máxima de almacenamiento del suelo, infiltración máxima, coeficiente de excedente y coeficiente de la rama de descarga del acuífero), se procede a la simulación del modelo hidrológico del área de estudio.

En este caso, ante la ausencia de datos foronómicos, no se han podido realizar ni la fase de calibración ni la validación del modelo, pasando directamente a la fase de simulación.

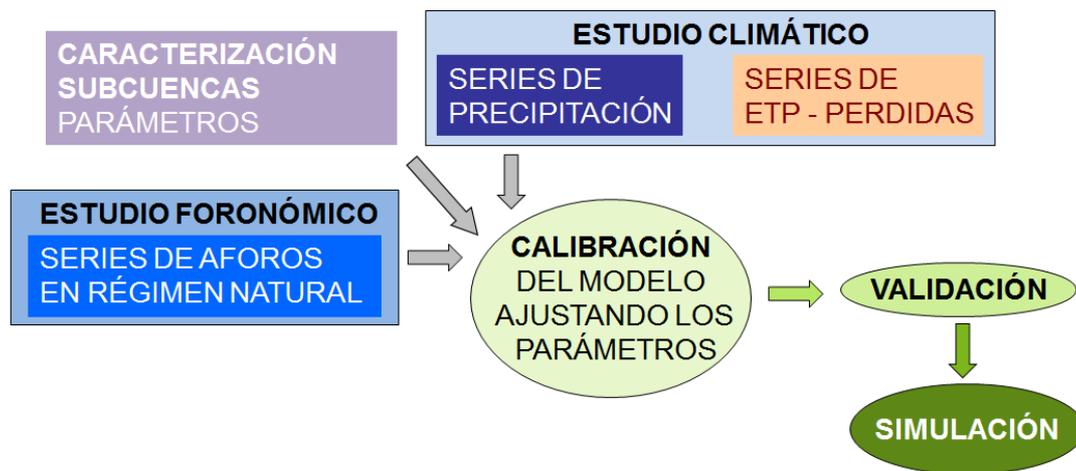


Figura 17. Esquema del Modelo Hidrológico

Los datos correspondientes a las series de precipitación areal están representados en las siguientes gráficas, donde se aprecia un comportamiento similar en ambas zonas, con máximos anuales en 1989, y un máximo destacable en la zona sur en 1972.

Las precipitaciones en la zona norte son superiores y más regulares que en la zona sur, mientras que en la zona sur destacan los máximos de 1972 y 1989 frente a unas precipitaciones anuales inferiores en el resto del periodo de estudio (1966-2000).

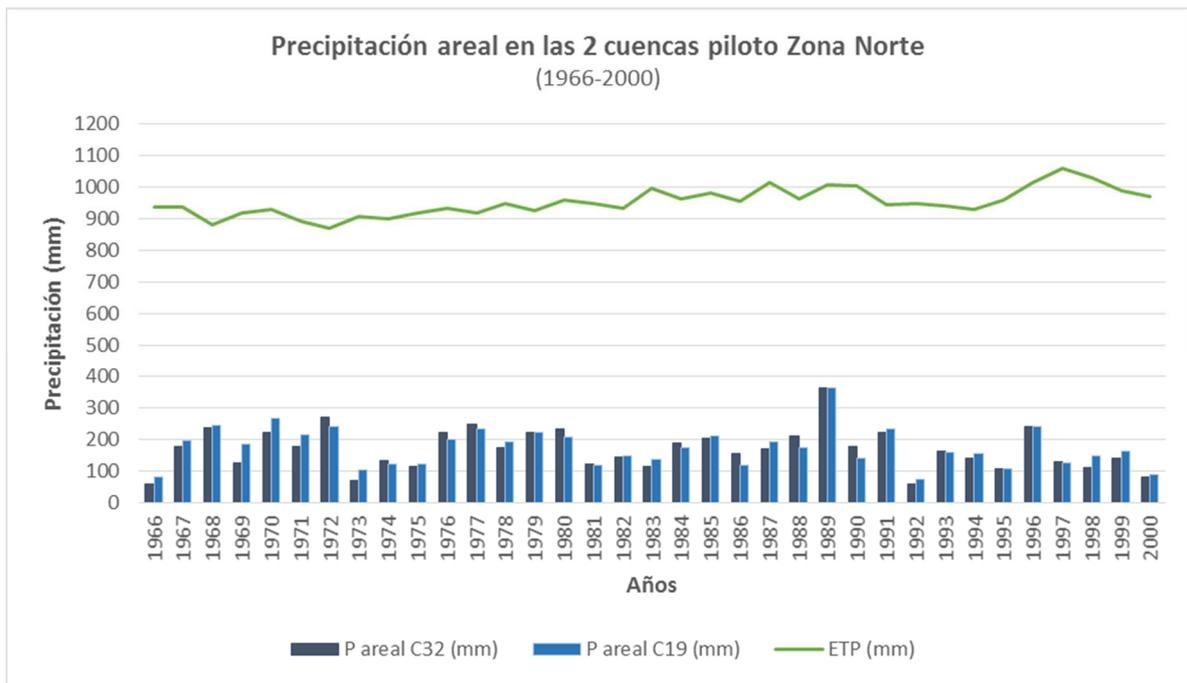


Figura 18. Gráfico de las series de precipitación areal y ETP correspondientes a las cuencas piloto de la Zona Norte (Acuífero de Famara)

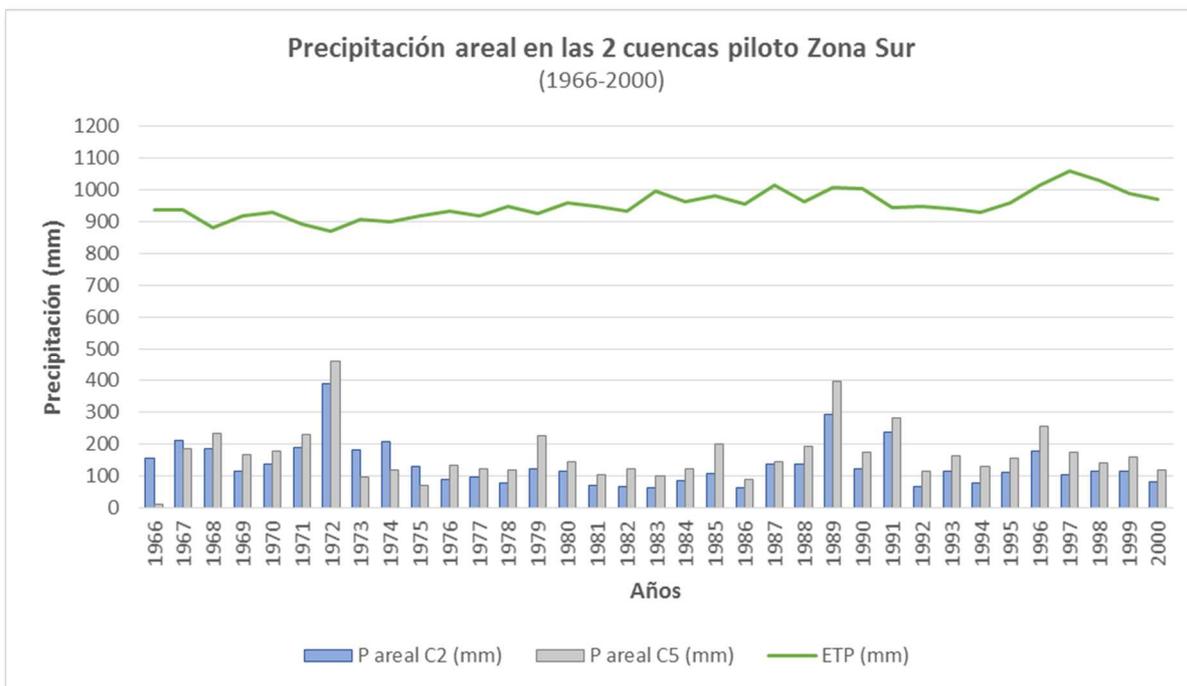


Figura 19. Gráfico de las series de precipitación areal y ETP correspondientes a las cuencas piloto de la Zona Sur (Acuífero de Los Ajaches)

Los datos de ETP del periodo 1966-2000, calculada a partir de los datos de temperatura de la estación del aeropuerto de Lanzarote (C0290), se han aplicado a las 4 cuencas.

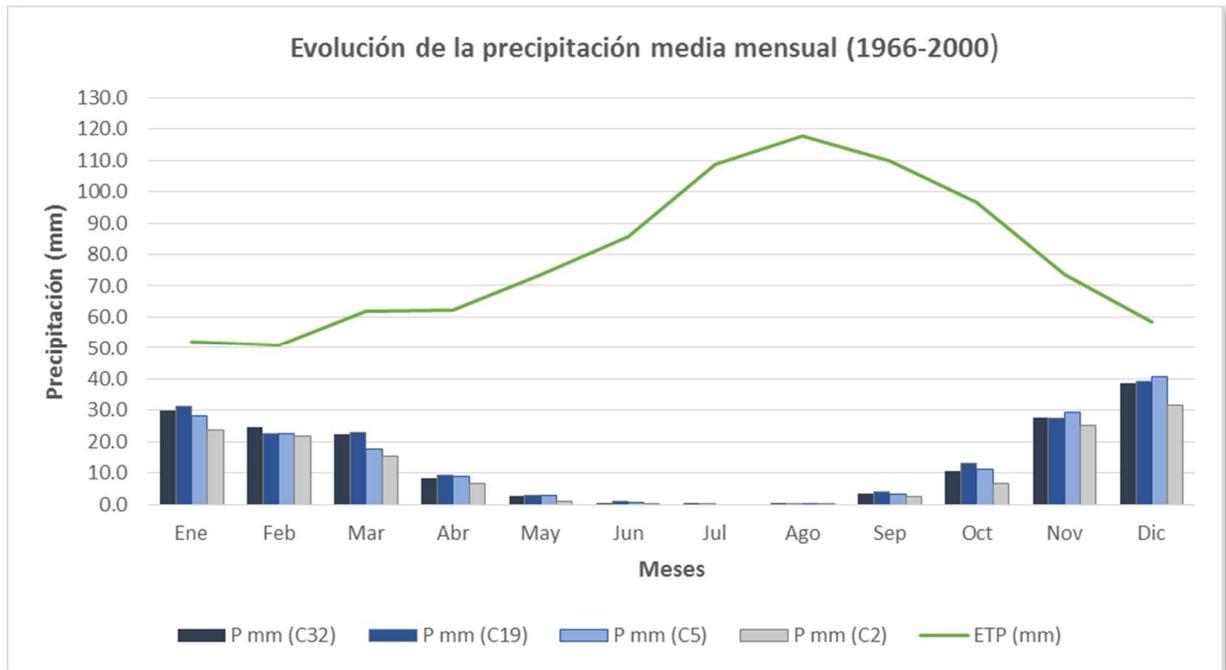


Figura 20. Evolución estacional de la precipitación media mensual en las cuencas piloto para el periodo 1966-2000

Según la gráfica anterior, la distribución de lluvias presenta un régimen unimodal, donde la evolución estacional en el periodo 1966-2000 determinaría que los meses con mayor precipitación se corresponden con los meses de noviembre a febrero, mientras que de junio a agosto se produciría una escasez o ausencia generalizada de lluvias, correspondiendo con el periodo de estío (agosto), de máxima evapotranspiración.

6.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS PILOTO

Las cuatro cuencas piloto seleccionadas se encuentran **dos en la zona norte del Macizo de Famara** (TT.MM. de Haría), en ambas vertientes (oriental y occidental), y las otras **dos en el acuífero sur del entorno de Los Ajaches**, también en ambas vertientes.

Dichas cuencas se han elegido por sus características de sustrato rocoso, siendo éste lo más homogéneo posible e integrando la mayor superficie posible.

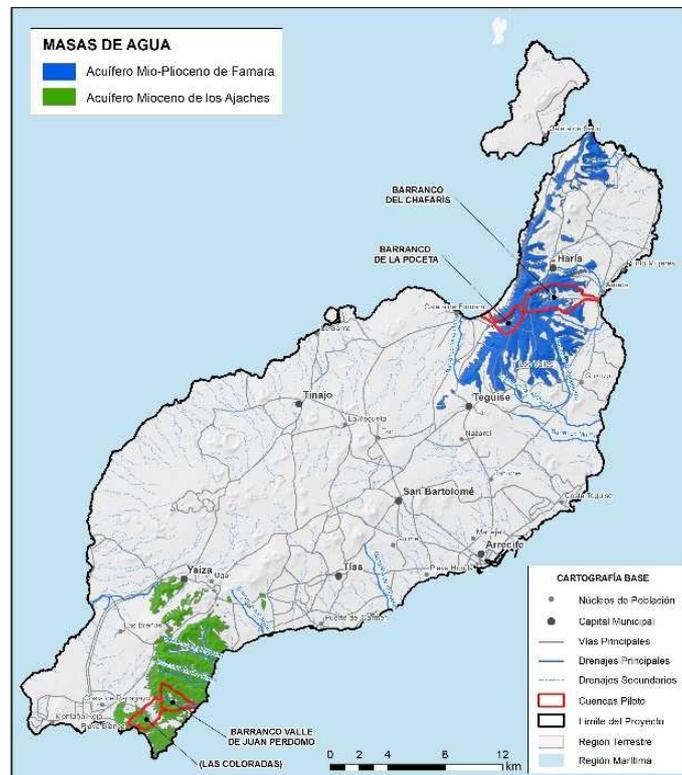
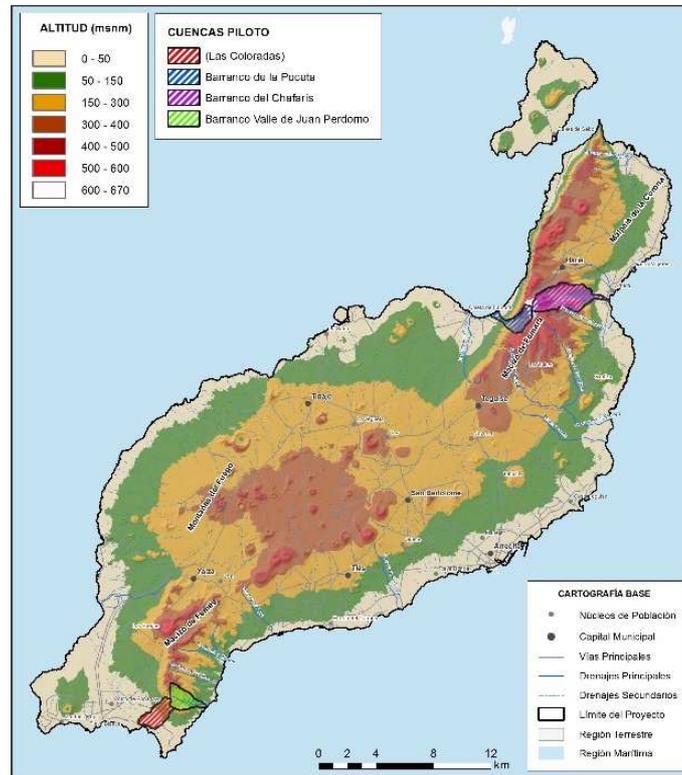


Figura 21. Localización de las cuencas piloto para la realización del balance hídrico. Plano de altitudes (arriba); Localización de las masas de agua propuestas (abajo)

Las características físicas de las cuencas piloto se detallan a continuación.

CUENCA	NOMBRE	ALTITUD MÁX. (m)	COTA MÍN. (m)	PENDIENTE MEDIA	SUPERF. CUENCA (km ²)	SUPERF. ACUÍFERO (km ²)
C32	Barranco de la Poceta	670,4	0,0	51%	2,4	1,9 (Famara)
C19	Barranco del Chafarís	670,5	0,0	36%	6,5	4,4 (Famara)
C5	Barranco Valle de Juan Perdomo	561,0	5,4	37%	2,6	2,3 (Los Ajaches)
C2	Sin nombre (Las Coloradas)	288,6	1,4	15%	2,8	1,8 (Los Ajaches)

Tabla 4. Características físicas de las cuencas piloto para el balance hídrico, periodo 1966-2000

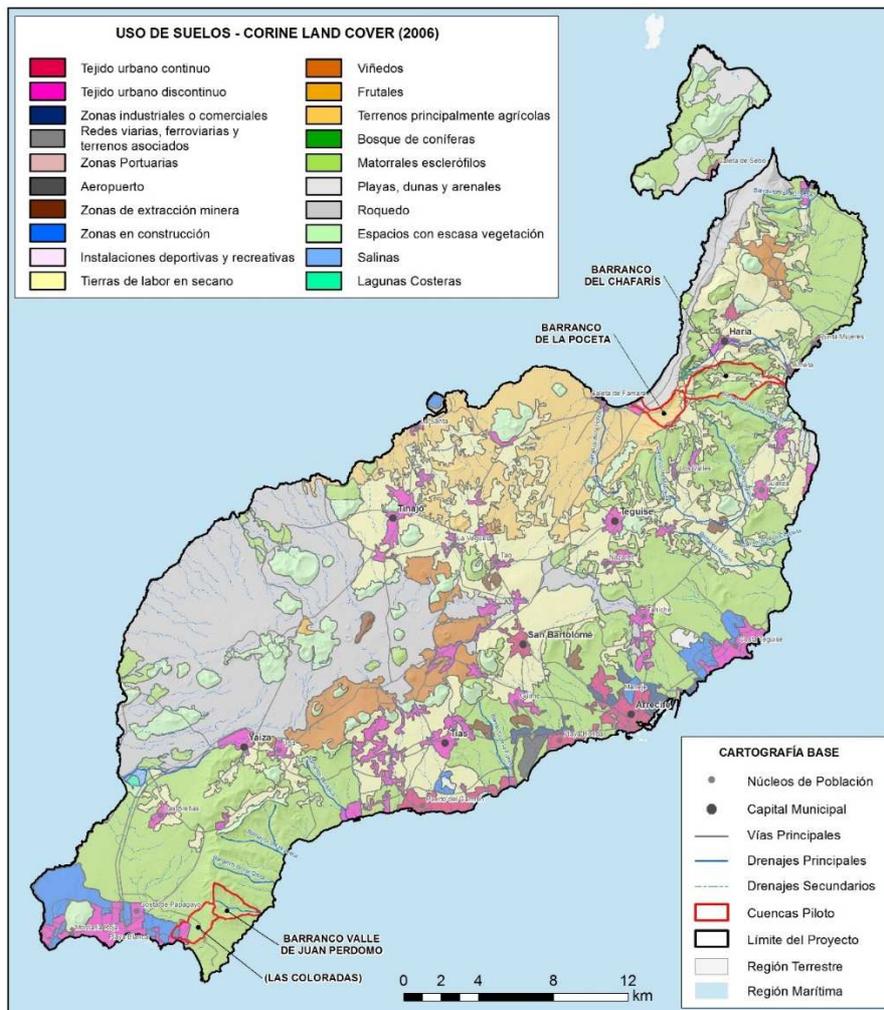


Figura 22. Usos de suelo (Corine Land Cover, 2006) en las cuencas piloto

El uso predominante en las cuencas piloto es de **matorrales esclerófilos** sobre los límites de los acuíferos propuestos. Destaca la cuenca C32 (Barranco de la Poceta), en el norte, en la que el uso más extendido se corresponde con terrenos principalmente **agrícolas abancalados**.

La **litología** de las zonas piloto está compuesta por coladas basálticas con piroclastos intercalados (Mioceno y Plioceno) en la zona norte, mientras que en el sur aparecen coladas y piroclastos basálticos intrusivos básicos intercalados, y zonas de coladas, conos de tefra basáltica y brechas litológicas, con pocos diques intrusivos. La **permeabilidad** en las cuatro cuencas es baja (volcánicas piroclásticas y lávicas).

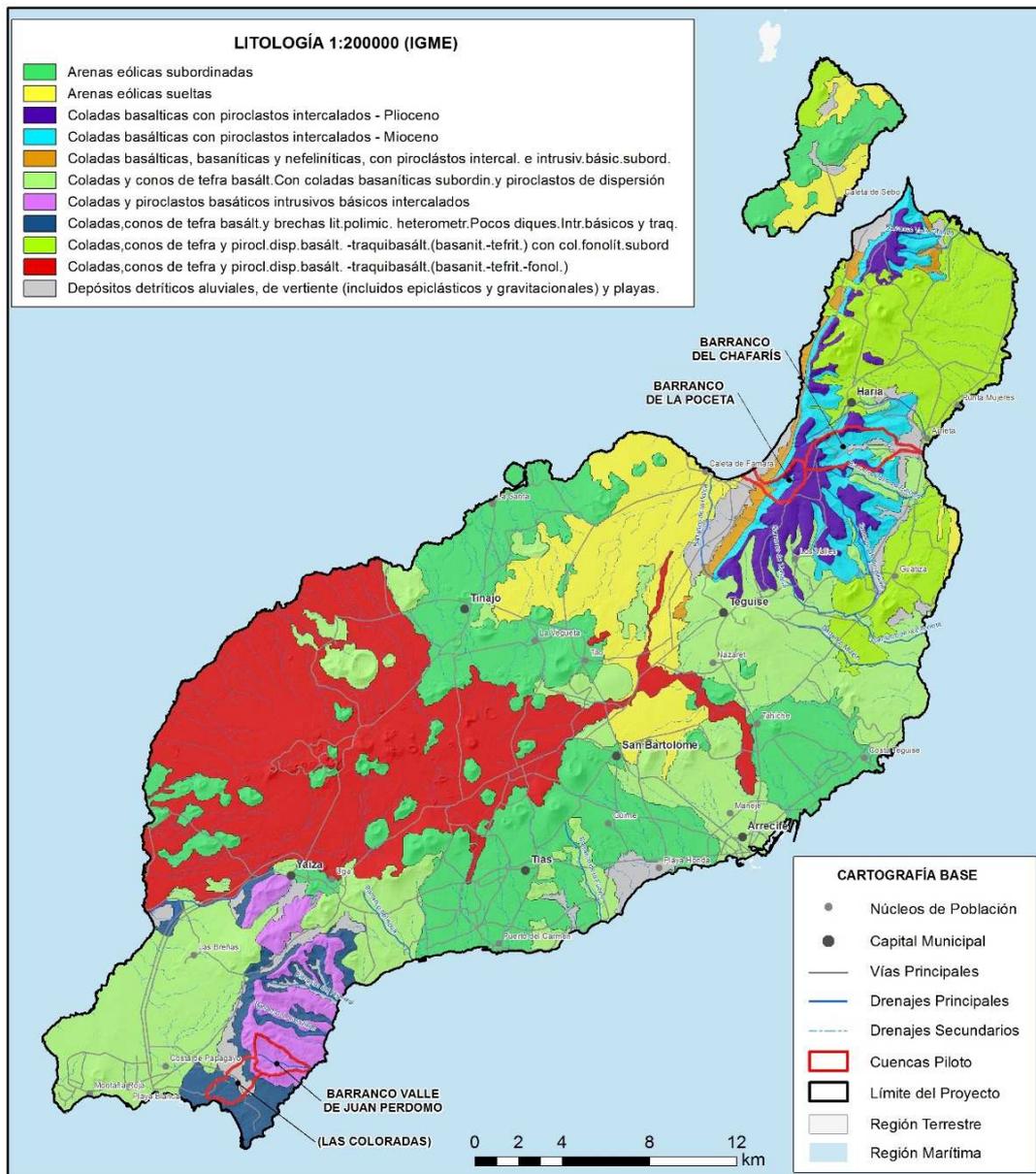


Figura 23. Litología en las cuatro cuencas piloto

6.3. SIMULACIÓN

Para el caso de estudio, las hipótesis de cálculo empleadas son las establecidas en el **modelo hidrológico de Témez** (modelo matemático, continuo, agregado y de escala mensual).

Partiendo de las series de datos de precipitación areal y la ETP, se transforman las precipitaciones en aportaciones de acuerdo al modelo hidrológico de Témez, en función del valor de los parámetros estimados a partir de las características físicas de cada una de las cuencas.

En este estudio no se ha podido realizar una calibración ni validación del modelo ante la falta de registros de aforos en la isla. Por tanto, únicamente se ha procedido a la simulación.

Los parámetros del modelo y el valor asignado a cada cuenca son los siguientes:

Cuenca	C32	C19	C5	C2
H_{max} (mm)	30	50	20	30
I_{max} (mm)	325	400	275	400
C	0,30	0,30	0,20	0,20
Alfa	0,80	0,20	0,30	0,70
Días lluvia mes	10	10	10	10

Tabla 5. Valores de los parámetros característicos de las cuencas de estudio para el modelo de Témez

Los valores de **humedad máxima** (H_{max}), 20-50 mm, indican suelos de poco espesor, donde las variaciones se encuentran entre el suelo sin vegetación y las zonas con suelos agrícolas. La disminución de este parámetro supone un aumento del excedente/recarga en el suelo.

La **infiltración máxima** (I_{max}) depende tanto de las características del terreno como de la concentración de las precipitaciones. En terrenos volcánicos y de materiales aluviales, este parámetro tiene valores próximos a 275-400 mm.

El parámetro (C) o **coeficiente de excedencia** tiene un valor próximo a 0,2-0,3, disminuyendo cuando hay un menor almacenamiento en el suelo y menor evapotranspiración.

La **rama de descarga** (Alfa) varía en función de las características del acuífero. Un valor próximo a 1 indica *agotamientos rápidos*.

Los siguientes gráficos muestran los caudales mensuales en todo el periodo por cuencas.

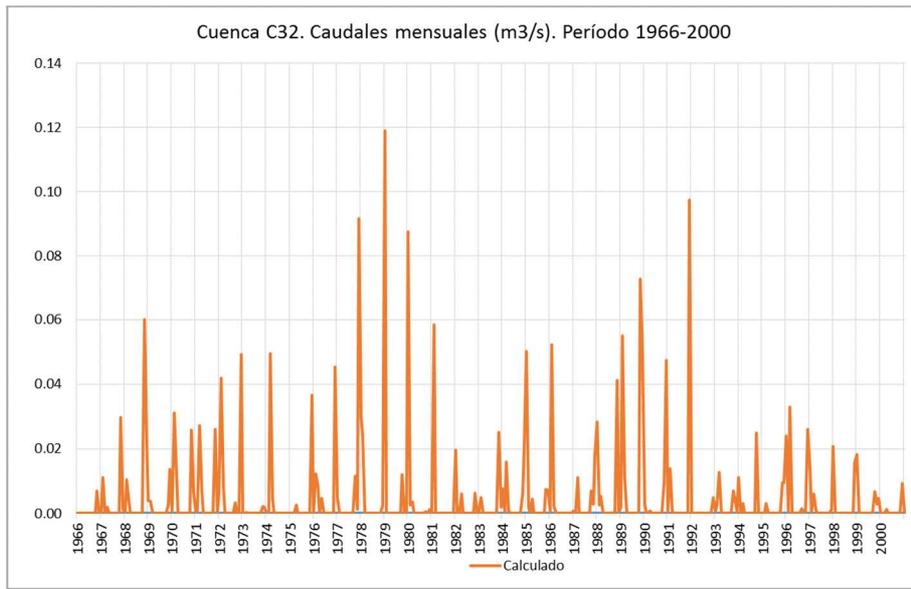


Figura 24. Caudales mensuales calculados en la cuenca del Barranco de la Poceta (C32). Zona Norte: Acuífero de Famara

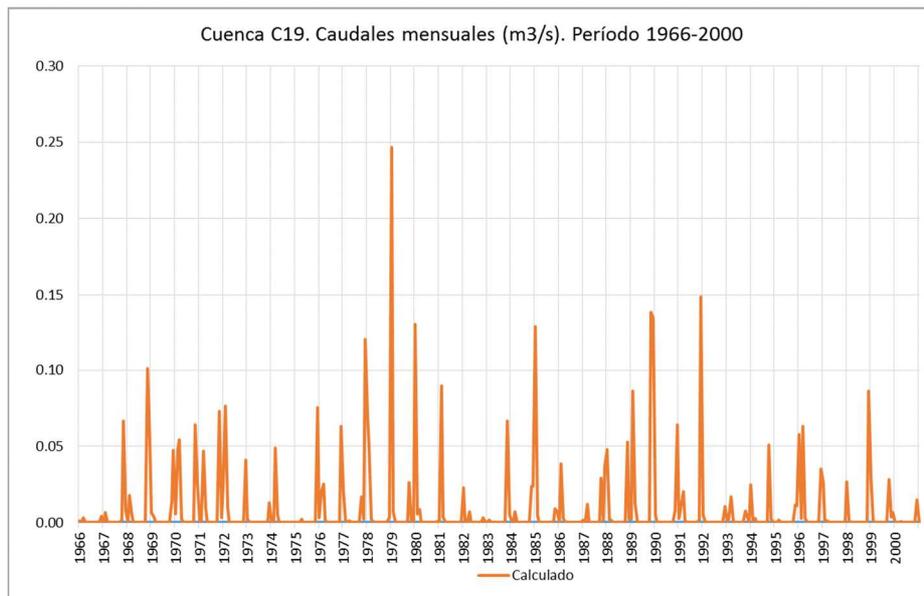


Figura 25. Caudales mensuales calculados en la cuenca del Barranco de Chafarís (C19). Zona Norte: Acuífero de Famara

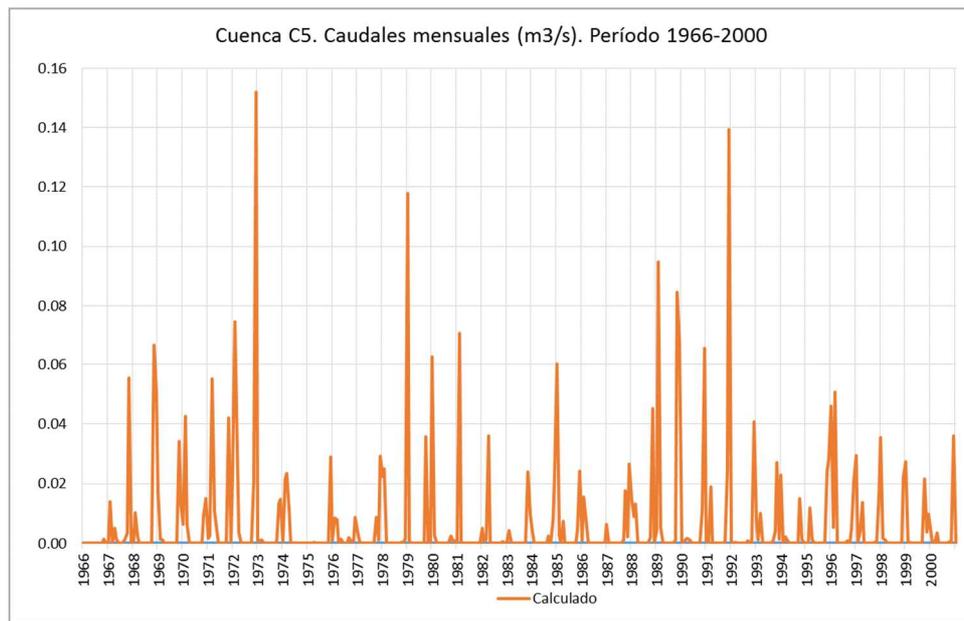


Figura 26. Caudales mensuales calculados en la cuenca del Barranco Valle de Juan Perdomo (C5). Zona Sur: Acuífero de Los Ajaches

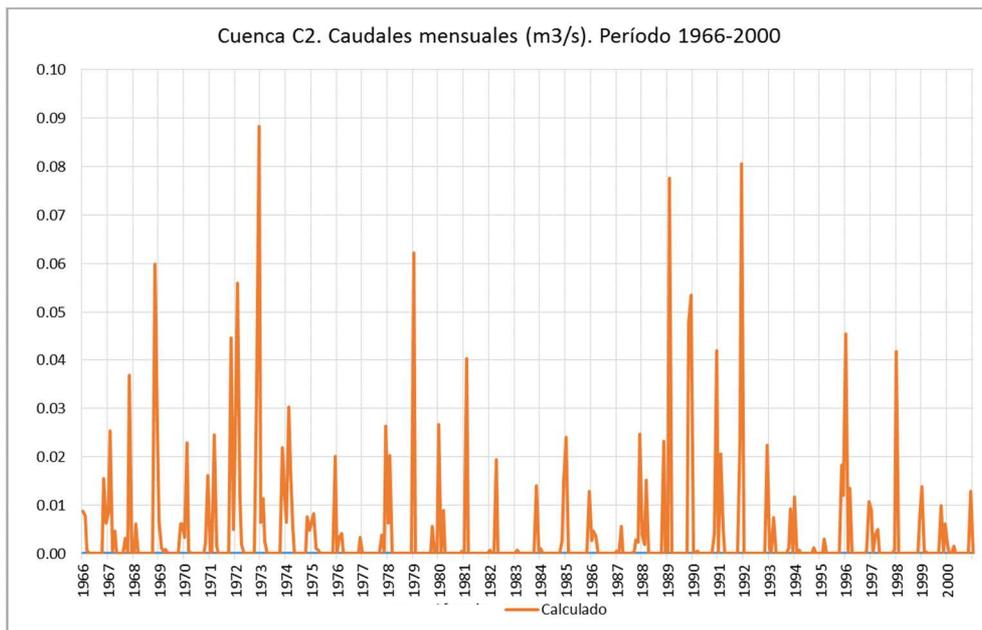


Figura 27. Caudales mensuales calculados en la cuenca Sin nombre (Las Coloradas) (C2). Zona Sur: Acuífero de Los Ajaches

El orden de magnitud del caudal mensual calculado es muy bajo, entre 0 y 0,25 m³/s, siendo las cuencas del norte las que tienen una media ligeramente superior a los resultados del sur.

Respecto al número de días de lluvia al mes se ha estimado una media de 10 días a partir de los datos disponibles en la región.

Las siguientes imágenes muestran la distribución de la precipitación anual por cuenca frente a la aportación anual en todo el periodo de estudio.

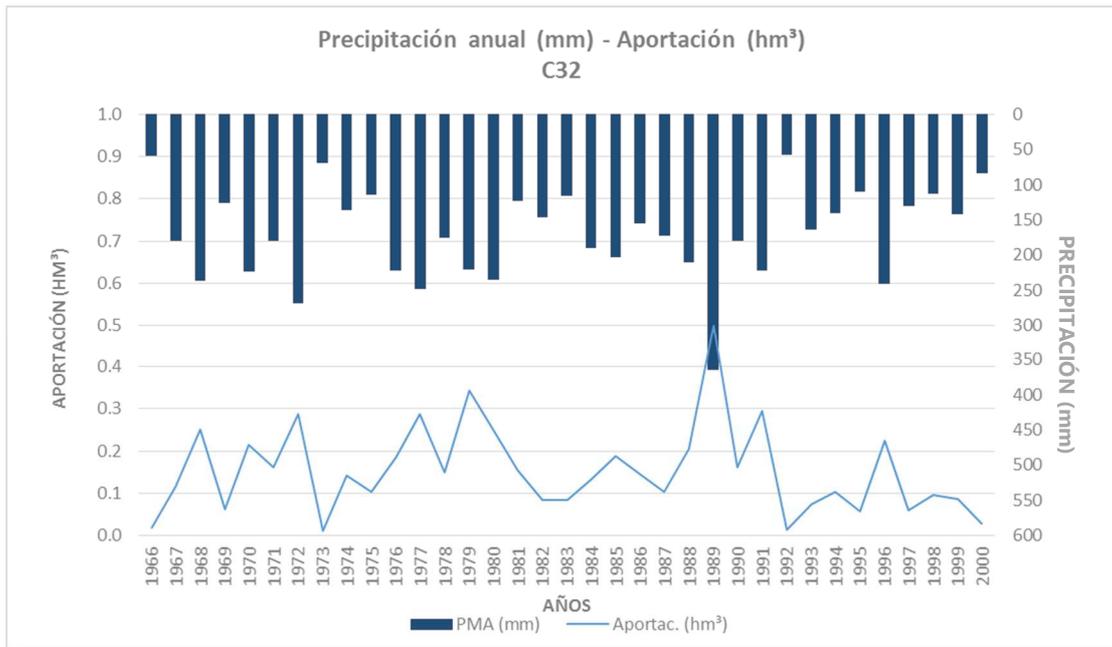


Figura 28. Gráfica de los datos de precipitación anual acumulada frente a las aportaciones en la cuenca C32 (1966-2000)

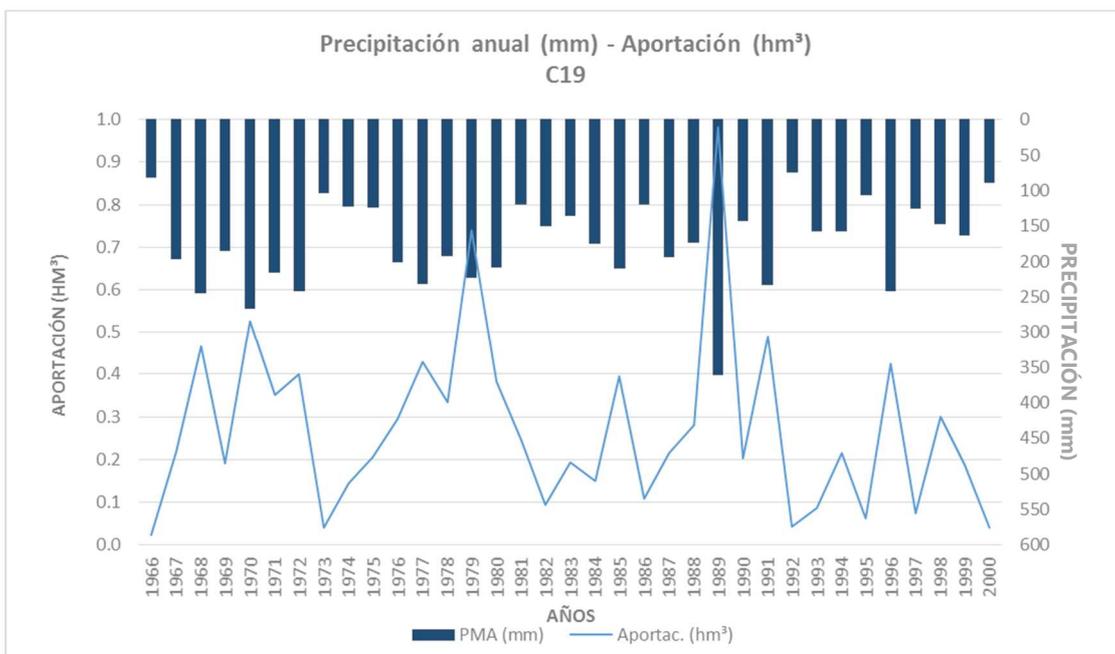


Figura 29. Gráfica de los datos de precipitación anual acumulada frente a las aportaciones en la cuenca C19 (1966-2000)

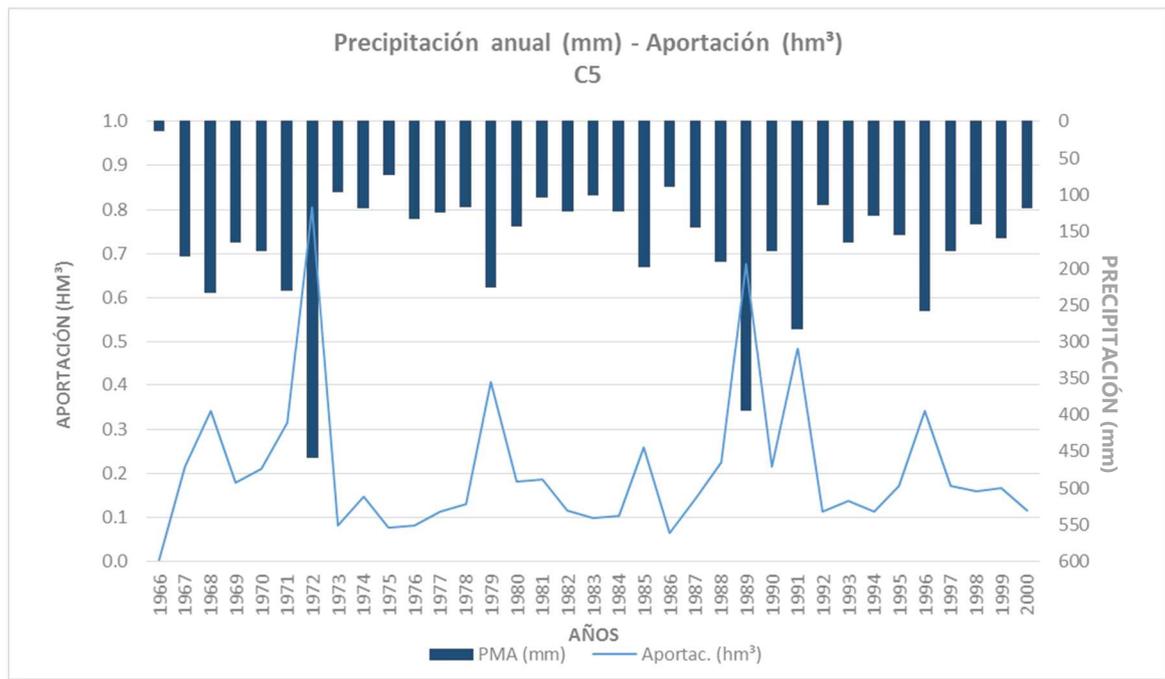


Figura 30. Gráfica de los datos de precipitación anual acumulada frente a las aportaciones en la cuenca C5 (1966-2000)

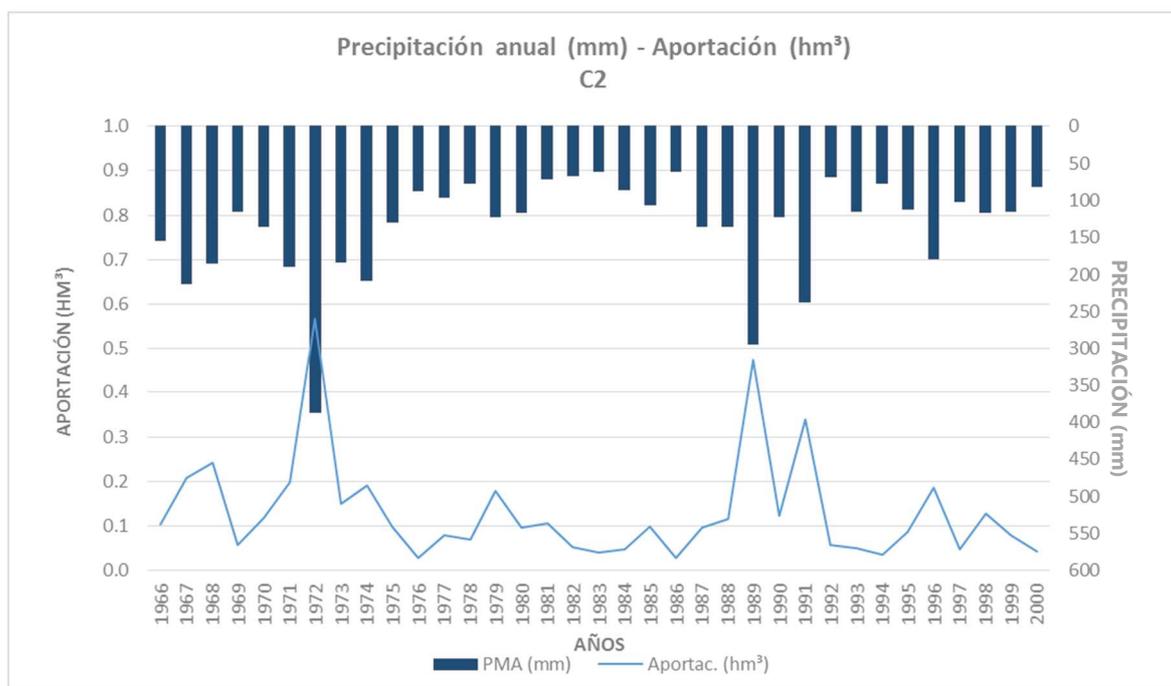


Figura 31. Gráfica de los datos de precipitación anual acumulada frente a las aportaciones en la cuenca C2 (1966-2000)

Se ha detectado una inconsistencia en los registros originales de la estación 007L para el año 1966, afectando por tanto a los datos en la cuenca C5.

La siguiente tabla muestra una síntesis de todos los resultados obtenidos por cada una de las 4 cuencas piloto:

CUENCA	C32					C19					C5					C2				
	AÑO	Aportac. (hm ³)	PMA (mm)	EPA (mm)	Coef. Escorr.	Infiltración (mm)	Aportac. (hm ³)	PMA (mm)	EPA (mm)	Coef. Escorr.	Infiltración (mm)	Aportac. (hm ³)	PMA (mm)	EPA (mm)	Coef. Escorr.	Infiltración (mm)	Aportac. (hm ³)	PMA (mm)	EPA (mm)	Coef. Escorr.
1966	0.019	58.4	937.5	0.13	0.6	0.023	81.9	937.5	0.04	0.25	0.005	12.2	937.5	0.14	0.1	0.103	153.9	937.5	0.24	2.8
1967	0.116	179.3	936.4	0.27	3.3	0.218	196.8	936.4	0.17	2.35	0.214	183.6	936.4	0.45	4.8	0.208	212.5	936.4	0.35	5.2
1968	0.252	236.6	880.4	0.44	6.2	0.466	244.4	880.4	0.29	4.86	0.342	232.1	880.4	0.57	6.9	0.241	184.1	880.4	0.47	5.4
1969	0.063	125.7	918.3	0.21	2.0	0.190	184.2	918.3	0.16	2.16	0.178	164.6	918.3	0.42	4.4	0.057	114.6	918.3	0.18	1.6
1970	0.215	223.2	927.8	0.40	5.9	0.525	266	927.8	0.30	5.69	0.210	176	927.8	0.46	5.1	0.118	135.3	927.8	0.31	3.1
1971	0.161	179.3	891.7	0.37	4.5	0.352	214.6	891.7	0.25	3.72	0.314	230.5	891.7	0.52	6.9	0.199	189.4	891.7	0.38	4.8
1972	0.287	268.5	870.6	0.45	7.1	0.399	242.2	870.6	0.25	4.37	0.805	458.4	870.6	0.68	13.3	0.568	387.2	870.6	0.52	12.1
1973	0.011	68.5	907.4	0.07	0.4	0.042	103.1	907.4	0.06	0.46	0.082	96	907.4	0.33	2.2	0.149	182.9	907.4	0.29	4.0
1974	0.143	135	899.6	0.44	3.4	0.144	121.8	899.6	0.18	1.57	0.148	117.6	899.6	0.48	3.8	0.191	208.7	899.6	0.33	5.0
1975	0.103	114.1	916.3	0.38	2.6	0.205	123.2	916.3	0.26	2.19	0.077	71.9	916.3	0.41	1.8	0.098	129.9	916.3	0.27	2.6
1976	0.187	221.2	931.2	0.35	4.9	0.296	201.2	931.2	0.23	3.26	0.081	132.8	931.2	0.23	2.3	0.029	87	931.2	0.12	0.8
1977	0.289	247.2	915.7	0.49	5.8	0.428	231.5	915.7	0.28	4.27	0.114	123.1	915.7	0.36	2.9	0.080	96.5	915.7	0.30	2.1
1978	0.149	174.4	946.6	0.36	4.0	0.333	191.8	946.6	0.27	3.45	0.131	117	946.6	0.43	3.3	0.070	77.2	946.6	0.32	1.9
1979	0.344	220.1	924	0.65	5.8	0.739	222	924	0.51	5.63	0.406	225.1	924	0.69	6.4	0.178	122.2	924	0.52	3.8
1980	0.251	234.6	959.6	0.45	4.9	0.382	208.2	959.6	0.28	3.53	0.182	142.5	959.6	0.49	3.6	0.095	116.4	959.6	0.29	2.4
1981	0.153	121.7	948.4	0.53	3.3	0.245	119.2	948.4	0.32	2.42	0.186	103.4	948.4	0.69	3.3	0.106	71.5	948.4	0.53	2.4
1982	0.085	145.9	932	0.24	2.5	0.093	149.7	932	0.10	1.11	0.116	122.3	932	0.37	2.8	0.053	67.5	932	0.28	1.4
1983	0.084	115.4	995.4	0.30	2.4	0.192	135.4	995.4	0.22	2.04	0.100	100.4	995.4	0.38	2.6	0.040	61.4	995.4	0.23	1.1
1984	0.132	188.6	961.5	0.29	3.9	0.150	174.2	961.5	0.13	1.80	0.103	121.7	961.5	0.32	2.8	0.049	85.2	961.5	0.20	1.3
1985	0.187	202.3	980.5	0.39	4.8	0.394	209	980.5	0.29	3.68	0.259	198.3	980.5	0.50	5.7	0.098	106.7	980.5	0.33	2.5
1986	0.145	154.4	954.1	0.39	3.3	0.109	119.4	954.1	0.14	1.22	0.064	88.2	954.1	0.28	1.8	0.029	61.4	954.1	0.17	0.8
1987	0.104	171.4	1014.2	0.25	3.2	0.214	192.8	1014.2	0.17	2.53	0.143	144.6	1014.2	0.38	3.7	0.096	135.6	1014.2	0.25	2.5
1988	0.205	209.2	961.6	0.41	5.3	0.282	173.2	961.6	0.25	3.03	0.224	190.8	961.6	0.45	5.4	0.117	135.7	961.6	0.31	3.1
1989	0.498	364.2	1004.8	0.57	11.0	0.982	360.9	1004.8	0.42	9.22	0.675	394.2	1004.8	0.66	11.5	0.472	293.4	1004.8	0.57	9.8
1990	0.160	178.7	1001.8	0.37	4.0	0.203	142.4	1001.8	0.22	2.12	0.215	175.5	1001.8	0.47	4.4	0.122	122.1	1001.8	0.36	2.9
1991	0.294	220.7	944.5	0.55	5.6	0.489	233.4	944.5	0.32	4.59	0.484	281.8	944.5	0.66	7.5	0.340	237.5	944.5	0.51	7.3
1992	0.013	57.4	946.8	0.09	0.4	0.042	74.2	946.8	0.09	0.36	0.112	113.9	946.8	0.38	2.4	0.059	67.6	946.8	0.31	1.5
1993	0.074	162.6	940.9	0.19	2.3	0.088	157.3	940.9	0.09	1.05	0.137	163.9	940.9	0.32	3.6	0.050	114.7	940.9	0.16	1.4
1994	0.102	140.4	927.9	0.30	2.9	0.215	156.8	927.9	0.21	2.40	0.112	128.1	927.9	0.34	3.0	0.037	77.5	927.9	0.17	1.0
1995	0.058	109.1	957.4	0.22	1.8	0.063	106.3	957.4	0.09	0.79	0.172	154.7	957.4	0.43	4.3	0.088	112.5	957.4	0.28	2.4
1996	0.225	240.3	1014.6	0.39	6.0	0.425	241.3	1014.6	0.27	4.61	0.340	256.9	1014.6	0.51	7.5	0.185	178.8	1014.6	0.37	4.5
1997	0.059	130	1058.8	0.19	1.8	0.075	124.3	1058.8	0.09	0.83	0.171	175.5	1058.8	0.37	4.4	0.049	102.2	1058.8	0.17	1.4
1998	0.096	111.9	1028.1	0.36	2.8	0.300	146.8	1028.1	0.31	3.20	0.159	139.9	1028.1	0.44	3.8	0.128	115.7	1028.1	0.39	3.0
1999	0.085	140.8	986.7	0.25	2.6	0.188	162.2	986.7	0.18	2.10	0.166	158.7	986.7	0.40	4.2	0.080	114.7	986.7	0.25	2.2
2000	0.028	82.8	969.3	0.14	0.9	0.041	88.7	969.3	0.07	0.51	0.116	117.3	969.3	0.38	2.8	0.043	81.9	969.3	0.19	1.2
PROMEDIOS	Aportac. (hm ³)	PMA (mm)	EPA (mm)	Coef. Escorr.	Infiltración (mm)	Aportac. (hm ³)	PMA (mm)	EPA (mm)	Coef. Escorr.	Infiltración (mm)	Aportac. (hm ³)	PMA (mm)	EPA (mm)	Coef. Escorr.	Infiltración (mm)	Aportac. (hm ³)	PMA (mm)	EPA (mm)	Coef. Escorr.	Infiltración (mm)
	0.154	169.5	951.2	0.34	3.8	0.272	174.3	951.2	0.21	2.8	0.210	166.1	951.2	0.44	4.4	0.132	135.5	951.2	0.31	3.2
	(C32) Área 2.4 km ² - Pendiente media 51%					(C19) Área 6.5 km ² - Pendiente media 36%					(C5) Área 2.6 km ² - Pendiente media 37%					(C2) Área 2.8 km ² - Pendiente media 15%				

Tabla 6. Cuadro resumen de los resultados obtenidos en cada una de las cuatro cuencas piloto para el periodo 1966-2000

CUENCA	Sup. Cuenca (km ²)	Sup. Acuífero (km ²)	Pte. (%)	PMA (mm)	ETP (mm)	Aport. Superf. (hm ³)	Coef. Escorrentía	I (mm)	I/P
C32	2.4	1.9	51%	169.5	951.2	0.154	0.34	3.8	2.23%
C19	6.5	4.4	36%	174.3	951.2	0.272	0.21	2.8	1.60%
C5	2.6	2.3	37%	166.1	951.2	0.210	0.44	4.4	2.67%
C2	2.8	1.8	15%	135.5	951.2	0.132	0.31	3.2	2.35%

Tabla 7. Resumen de los resultados del balance en las cuencas piloto para el periodo 1966-2000

La infiltración en las áreas de estudio supone entre el 1,60% (C19) y el 2,67% (C5) de las precipitaciones anuales registradas en las cuencas.

7. RECARGA DE AGUA EN LOS ACUÍFEROS

Los métodos para estimar la recarga por lluvia son de variada naturaleza destacando los *balances hidrológicos*, la *cuantificación del flujo subterráneo* y las *fórmulas empíricas*, como los más usuales.

Los resultados obtenidos de la aplicación de estos métodos son inseguros debido a la incertidumbre de las componentes consideradas en las ecuaciones, la naturaleza empírica o semiempírica de las fórmulas utilizadas, la simplificación de las variables y de los procesos y errores en las mediciones de calibración. Remarcar que la **incertidumbre en el cálculo de la recarga de agua subterránea es mayor en regiones áridas y semiáridas** que en regiones húmedas, y las consecuencias de la incertidumbre en los cálculos de dicha recarga pueden ser importantes.

En el balance hídrico establecido, las entradas principales en el sistema estudiado se producen por infiltración de la **precipitación**, mientras que las entradas provenientes de los retornos por riego se consideran despreciables (no hay extensiones de cultivos en regadío), así como las pérdidas en la red de abastecimiento y la escorrentía superficial.

Asumiendo que la **recarga por lluvia es equivalente a la infiltración**, ésta ha sido calculada aplicando el modelo de Témez, a partir de los datos mensuales de precipitación y temperatura, y el cálculo de la ETP por el método de Thornthwaite. No se ha podido realizar ni la calibración ni la validación del modelo ante la falta de datos disponibles sobre aportaciones en las zonas estudiadas.

La estimación de la recarga se ha realizado por áreas de acuerdo a la altitud, el relieve y la precipitación areal en cada una de las cuencas delimitadas que integran las extensiones de las formaciones establecidas como acuíferos.

Realizando los cálculos conforme a la siguiente zonificación, se obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla:

- Norte de la isla de Lanzarote: Acuífero Mio-Plioceno de Famara, vertiente oriental y occidental
 - ✓ La cuenca C19 caracteriza el acuífero de Famara oriental
 - ✓ La cuenca C32 caracteriza el acuífero de Famara occidental
- Sur de la isla de Lanzarote: Acuífero Mioceno de Los Ajaches, vertiente oriental y occidental
 - ✓ La cuenca C5 caracteriza el acuífero de Los Ajaches oriental
 - ✓ La cuenca C2 caracteriza el acuífero de Los Ajaches occidental

ACUÍFERO	VERTIENTE	Superf. Acuífero (km ²)	Recarga (mm/año)	Recarga ACUÍFERO (hm ³ /año)
Acuífero de Famara	NORTE ORIENTAL	36.1	2.8	0.100
	NORTE OCCIDENTAL	13.7	3.8	0.052
Acuífero de Los Ajaches	SUR ORIENTAL	22.3	4.4	0.099
	SUR OCCIDENTAL	14.2	3.2	0.045

Tabla 8. Volumen estimado de la recarga media anual en los acuíferos delimitados en la isla de Lanzarote para el periodo 1966-2000

El volumen de recarga varía dependiendo del periodo de cálculo. La irregularidad del régimen de precipitaciones en la isla dificultan la estimación de la recarga, incrementando la incertidumbre asociada a los cálculos.

Según los resultados obtenidos en el balance realizado, la estimación del volumen de la recarga en las cuencas piloto estudiadas muestra que la cuenca C19 del Barranco de la Poceta contribuiría con mayor volumen de recarga en el acuífero delimitado en el Macizo de Famara, puesto que el área contenida, es mayor. Mientras, en el sur, en el entorno de Los Ajaches, la cuenca C5 del Barranco Valle de Juan Perdomo aportaría mayor recarga frente a la cuenca delimitada en Las Coloradas.

Se ha de tener en cuenta que los volúmenes estimados son para la extensión de los dos acuíferos propuestos, 0,152 hm³/año en el Acuífero de Famara (aproximadamente 50 km², zona de mayor pluviometría), y 0,144 hm³/año en el entorno de Los Ajaches (aproximadamente 36 km²).

Si se multiplica el promedio de infiltración obtenida para las 4 cuencas, 3,5 mm, por la superficie de la isla, resulta un volumen de infiltración próximo a 3,1 hm³/año (para un área de 862 km²) o 3,2 hm³/año (para una extensión de 905 km², de la isla de Lanzarote y el Archipiélago Chinijo).

Los datos publicados en el Plan Hidrológico Insular de Lanzarote (PHIL, 2001; Gobierno de Canarias, 2005) estiman el volumen de infiltración a las aguas subterráneas en 3,47 hm³/año, sin datos de salida hacia el mar de agua subterránea. Dicho cálculo se hace sobre toda la superficie de la isla (862 km²; o 905 km² con los islotes del Archipiélago Chinijo), puesto que se consideraba como un único acuífero (una única Masa de Agua Subterránea) a toda la isla. Para otras fuentes consultadas, el volumen estimado de la recarga en toda la isla sería de 3,3 hm³/año (Custodio, 2015).

Otras metodologías existentes para el cálculo empírico de la recarga de los acuíferos se corresponden con la ecuación de la *U. P. Irrigation Research Institute Roorkee* (Programa 10 EDF ACP-EU Water Facility da União Europei para Moçambique, 2014) y el método APLIS (López-Geta *et al.*). Ambos métodos establecen las condiciones de aplicación que se describen a continuación:

- La fórmula del cálculo de la recarga de la *U. P. Irrigation Research Institute Roorkee* proviene de la modificación de la ecuación de Chaturvedi (1973):

$$R = 1,35 (P - 14)^{0,5}$$

((R), es la recarga en pulgadas; (P) es la precipitación en pulgadas)

Puesto que las precipitaciones medias calculadas para toda la isla tienen un valor de 151 mm, equivalente a 5,9 pulgadas, no se puede emplear dicha formulación. El valor mínimo de las precipitaciones permitido en el cálculo es de 14 pulgadas o 355,6 mm. Por tanto, esta metodología no es aplicable en el estudio de Lanzarote.

- El método APLIS permite determinar la tasa de recarga media (R) en acuíferos carbonáticos, expresada como porcentaje de la precipitación:

$$R = (A+P+3L+2I+S)/0,9$$

(Altitud (A), pendiente (P), litología (L), zonas de infiltración preferente (I) y suelo (S))

Para cada variable establecen una serie de categorías o intervalos que alcanzan valores comprendidos entre 1 (mínima influencia en la recarga) y 10 (máxima influencia).

Dicho método ha sido ensayado con éxito en ocho acuíferos piloto de la Cordillera Bética (sur de España), representativo del conjunto de cordilleras alpinas circunmediterráneas, debido a su amplio rango de características climáticas, geológicas, geomorfológicas, topográficas, edafológicas e hidrogeológicas, con precipitaciones que cubren un rango entre 500 y 1.300 mm.

El rango de precipitaciones planteado mediante este método está muy alejado en orden de magnitud y tipología climática de la isla de Lanzarote, donde se estiman unas precipitaciones anuales próximas a 151 mm bajo un régimen irregular.

Método Bibliografía	Ámbito	Superficie (km ²)	Precipitación (mm)	Infiltración (mm)	Recarga (hm ³ /año)	Recarga (m ³ /día)	Recarga específica (m ³ /día/km ²)
Método Témez	Acuíferos	86.2	161.4	3.4	0.3	811.1	9.4
Método APLIS	Acuíferos	86.2	161.4	12.8	1.1	3017.7	35.0
Custodio (2015)	Isla Lanzarote	862.0	134.0	4.0	3.5	9506.8	11.0
PHIL (2001)	Isla Lanzarote	862.0	156.0	3.8	3.3	9041.1	10.5
U. P. Irrigation Research Institute Roorkee	Isla Lanzarote	862.0	151.0	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Tabla 9. Resumen de los resultados obtenidos para la estimación de la recarga en los acuíferos propuestos y en la isla de Lanzarote

8. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, J. (2011). *Estimación de la distribución espacial de la precipitación en zonas montañosas mediante métodos geoestadísticos. Tesis doctoral*. Departamento de Ingeniería Civil: Hidráulica y Energética. E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos; pp 164-167.
- CABILDO DE LANZAROTE. Área de Transportes y Centro de Datos. *Evolución de la temperatura en Lanzarote (1950-2008)*. Fuente: www.datosdelanzarote.com; www.memoriadelanzarote.com
- CEDEX. (2013). *Manual CHAC. Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas*. Madrid, enero de 2013. Ministerio de Fomento. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- CHINEA CORREA, E. A. (2010). *Estudio del potencial forrajero de especies autóctonas de la Reserva de la Biosfera de Lanzarote. Tomo I*. Fundación Biodiversidad. Cabildo de Lanzarote. Universidad de La Laguna.
- CUSTODIO, E., CABRERA, M. C., PONCELA, R., CRUZ-FUENTES, T., NARANJO, G. y OLAVO PUGA DE MIGUEL, L. (2015). *Comments in Uncertainty in Groundwater Governance in the Volcanic Canary Islands, Spain*. Water 2015, 7, 2952-2970; doi: 10.3390/w7062952; ISSN 2073-4441: www.mdpi.com/journal/water
- GOBIERNO DE CANARIAS. (2005). *Directiva Marco de Aguas*. Comunidad Autónoma de Canarias. Informe 2005. Versión 2. Consejería de Infraestructuras, Transportes y Vivienda. Dirección General de Aguas-Área de Aguas.
- LÓPEZ AROZARENA, J.L. (2009). *Cartografía de la salinidad/sodicidad de la capa arable de los suelos de la isla de Lanzarote. Trabajo Fin de Carrera*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna; pp 44.
- LÓPEZ-GETA, J.A., ANDREO, B., VÍAS, J., DURÁN, J.J., CARRASCO, F. y JIMÉNEZ, P. *Aproximación metodológica para evaluar la recarga en acuíferos carbonáticos*. Trabajo financiado por el IGME. Contribución a los Proyectos REN2002-01797/HID y REN2003-01580/HID de la DGI e IGCP-448 de la UNESCO y al Grupo RNM 308 de la Junta de Andalucía.
- MURILLO, J. M. y NAVARRO, J. A. (2011). *Aplicación del modelo de Témez a la determinación de la aportación superficial y subterránea del sistema hidrológico Cornisa-Vega de Granada para su implementación en un modelo de uso conjunto*. Boletín Geológico y Minero, 122 (3): 363-388. ISSN: 0366-0176; pp. 367.
- PAREDES ARQUIOLA, J, SOLERA SOLERA, A., ANDREU ÁLVAREZ, J. y LERMA ELVIRA, N. (2014). *Herramienta EvalHid para la evaluación de recursos hídricos. Manual Técnico v1.1*. Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos. Universidad Politécnica de Valencia.
- PLAN HIDROLÓGICO INSULAR DE LANZAROTE – PHIL-. (2001). *Decreto 167/2001, de 30 de julio, por el que se aprueba el Plan Hidrológico Insular de Lanzarote*. Boletín Oficial de Canarias número 138, lunes 22 de octubre de 2001.
- PROGRAMA 10 EDF ACP-EU WATER FACILITY DA UNIÃO EUROPEIA PARA MOÇAMBIQUE. (2014). *Monografía das bacias internas da Região Norte de Moçambique. Bacia de Megaruma. Parceria de Apoio Técnico à Consolidação da Administração Regional de Águas do Norte de Moçambique*. PATCO-ARA-Norte. Programa financiado por la Unión Europea; Cofinanciado por la Xunta de Galicia; Desarrollado por Augas de Galicia e ARA-Norte.

REYES BETANCORT, J.A., LEÓN ARENCIBIA, M.C., WILDPRET DE LA TORRE, W. y MEDINA PÉREZ, M.M. (2000). *Estado de conservación de la flora amenazada de Lanzarote (Islas Canarias)*. Gobierno de Canarias. España; pp.177.

TÉMEZ, J. R. (1977). *Modelo Matemático de transformación "precipitación-escorrentía"*. Asociación de Investigación Industrial Eléctrica. ASINEL. Madrid; pp. 39.

DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE



ANEXO Nº 5 FICHAS RED DE SEGUIMIENTO (MAPAMA)



[CIAL]

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVENIDA FRED OLSEN, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL.: 928.59.85.80 - FAX: 928.81.79.88 - www.agualanzarote.com

IC INCLAM
Ingeniería del Agua

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	7501
Hoja E.1:50000 (IGN)	1082
Naturaleza Sondeo	SONDEO EXTRACCION DE AGUAS
Medida	ESTIMADAMAPAE:>50.000
Año Construcción	73

2. DATOS GEOGRAFICOS

Provincia	Las Palmas
Municipio	Teguise
Demarcación Hidrográfica	LANZAROTE
Coordenada X (UTM)	-527.581
Coordenada Y (UTM)	3.251.569
Huso	30
Cota (msnm)	9

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	
Profundidad del sondeo (m)	12,60
Nivel del agua (m)	7,20
Fecha nivel	
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	S

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	4,50	DESCONOCIDO	BASALTOS
4,50	7,80	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
7,80	11,60	DESCONOCIDO	BASALTOS
11,60	12,60	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Díametro (mm)	Tipo
0,10	12,60	800	SE DESCONOCE

Cementación

De (m)	Hasta (m)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	7502
Hoja E.1:50000 (IGN)	1082
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOLOG.
Medida	SE DESCONOCE
Año Construcción	73

2. DATOS GEOGRAFICOS

Provincia	Las Palmas
Municipio	Teguise
Demarcación Hidrográfica	LANZAROTE
Coordenada X (UTM)	-527.581
Coordenada Y (UTM)	3.251.570
Huso	30
Cota (msnm)	9

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	
Profundidad del sondeo (m)	50
Nivel del agua (m)	7,20
Fecha nivel	
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	N

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	4,50	DESCONOCIDO	BASALTOS
4,50	7,80	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
7,80	11,60	DESCONOCIDO	BASALTOS
11,60	14,10	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
14,10	16,70	DESCONOCIDO	BASALTOS
16,70	18	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
18	21,20	DESCONOCIDO	BASALTOS
21,20	21,50	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
21,50	33	DESCONOCIDO	BASALTOS
33	34,40	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
34,40	39,50	DESCONOCIDO	CALIZAS
39,50	47	DESCONOCIDO	CALIZAS Y GRAVAS
47	50	DESCONOCIDO	BASALTOS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diametro (mm)	Tipo

Cementación

De (m)	Hasta (m)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	7503
Hoja E.1:50000 (IGN)	1082
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOLOG.
Medida	SE DESCONOCE
Año Construcción	73

2. DATOS GEOGRAFICOS

Provincia	Las Palmas
Municipio	Teguise
Demarcación Hidrográfica	LANZAROTE
Coordenada X (UTM)	-527.367
Coordenada Y (UTM)	3.253.613
Huso	30
Cota (msnm)	9

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	
Profundidad del sondeo (m)	39
Nivel del agua (m)	7,50
Fecha nivel	
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	N

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	5,20	DESCONOCIDO	BASALTOS
5,20	7,10	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
7,10	11,30	DESCONOCIDO	BASALTOS
11,30	13,50	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
13,50	16,80	DESCONOCIDO	BASALTOS
16,80	18	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
18	31,20	DESCONOCIDO	BASALTOS
31,20	32,60	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
32,60	35,90	DESCONOCIDO	CALIZAS
35,90	39	DESCONOCIDO	CALIZAS Y GRAVAS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diametro (mm)	Tipo

Cementacion

De (m)	Hasta (m)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	7504
Hoja E.1:50000 (IGN)	1082
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOLOG.
Medida	SE DESCONOCE
Año Construcción	73

2. DATOS GEOGRAFICOS

Provincia	Las Palmas
Municipio	Teguise
Demarcación Hidrográfica	LANZAROTE
Coordenada X (UTM)	-527.555
Coordenada Y (UTM)	3.251.647
Huso	30
Cota (msnm)	8

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	
Profundidad del sondeo (m)	40
Nivel del agua (m)	7,40
Fecha nivel	
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	N

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	6	DESCONOCIDO	BASALTOS
6	7,60	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
7,60	9,60	DESCONOCIDO	BASALTOS
9,60	12,60	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
12,60	19,30	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
19,30	22,40	DESCONOCIDO	BASALTOS
22,40	23	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
23	31,40	DESCONOCIDO	BASALTOS
31,40	32,20	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
32,20	35,10	DESCONOCIDO	CALIZAS
35,10	39,80	DESCONOCIDO	CALIZAS Y GRAVAS
39,80	40	DESCONOCIDO	BASALTOS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diametro (mm)	Tipo

Cementación

De (m)	Hasta (m)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	7505
Hoja E.1:50000 (IGN)	1082
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOLOG.
Medida	SE DESCONOCE
Año Construcción	72

2. DATOS GEOGRAFICOS

Provincia	Las Palmas
Municipio	Teguise
Demarcación Hidrográfica	LANZAROTE
Coordenada X (UTM)	-527.480
Coordenada Y (UTM)	3.251.497
Huso	30
Cota (msnm)	5

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	
Profundidad del sondeo (m)	40
Nivel del agua (m)	4
Fecha nivel	
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	N

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	1,50	DESCONOCIDO	GRAVAS Y ARENAS
1,50	1,80	DESCONOCIDO	ARENAS
1,80	5,40	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
5,40	7,50	DESCONOCIDO	BASALTOS
7,50	11	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
11	13,50	DESCONOCIDO	BASALTOS
13,50	20	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
20	31,40	DESCONOCIDO	BASALTOS
31,40	35	DESCONOCIDO	CALIZAS
35	40	DESCONOCIDO	CALIZAS Y GRAVAS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diametro (mm)	Tipo

Cementación

De (m)	Hasta (m)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	7506
Hoja E.1:50000 (IGN)	1082
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOLOG.
Medida	SE DESCONOCE
Año Construcción	72

2. DATOS GEOGRAFICOS

Provincia	Las Palmas
Municipio	Teguise
Demarcación Hidrográfica	LANZAROTE
Coordenada X (UTM)	-527.432
Coordenada Y (UTM)	3.251.635
Huso	30
Cota (msnm)	4

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	
Profundidad del sondeo (m)	40
Nivel del agua (m)	2,70
Fecha nivel	
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	N

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	1,60	DESCONOCIDO	GRAVAS Y ARENAS
1,60	2,60	DESCONOCIDO	ARENAS
2,60	9,50	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
9,50	13,50	DESCONOCIDO	BASALTOS
13,50	19	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
19	28,80	DESCONOCIDO	BASALTOS
28,80	29,80	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
29,80	34,50	DESCONOCIDO	CALIZAS
34,50	40	DESCONOCIDO	CALIZAS Y BASALTOS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diametro (mm)	Tipo

Cementacion

De (m)	Hasta (m)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	7507
Hoja E.1:50000 (IGN)	1082
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOLOG.
Medida	ESTIMADAMAPAE:>50.000
Año Construcción	72

2. DATOS GEOGRAFICOS

Provincia	Las Palmas
Municipio	Teguise
Demarcación Hidrográfica	LANZAROTE
Coordenada X (UTM)	-527.461
Coordenada Y (UTM)	3.251.556
Huso	30
Cota (msnm)	4

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	
Profundidad del sondeo (m)	15
Nivel del agua (m)	3
Fecha nivel	
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	N

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	1,60	DESCONOCIDO	GRAVAS Y ARENAS
1,60	2,20	DESCONOCIDO	ARENAS
2,20	8,40	DESCONOCIDO	BASALTOS
8,40	10,20	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS
10,20	13	DESCONOCIDO	BASALTOS
13	15	DESCONOCIDO	BASALTOS Y GRAVAS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diametro (mm)	Tipo

Cementacion

De (m)	Hasta (m)

DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE



ANEXO N° 6 PLANOS



[CIAL]

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVENIDA FRED OLSEN, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL.: 928.59.85.80 - FAX: 928.81.79.88 - www.agualanzarote.com

IC INCLAM
Ingeniería del Agua

ÍNDICE DE PLANOS

Generales:

- 1.1 Ámbito de estudio
- 1.2 Altitudes
- 1.3 Densidad poblacional
- 1.4 Espacios Naturales Protegidos
- 1.5 Usos del suelo

Hidrogeología:

- 2.1 Geología
- 2.2 Permeabilidad
- 2.3 Litología
- 2.4 Propuesta de Acuíferos
- 2.5 Propuesta de Masas de Agua Subterránea
- 2.6 Puntos de la campaña de campo
- 2.7 Hidrogeoquímica
- 2.8 Profundidad del Nivel piezométrico

Hidrología:

- 3.1 Hidrología
- 3.2 Pendientes
- 3.3 Estaciones pluviométricas
- 3.4 Cuencas Hidrográficas del estudio
- 3.5 Isoyetas PHIL 2001
- 3.6 Isoyetas periodo 1966-2000

Presiones:

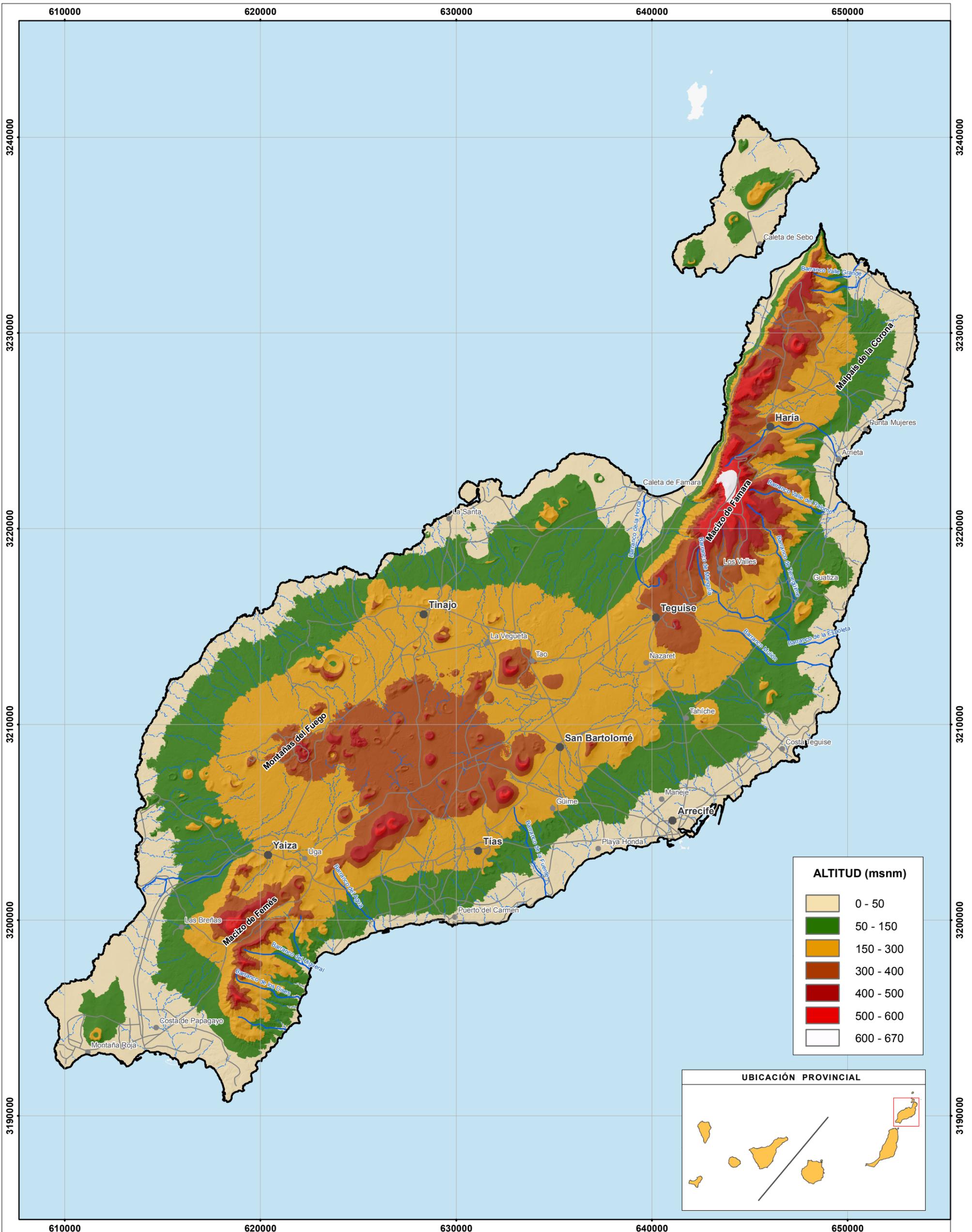
- 4.1 Presiones. Fuentes puntuales de contaminación
- 4.2 Proyectos CIAL
- 4.3 Inventario de infraestructuras hidráulicas

Protección:

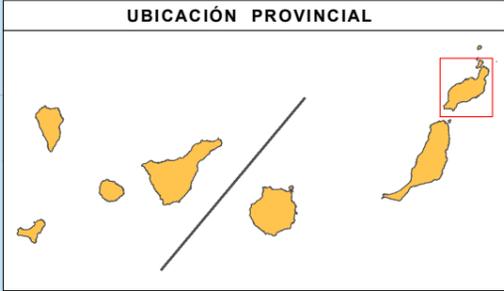
- 5.1 Zonas de protección de Masas de Agua Subterránea

Control:

- 6.1 Programa de Control y Vigilancia



ALTITUD (msnm)	
	0 - 50
	50 - 150
	150 - 300
	300 - 400
	400 - 500
	500 - 600
	600 - 670



CARTOGRAFÍA BASE	
	Núcleos de Población
	Capital Municipal
	Vías Principales
	Drenajes Principales
	Drenajes Secundarios
	Límite del Proyecto
	Región Terrestre
	Región Marítima

Escala 1:175,000

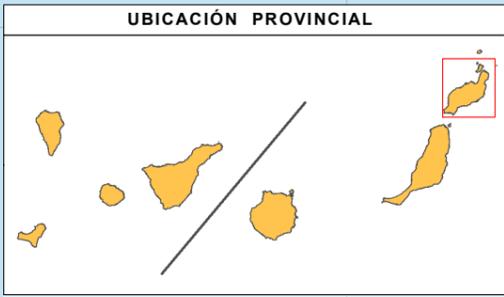
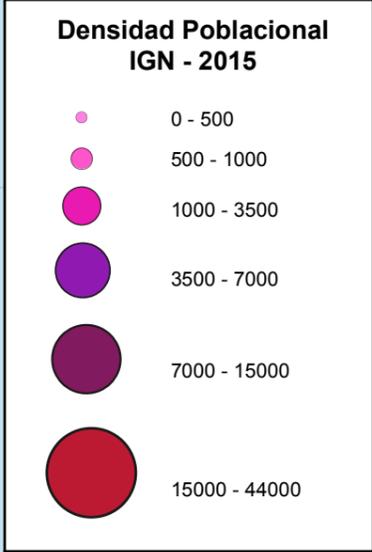
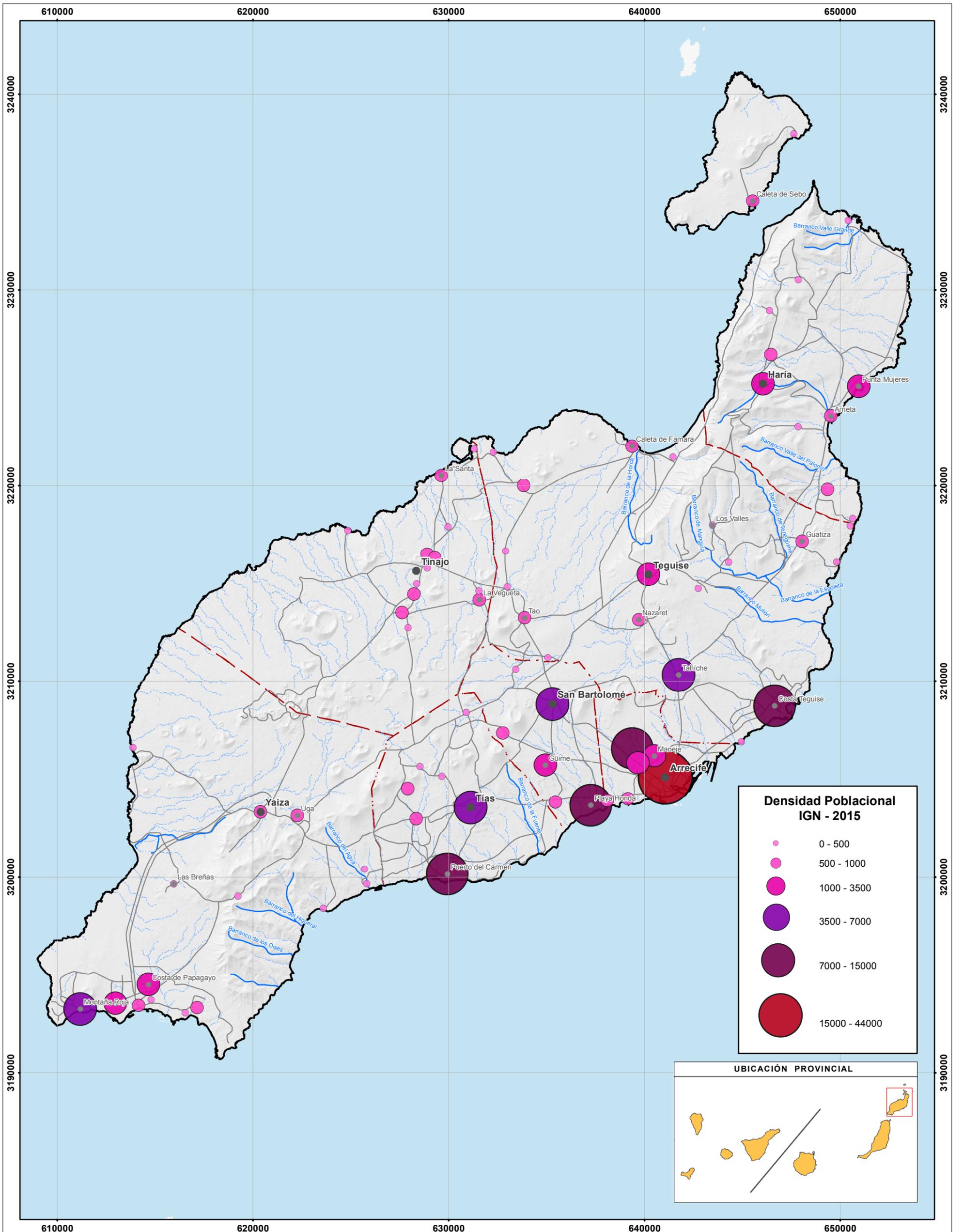
 Proyección Universal Transverse Mercator

 Dátum horizontal : ETRS 1989

 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar

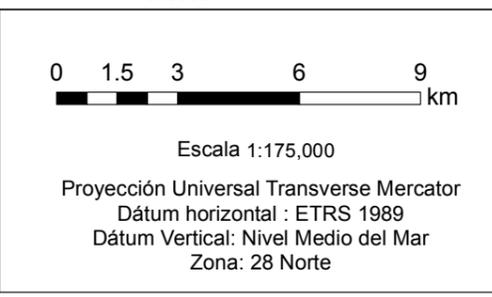
 Zona: 28 Norte

Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	
Mapa: ALTITUDES	
Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Generales
Fecha: Marzo 2017	Nº 1.2

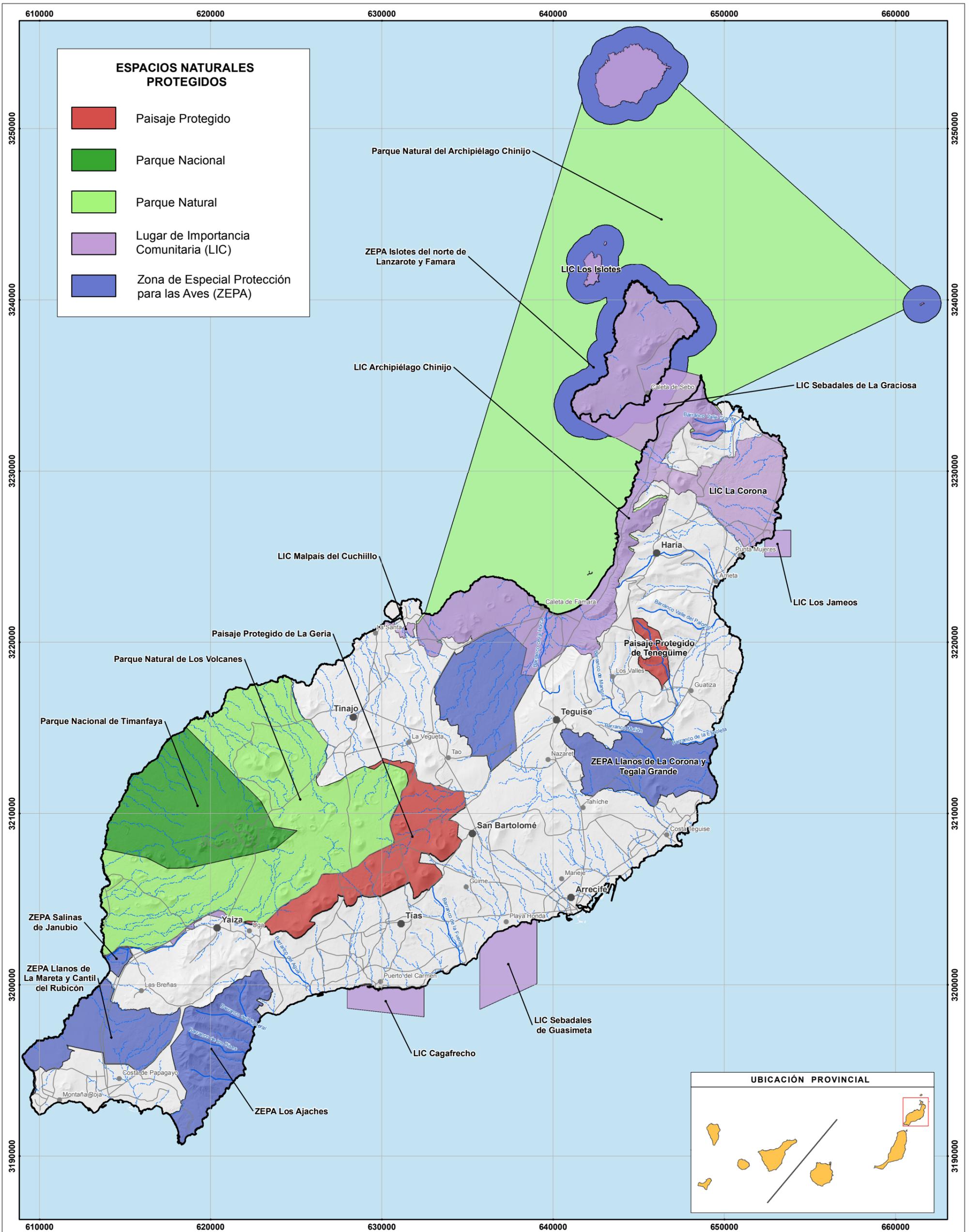


LEYENDA

CARTOGRAFÍA BASE	
	Núcleos de Población
	Capital Municipal
	Vías Principales
	Drenajes Principales
	Drenajes Secundarios
	Límite del Proyecto
	Límite Municipal
	Región Terrestre
	Región Marítima



Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	
Mapa: DENSIDAD POBLACIONAL	
Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Generales
Fecha: Marzo 2017	Nº 1.3



LEYENDA

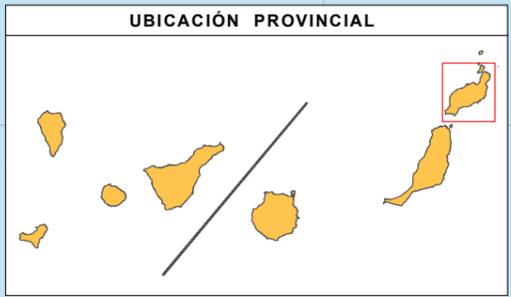
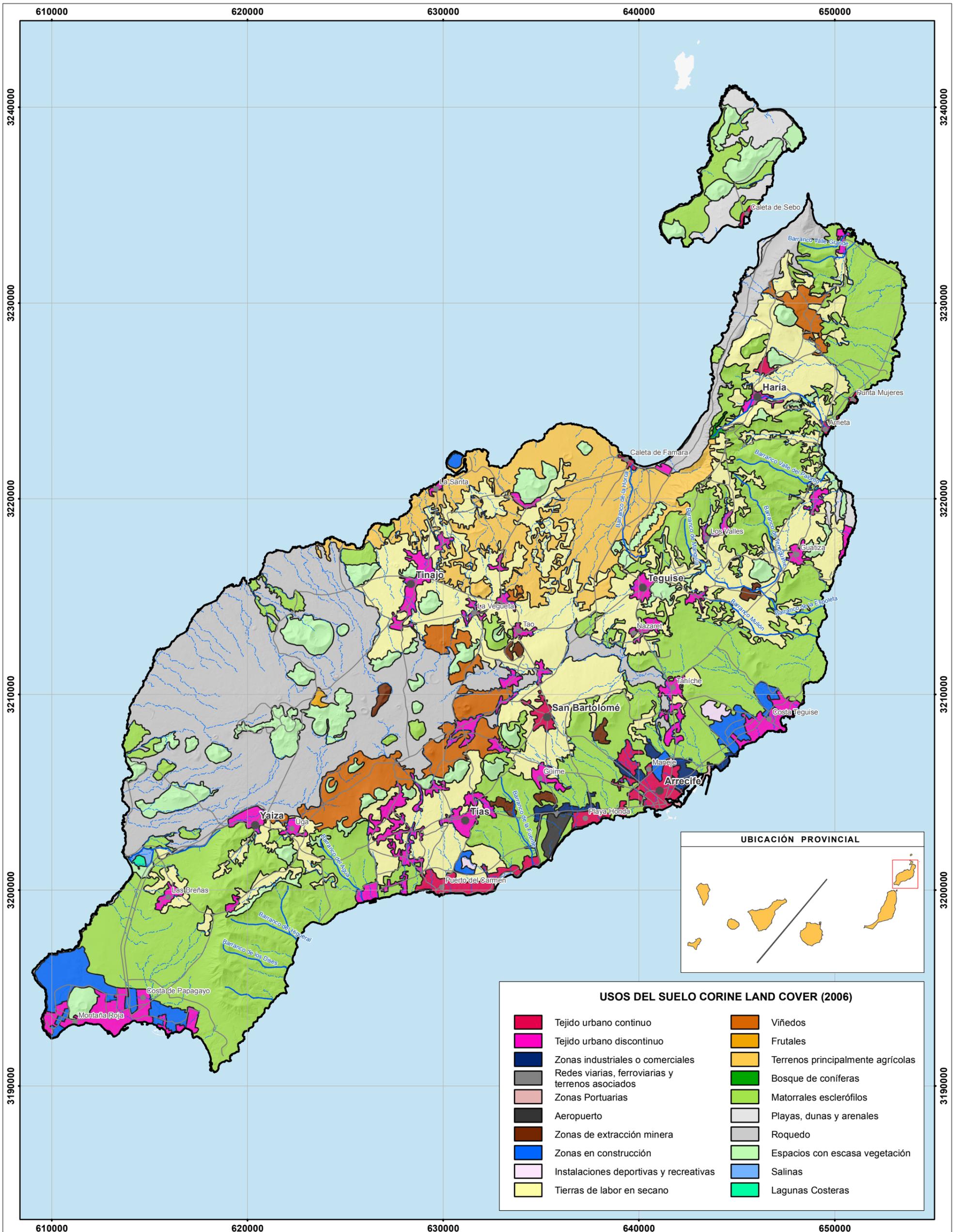
CARTOGRAFÍA BASE	
● Núcleos de Población	▭ Límite del Proyecto
● Capital Municipal	▭ Región Terrestre
— Vías Principales	▭ Región Marítima
— Drenajes Principales	
--- Drenajes Secundarios	

0 2 4 8 12 km

Escala 1:200,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	
Mapa: ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS	
Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Generales
Fecha: Marzo 2017	Nº 1.4



USOS DEL SUELO CORINE LAND COVER (2006)

	Tejido urbano continuo		Viñedos
	Tejido urbano discontinuo		Frutales
	Zonas industriales o comerciales		Terrenos principalmente agrícolas
	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados		Bosque de coníferas
	Zonas Portuarias		Matorrales esclerófilos
	Aeropuerto		Playas, dunas y arenales
	Zonas de extracción minera		Roquedo
	Zonas en construcción		Espacios con escasa vegetación
	Instalaciones deportivas y recreativas		Salinas
	Tierras de labor en seco		Lagunas Costeras

CARTOGRAFÍA BASE

	Núcleos de Población		Límite del Proyecto
	Capital Municipal		Región Terrestre
	Vías Principales		Región Marítima
	Drenajes Principales		
	Drenajes Secundarios		

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

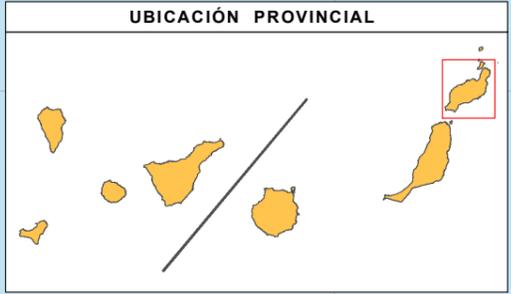
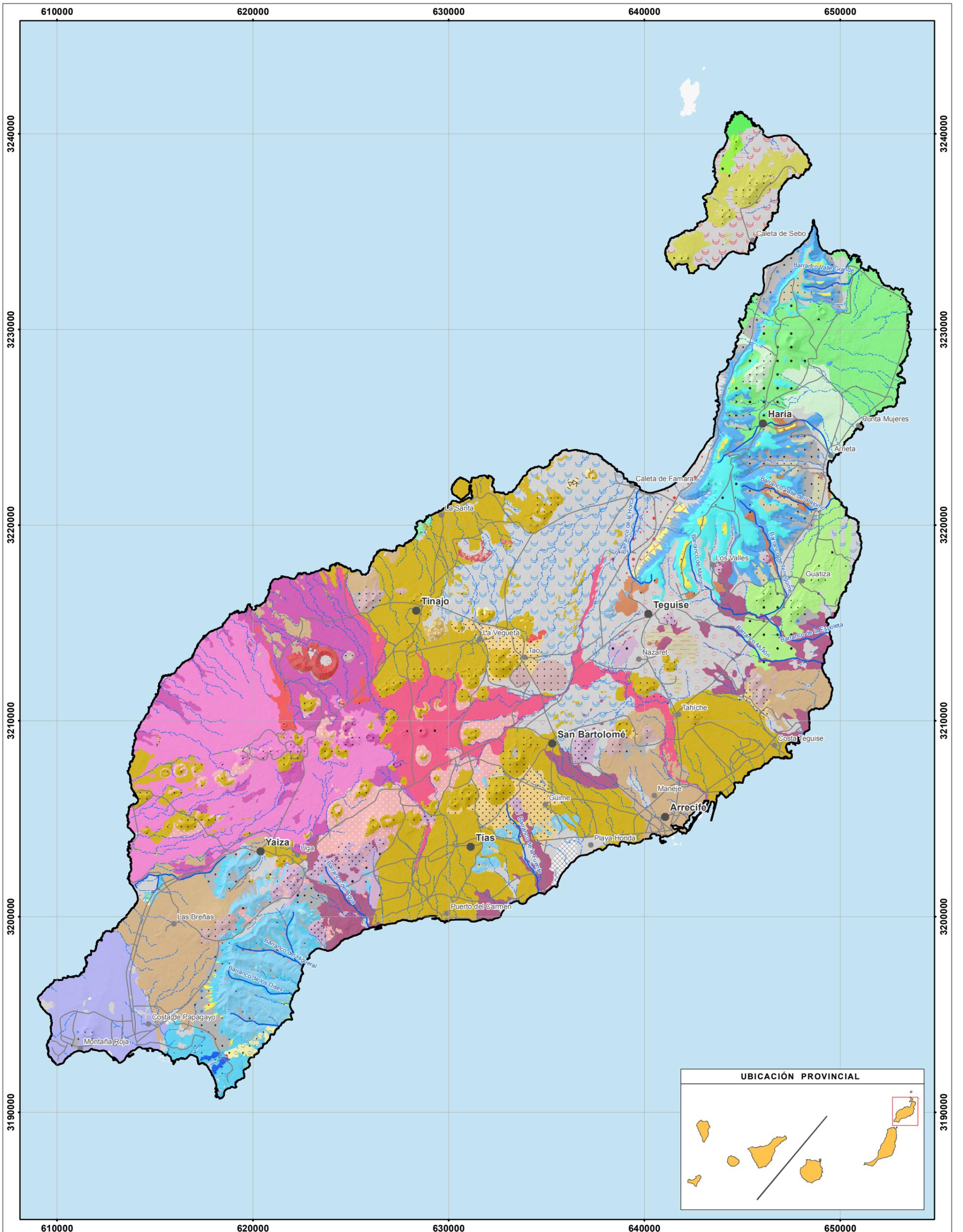
CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE [CIAL]

IC INCLAM GRUPO

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **USOS DEL SUELO**

Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Generales	Fecha: Marzo 2017	Nº 1.5
--	---------------------	-------------------	---------------



LEYENDA

CARTOGRAFÍA BASE	
● Núcleos de Población	▭ Límite del Proyecto
● Capital Municipal	▭ Región Terrestre
— Vías Principales	▭ Región Marítima
— Drenajes Principales	
— Drenajes Secundarios	

0 1.5 3 6 9 km

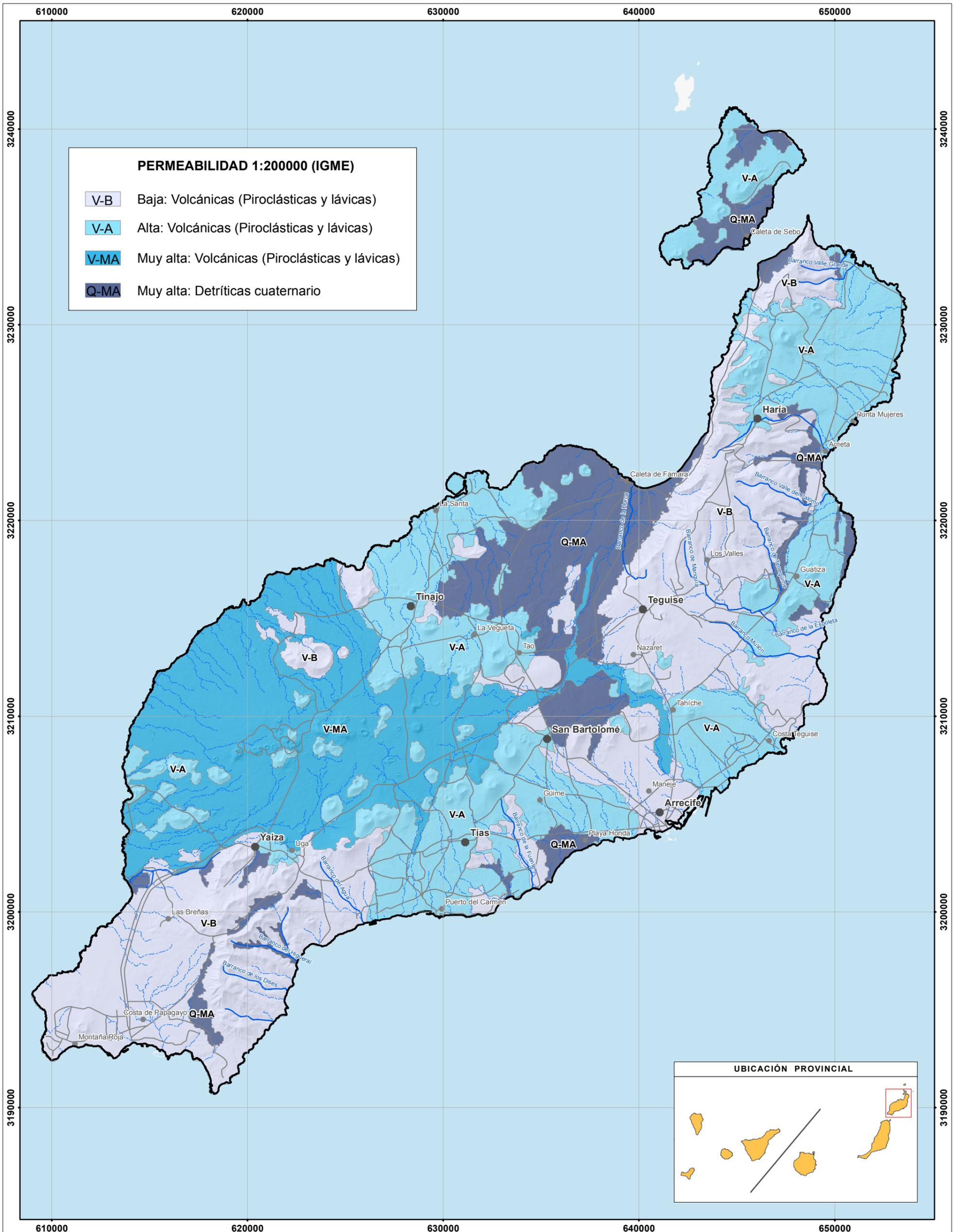
Escala 1:175,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	
Mapa: GEOLOGÍA	
Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrogeología
Fecha: Marzo 2017	Nº 2.1

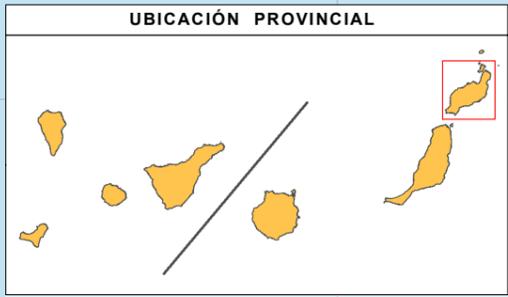
GEOLOGIA IGME 1:25000

	Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados		Edificio Ajaches. Tobas sálicas
	Rasa marina jandiense: arenas y conglomerados		Rasa marina Pliocena (+30/40 m)
	Depósitos antrópicos		Depósitos aluviales, de barrancos y de fondos de valle (conglomerados, gravas, arenas y arcillas)
	Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados		Playas de arenas y de cantos
	Rasa marina jandiense: arenas y conglomerados		Depósitos aluviales: conglomerados y arenas
	Masas de agua		Depósitos de ladera (tercera generación de abanicos en Famara)
	Coladas basálticas		Depósitos de ladera
	Coladas basálticas y basálticas olivínicas		Depósitos aluviales areno-arcillosos
	Conos de tefra y centros de emisión (lapillis, escorias y bombas)		Depósitos de caliches y zonas de incipiente encalchamiento
	Edificio Ajaches. Coladas basálticas		Arenas eólicas y recubrimientos de arenas eólicas
	Coladas basálticas y basálticas olivínicas		Arenas eólicas y arenas sobre sustrato
	Conos de tefra		Depósitos de deslizamientos gravitacionales y de ladera (segunda generación de abanicos en Famara)
	Piroclastos de dispersión de los tres episodios		Conos de tefra de diversas alineaciones volcánicas
	Conglomerados y arenas		Piroclastos de dispersión de diversas alineaciones y edificios volcánicos
	Arenas eólicas Pliocenas y Plio-Pleistocenas		Conos de tefra, conos de tefra basálticos y centros de emisión (lapillis, escorias y bombas) de diversas alineaciones volcánicas
	Edificio Ajaches. Coladas basálticas		Piroclastos y lapillis de dispersión, de diversas alineaciones volcánicas
	Edificio central. Coladas basálticas		Depósitos piroclásticos y arenosos alterados
	Edificio Ajaches. Conos de tefra y piroclastos basálticos y de dispersión		Arcillas sobre coladas (Edificio Guanapay)
	Edificio central. Conos de tefra		Edificio Famara. Coladas Basálticas y basálticas olivínicas
	Coladas basálticas y basálticas olivínicas		Edificio Famara. Piroclastos basálticos y conos de tefra enterrados
	Conos de tefra		Edificio Famara. Brechas líticas basálticas
	Piroclastos de dispersión de diversas alineaciones volcánicas		Coladas basálticas y basálticas olivínicas de diversas alineaciones volcánicas
	Depósitos de laderas (Famara): Primera generación de abanicos		Edificio Ajaches. Intrusiones mugearíticas -benmoreíticas
	Coladas basálticas y basálticas olivínicas		Coladas basálticas y basálticas olivínicas
	Conos de tefra		Conos de tefra
	Conos de tefra		Conos piroclásticos mixtos (estrombolianos-hidromagmáticos)
	Piroclastos de dispersión		Piroclastos freatomagmáticos y conos y edificios hidromagmáticos
	Coladas basálticas y basálticas olivínicas		Coladas basálticas, basálticas olivínicas y olivínico-piroxénicas, de diversas alineaciones volcánicas, coladas basálticas "intracayon" del Bco. Teneguime y coladas basálticas pahoehoe
	Recubrimiento de arenas sobre coladas		Piroclastos de dispersión de diversas alineaciones volcánicas
	Conos de tefra		Conos de tefra y piroclastos basálticos (lapillis, escorias y bombas) de diversas alineaciones volcánicas
	Piroclastos de dispersión		Intrusivo basáltico de la Alineación Teneguime-Mala-Atalaya de Haría
	Coladas basálticas de la alineación de Montaña Bermeja		Depósitos piroclásticos mixtos (estrombolianos-hidromagmáticos)
	Conos de tefra de la alineación de Montaña Bermeja		Coladas basálticas olivínicas
	Edificio Famara. Coladas basálticas y basálticas olivínicas		Conos de tefra estrombolianos
	Edificio Famara. Piroclastos basálticos y conos de tefra		Piroclastos basálticos de dispersión
	Delgados recubrimientos de lapilli sobre coladas basálticas		Depósitos piroclásticos basálticos hidromagmáticos
	Edificio Ajaches. Intrusivos basálticos y básicos en general		Depósitos de ladera y coluviones (arenas y gravas)
	Edificio Famara. Intrusivos basálticos y básicos en general		Depósitos de terrazas
	Edificio Ajaches. Coladas basálticas		Coladas basálticas y basálticas olivínicas de diversas alineaciones y edificios volcánicos
	Edificio Ajaches. Conos de tefra y piroclásticos basálticos		Edificios hidromagmáticos y piroclastos freatomagmáticos
	Edificio Famara. Coladas basálticas y basálticas olivínicas		Edificio Ajaches. Gabros
	Edificio Famara. piroclastos basálticos, piroclastos basálticos de dispersión y conos de tefra enterrados		Edificio Ajaches. Brechas
	Coladas basálticas y basálticas olivínicas		Coladas basálticas y basálticas olivínicas de diversas alineaciones volcánicas
	Recubrimiento de arenas sobre coladas		Conos de tefra, centros de emisión (lapilli, escorias y bombas) de diversas alineaciones volcánicas
	Conos de tefra		Depósitos Cuaternarios indiferenciados
	Coladas basálticas		Depósitos de deslizamientos gravitacionales y deslizamientos de ladera
	Conos de tefra		Sedimentos continentales
	Piroclastos de dispersión		Depósito piroclásticos hidromagmáticos y conos de tobas
	Edificio Ajaches. Nivel marino tortoniense (+25 m): arenas y conglomerados		Conos de tefra
	Edificio Ajaches. Sedimentos continentales: arenas y conglomerados		Piroclastos basálticos, de dispersión, estrombolianos
	Depósitos de glaciares y glaciares - cono (sobre Edificios Ajaches y Famara): arenas, cantos y conglomerados		
	Edificio Famara. Arenas eólicas con huevos fósiles		
	Coladas basálticas olivínicas		
	Edificio Ajaches. Coladas mugearíticas -benmoreíticas		
	Diques basálticos		
	Diques sálicos		
	Edificio Ajaches. Intrusivos traquíticos		



PERMEABILIDAD 1:200000 (IGME)

- V-B Baja: Volcánicas (Piroclásticas y lávicas)
- V-A Alta: Volcánicas (Piroclásticas y lávicas)
- V-MA Muy alta: Volcánicas (Piroclásticas y lávicas)
- Q-MA Muy alta: Detríticas cuaternario



CARTOGRAFÍA BASE

- Núcleos de Población
- Capital Municipal
- Vías Principales
- Drenajes Secundarios
- Límite del Proyecto
- Región Terrestre
- Región Marítima

0 1.5 3 6 9
 km

Escala 1:175,000
 Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

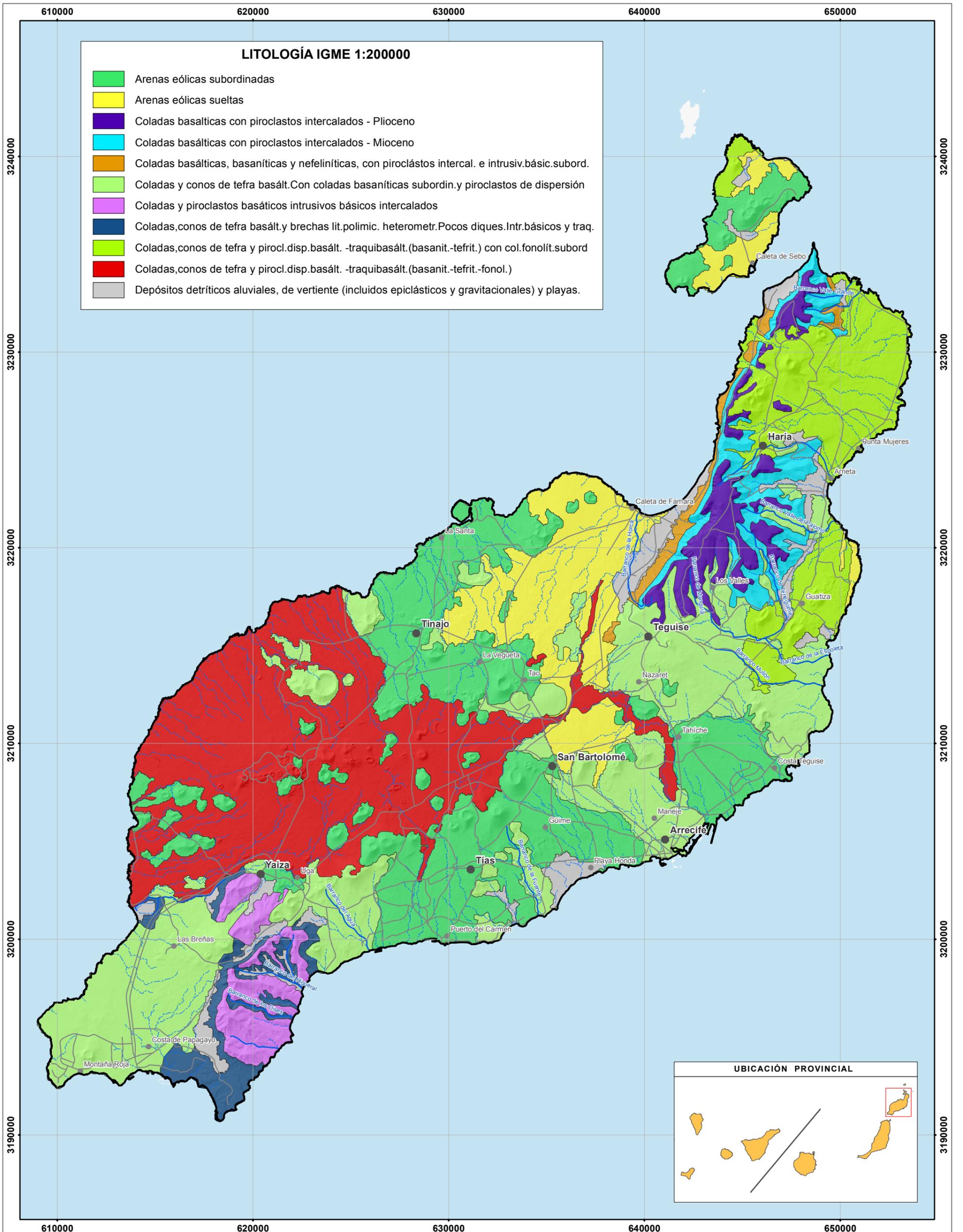
CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE

INCLAM GRUPO

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

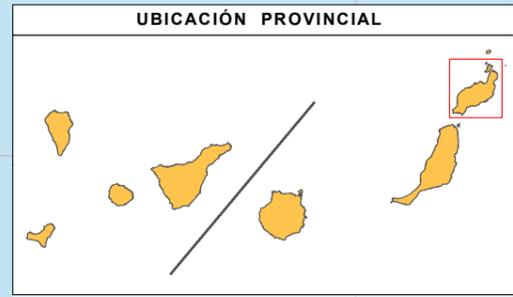
Mapa: **PERMEABILIDAD**

Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrogeología	Fecha: Marzo 2017
		Nº 2.2



LITOLOGÍA IGME 1:200000

- Arenas eólicas subordinadas
- Arenas eólicas sueltas
- Coladas basálticas con piroclastos intercalados - Plioceno
- Coladas basálticas con piroclastos intercalados - Mioceno
- Coladas basálticas, basaníticas y nefeliníticas, con piroclastos intercalados e intrusivos básicos subordinados
- Coladas y conos de tefra basáltica con coladas basaníticas subordinadas y piroclastos de dispersión
- Coladas y piroclastos basálticos intrusivos básicos intercalados
- Coladas, conos de tefra basáltica y brechas litopolimicas heterométricas. Pocos diques intrusivos básicos y traqueales
- Coladas, conos de tefra y piroclastos dispersos basálticos - traqueobasálticos (basaníticos-tefriticos) con coladas fonolíticas subordinadas
- Coladas, conos de tefra y piroclastos dispersos basálticos - traqueobasálticos (basaníticos-tefriticos-fonolíticos)
- Depósitos detríticos aluviales, de vertiente (incluidos epiclásticos y gravitacionales) y playas.



CARTOGRAFÍA BASE

- Núcleos de Población
- Límite del Proyecto
- Capital Municipal
- Región Terrestre
- Vías Principales
- Región Marítima
- Drenajes Principales
- Drenajes Secundarios

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

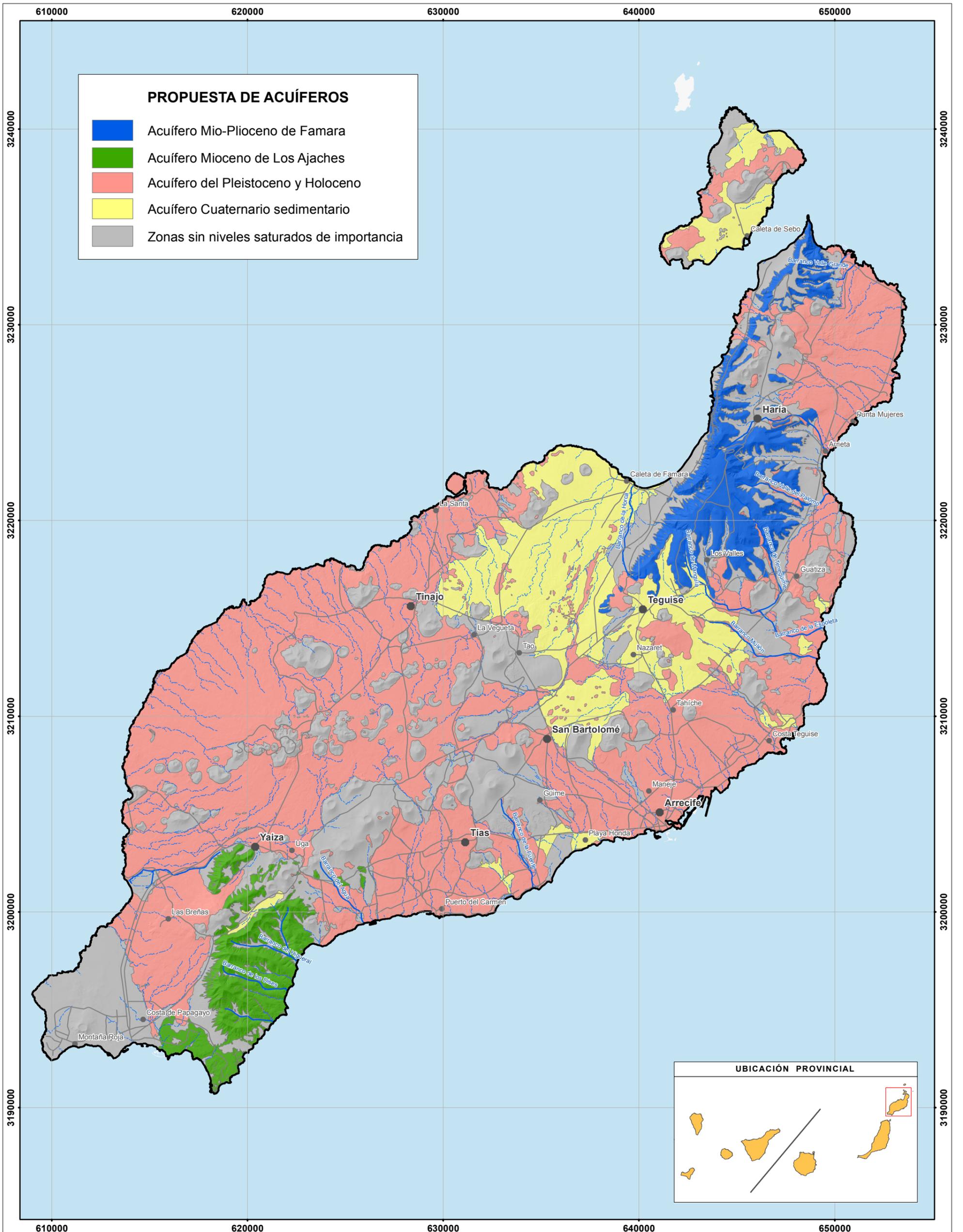
CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
 AVDA. PABLO CLAYTON, S/N. 35.500 ARRECIFE DE LANZAROTE
 TEL. 902 87 85 86 - FAX 902 87 27 86 - WWW.IAGLANZAROTE.COM

INCLAM
GRUPO

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **LITOLOGÍA**

Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrogeología	Fecha: Marzo 2017
		Nº 2.3



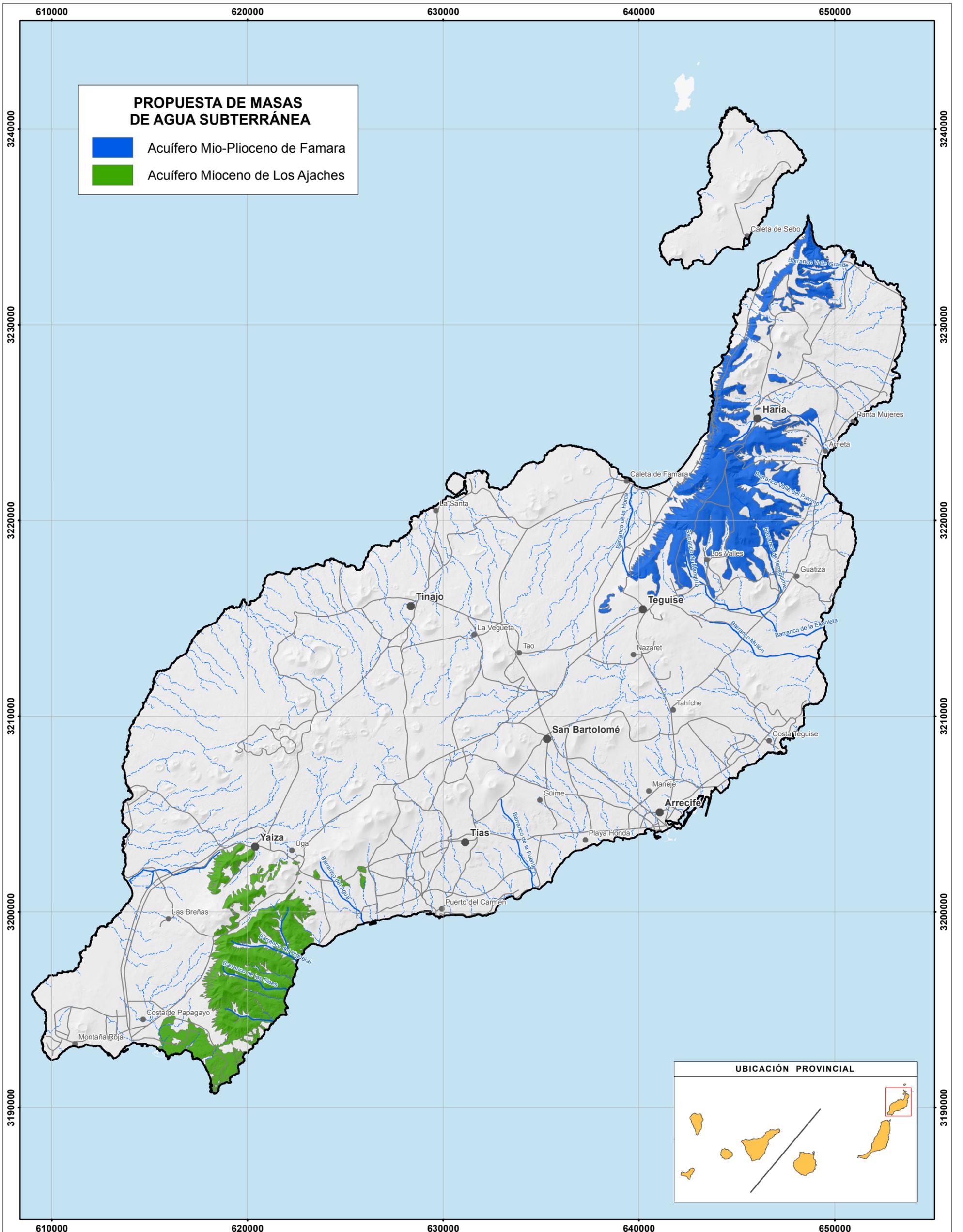
CARTOGRAFÍA BASE	
● Núcleos de Población	▭ Límite del Proyecto
● Capital Municipal	▭ Región Terrestre
— Vías Principales	▭ Región Marítima
— Drenajes Principales	
--- Drenajes Secundarios	

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

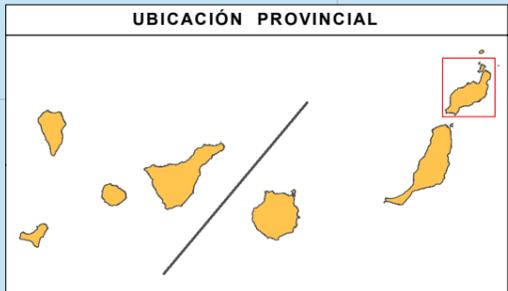
Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	
Mapa: PROPUESTA DE ACUÍFEROS	
Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrogeología
Fecha: Marzo 2017	Nº 2.4



PROPUESTA DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

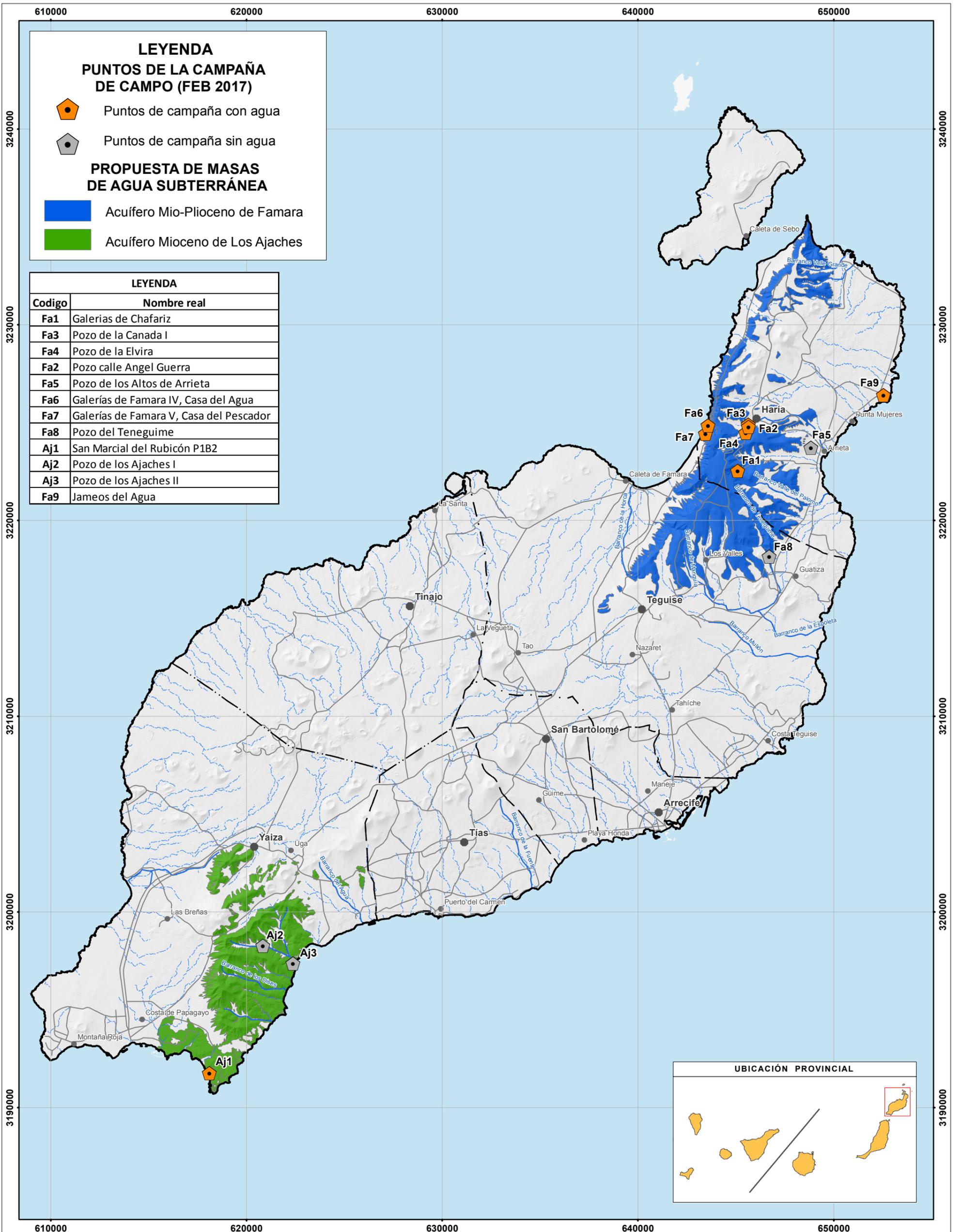
- Acuífero Mio-Plioceno de Famara
- Acuífero Mioceno de Los Ajaches



CARTOGRAFÍA BASE	
● Núcleos de Población	▭ Límite del Proyecto
● Capital Municipal	▭ Región Terrestre
— Vías Principales	▭ Región Marítima
— Drenajes Principales	
— Drenajes Secundarios	

Escala 1:175,000
 Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE		
Mapa: PROPUESTA DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA		
Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrogeología	Fecha: Marzo 2017
		Nº 2.5



LEYENDA
PUNTOS DE LA CAMPAÑA DE CAMPO (FEB 2017)

-  Puntos de campaña con agua
-  Puntos de campaña sin agua

PROPUESTA DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

-  Acuífero Mio-Plioceno de Famara
-  Acuífero Mioceno de Los Ajaches

LEYENDA

Codigo	Nombre real
Fa1	Galerías de Chafariz
Fa3	Pozo de la Canada I
Fa4	Pozo de la Elvira
Fa2	Pozo calle Angel Guerra
Fa5	Pozo de los Altos de Arrieta
Fa6	Galerías de Famara IV, Casa del Agua
Fa7	Galerías de Famara V, Casa del Pescador
Fa8	Pozo del Tenequime
Aj1	San Marcial del Rubicón P1B2
Aj2	Pozo de los Ajaches I
Aj3	Pozo de los Ajaches II
Fa9	Jameos del Agua

- CARTOGRAFÍA BASE**
-  Núcleos de Población
 -  Capital Municipal
 -  Vías Principales
 -  Drenajes Principales
 -  Drenajes Secundarios
 -  Límite del Proyecto
 -  Límite Municipal
 -  Región Terrestre
 -  Región Marítima



Escala 1:175,000
Proyección Universal Transverse Mercator
Dátum horizontal : ETRS 1989
Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
Zona: 28 Norte



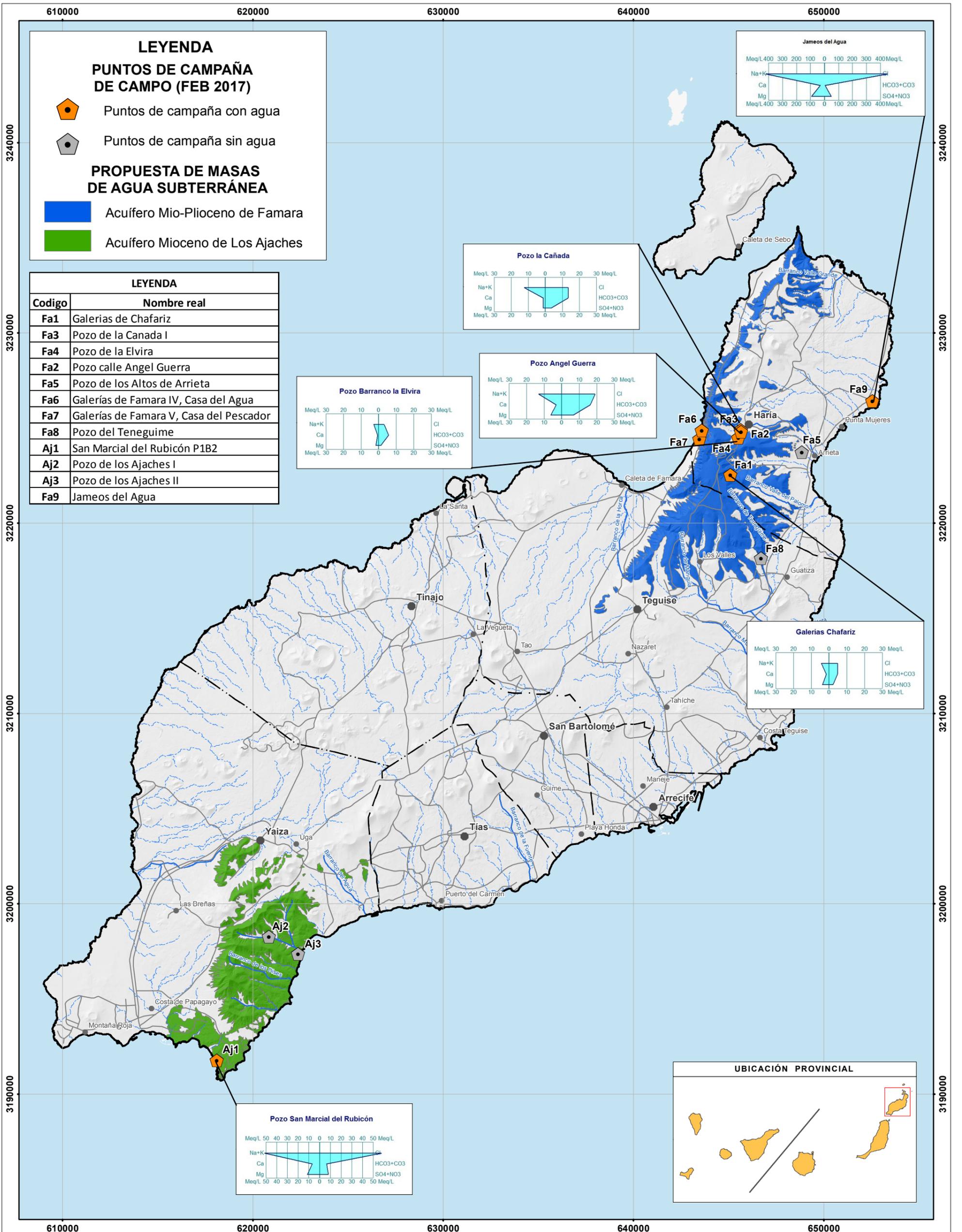
CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
AVDA. DE LOS GIGANTES, S/N. 35.000 ARRECIFE DE LANZAROTE
TEL. 929 87 85 86 - FAX 929 87 21 88 - WWW.IAGLANZAROTE.COM



Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **PUNTOS DE LA CAMPAÑA DE CAMPO**

Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrogeología	Fecha: Marzo 2017	Nº 2.6
--	-------------------------	-------------------	---------------



LEYENDA

PUNTOS DE CAMPAÑA DE CAMPO (FEB 2017)

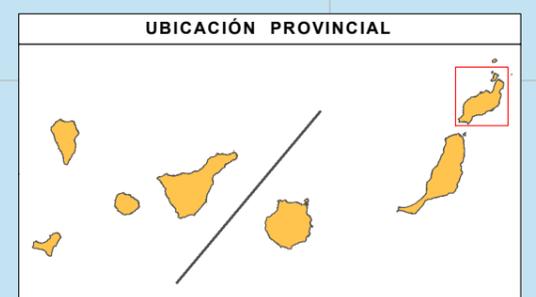
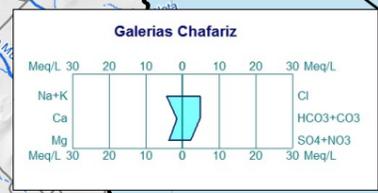
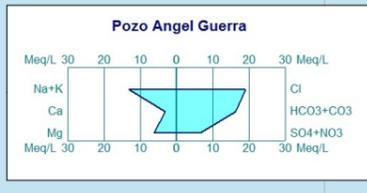
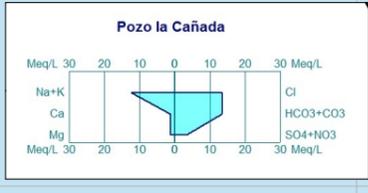
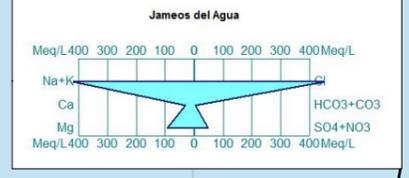
- Puntos de campaña con agua
- Puntos de campaña sin agua

PROPUESTA DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

- Acuífero Mio-Plioceno de Famara
- Acuífero Mioceno de Los Ajaches

LEYENDA

Codigo	Nombre real
Fa1	Galerías de Chafariz
Fa3	Pozo de la Canada I
Fa4	Pozo de la Elvira
Fa2	Pozo calle Angel Guerra
Fa5	Pozo de los Altos de Arrieta
Fa6	Galerías de Famara IV, Casa del Agua
Fa7	Galerías de Famara V, Casa del Pescador
Fa8	Pozo del Teneguime
Aj1	San Marcial del Rubicón P1B2
Aj2	Pozo de los Ajaches I
Aj3	Pozo de los Ajaches II
Fa9	Jameos del Agua



LEYENDA

Núcleos de Población	Límite del Proyecto
Capital Municipal	Límite Municipal
Vías Principales	Región Terrestre
Drenajes Principales	Región Marítima
Drenajes Secundarios	

0 1.5 3 6 9 km

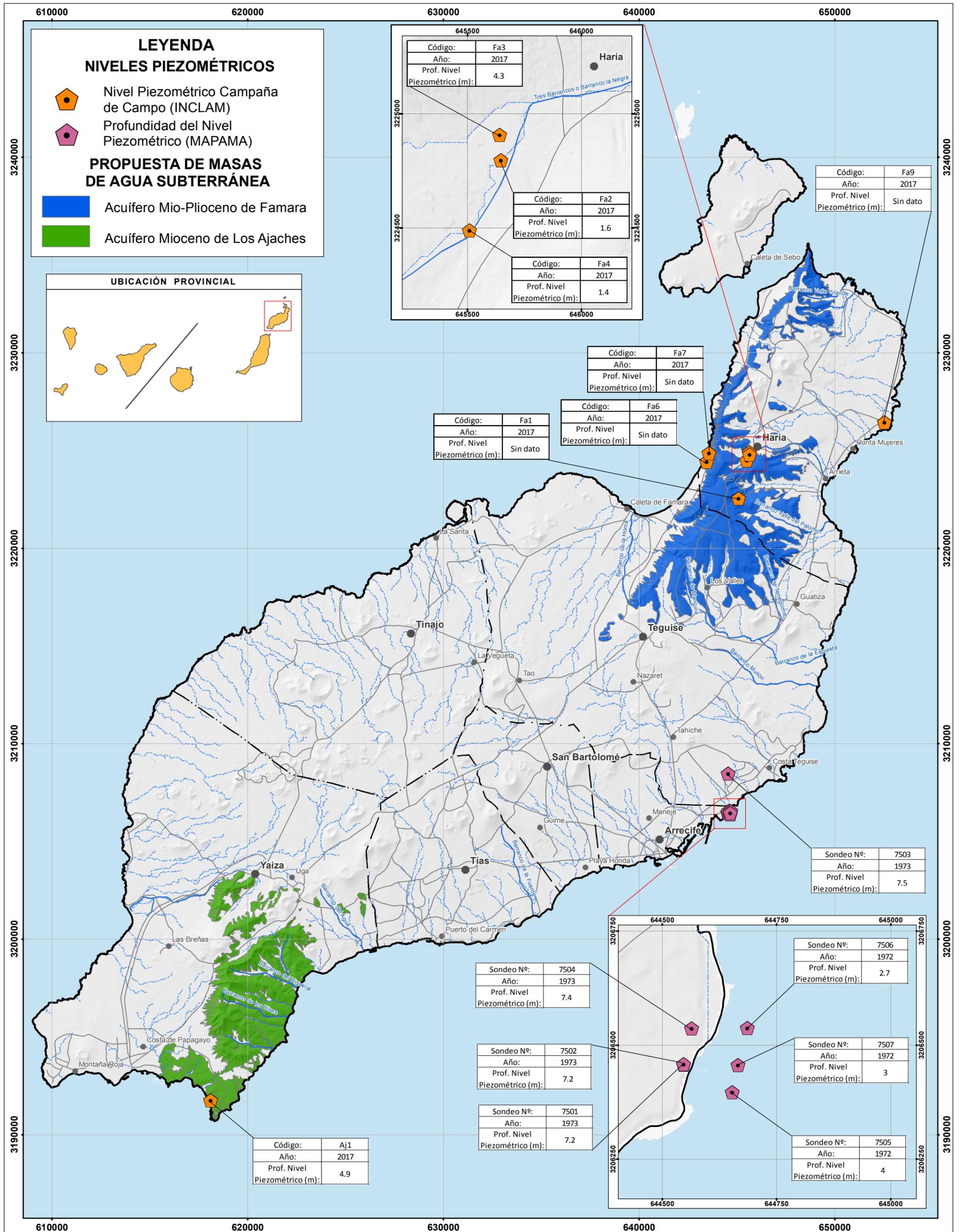
Escala 1:180,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **HIDROGEOQUÍMICA**

Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrogeología	Fecha: Marzo 2017	Nº 2.7
--	-------------------------	-------------------	---------------



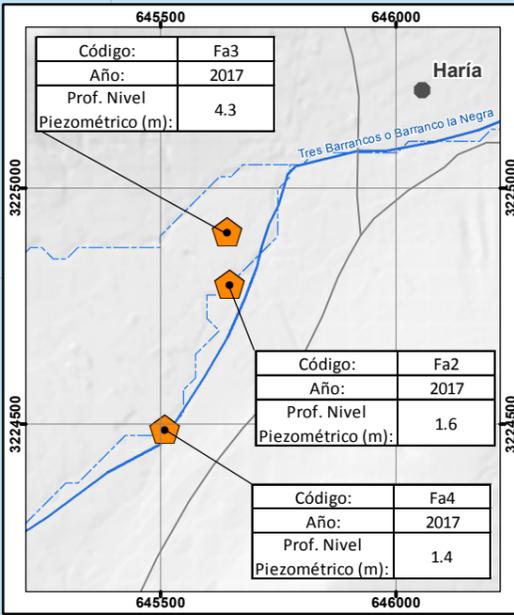
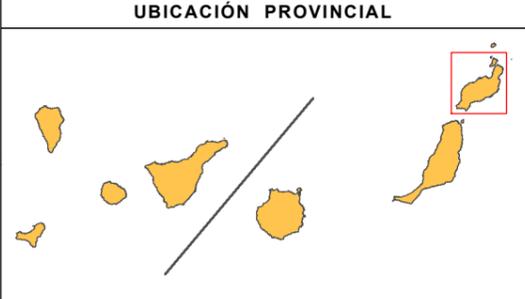
LEYENDA
NIVELES PIEZOMÉTRICOS

- Nivel Piezométrico Campaña de Campo (INCLAM)
- Profundidad del Nivel Piezométrico (MAPAMA)
- Acuífero Mio-Plioceno de Famara
- Acuífero Mioceno de Los Ajaches

PROPUESTA DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

- Acuífero Mio-Plioceno de Famara
- Acuífero Mioceno de Los Ajaches

UBICACIÓN PROVINCIAL



Código:	Fa9
Año:	2017
Prof. Nivel Piezométrico (m):	Sin dato

Código:	Fa1
Año:	2017
Prof. Nivel Piezométrico (m):	Sin dato

Código:	Fa6
Año:	2017
Prof. Nivel Piezométrico (m):	Sin dato

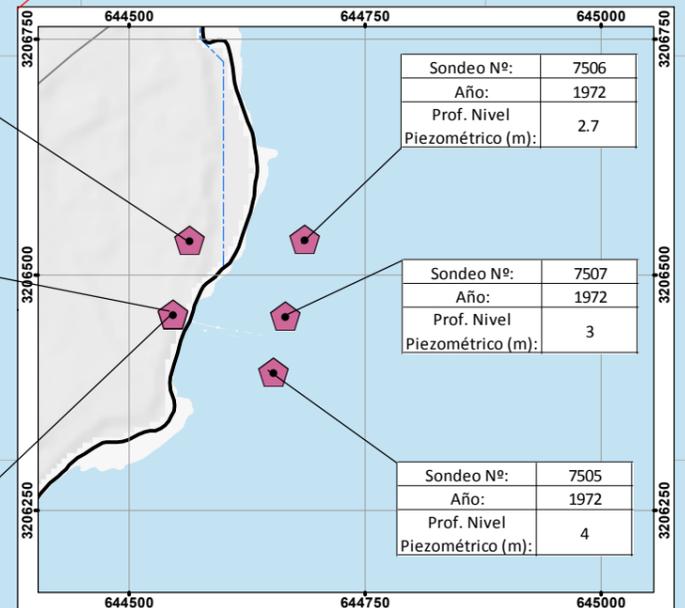
Código:	Fa7
Año:	2017
Prof. Nivel Piezométrico (m):	Sin dato

Sondeo Nº:	7503
Año:	1973
Prof. Nivel Piezométrico (m):	7.5

Sondeo Nº:	7504
Año:	1973
Prof. Nivel Piezométrico (m):	7.4

Sondeo Nº:	7502
Año:	1973
Prof. Nivel Piezométrico (m):	7.2

Sondeo Nº:	7501
Año:	1973
Prof. Nivel Piezométrico (m):	7.2



Código:	Aj1
Año:	2017
Prof. Nivel Piezométrico (m):	4.9

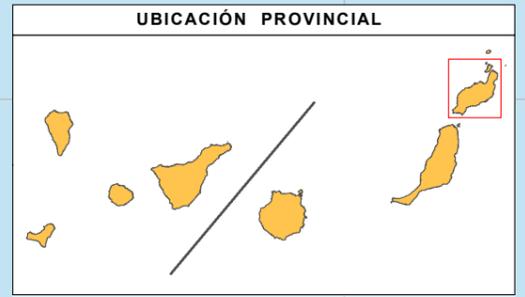
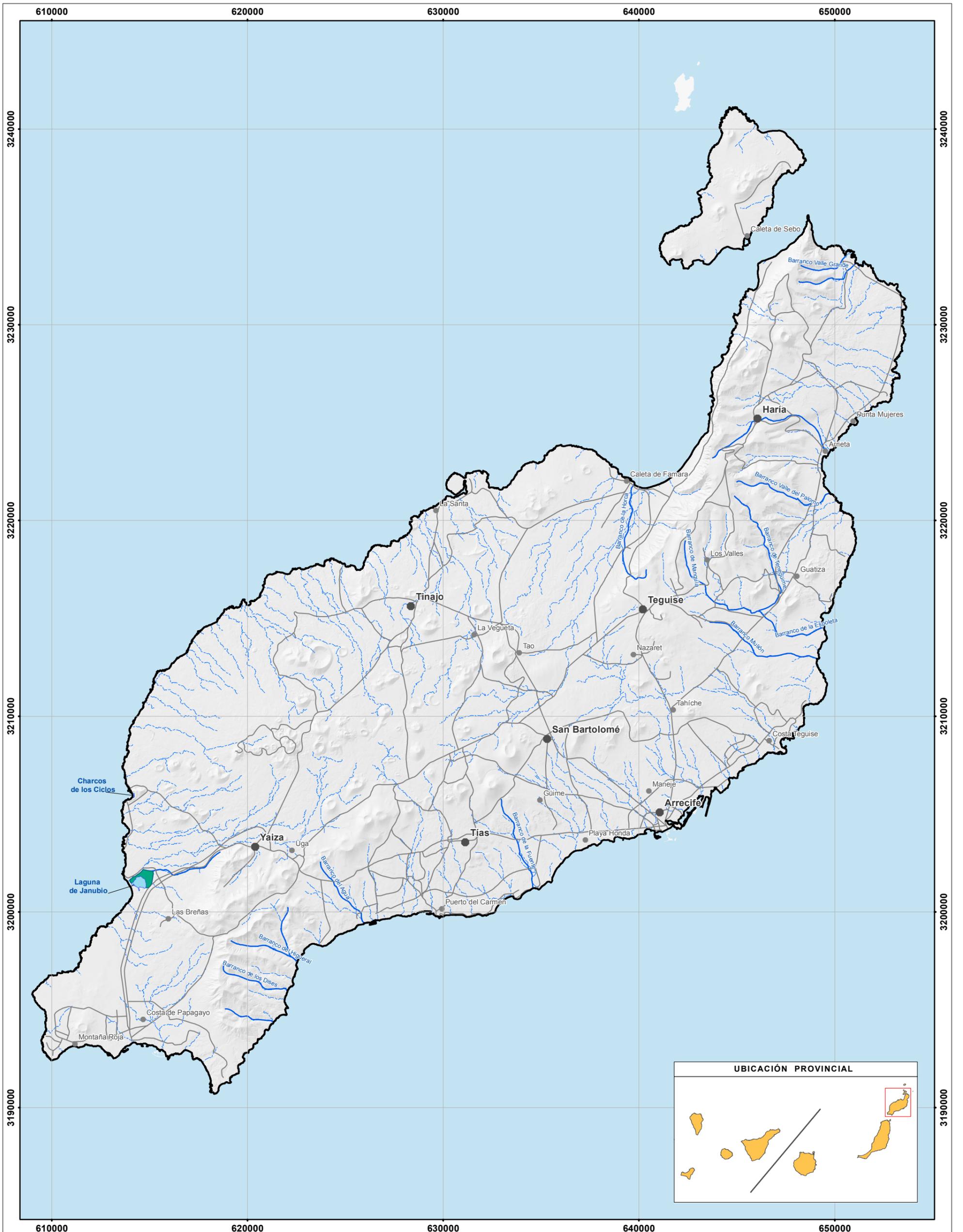
CARTOGRAFÍA BASE

- Núcleos de Población
- Capital Municipal
- Vías Principales
- Drenajes Principales
- Drenajes Secundarios
- Límite del Proyecto
- Límite Municipal
- Región Terrestre
- Región Marítima



Escala 1:175,000
Proyección Universal Transverse Mercator
Dátum horizontal : ETRS 1989
Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
Zona: 28 Norte

Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE			
Mapa: PROFUNDIDAD DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO			
Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, MAPAMA, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrogeología	Fecha: Marzo 2017	Nº 2.8



LEYENDA

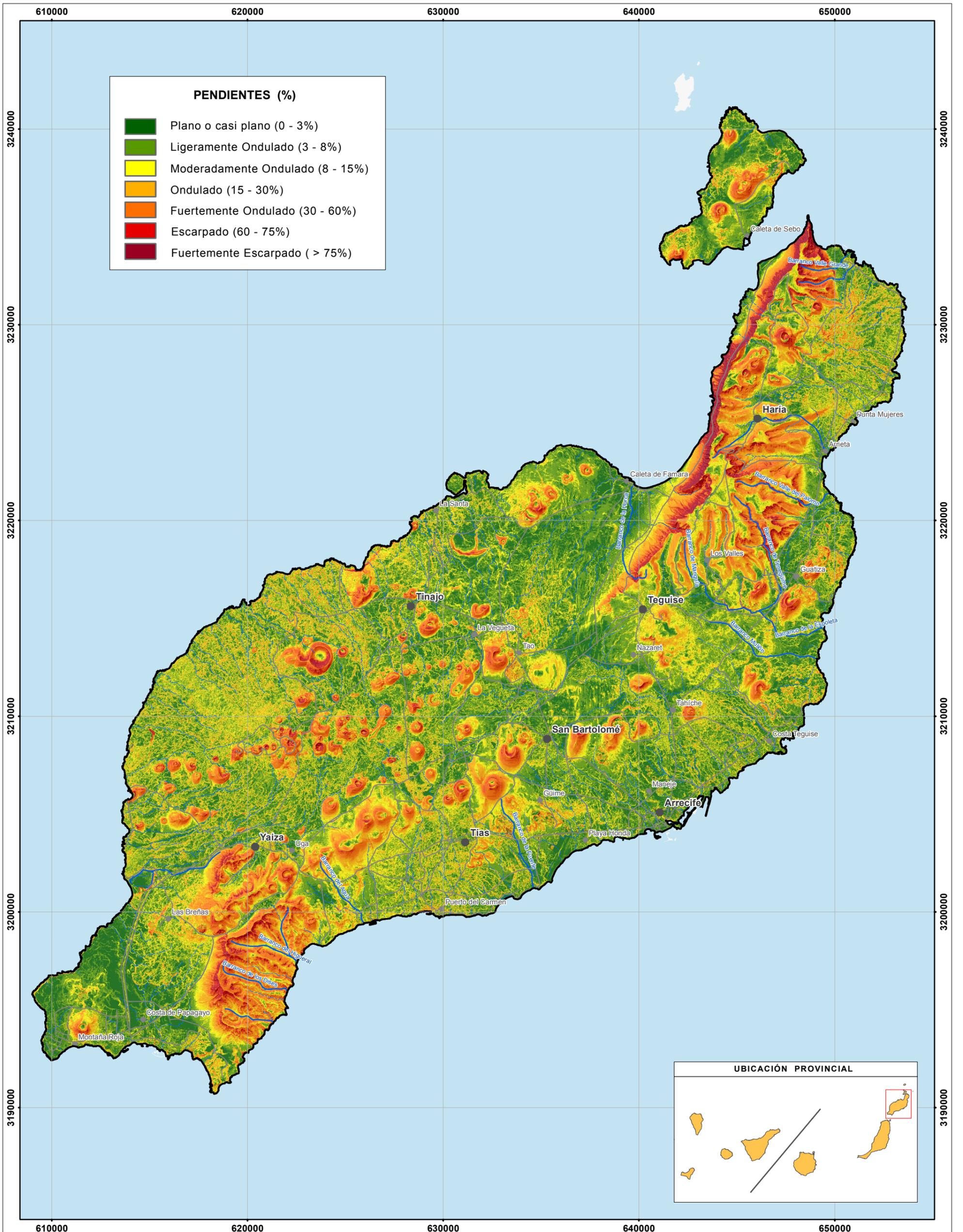
CARTOGRAFÍA BASE	
● Núcleos de Población	■ Lagunas
● Capital Municipal	■ Humedal
— Vías Principales	▭ Límite del Proyecto
— Drenajes Principales	■ Región Terrestre
- - - Drenajes Secundarios	■ Región Marítima

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

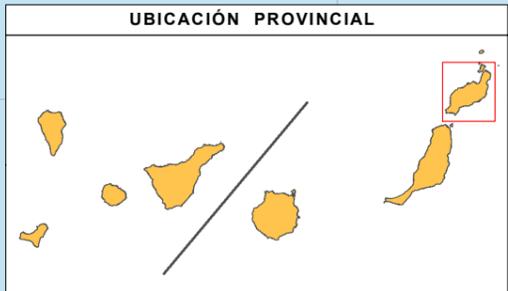
Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	
Mapa: HIDROLOGÍA	
Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrología
Fecha: Marzo 2017	Nº 3.1



PENDIENTES (%)

- Plano o casi plano (0 - 3%)
- Ligeramente Ondulado (3 - 8%)
- Moderadamente Ondulado (8 - 15%)
- Ondulado (15 - 30%)
- Fuertemente Ondulado (30 - 60%)
- Escarpado (60 - 75%)
- Fuertemente Escarpado (> 75%)



CARTOGRAFÍA BASE

- Núcleos de Población
- Límite del Proyecto
- Capital Municipal
- Región Terrestre
- Vías Principales
- Región Marítima
- Drenajes Principales
- Drenajes Secundarios

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

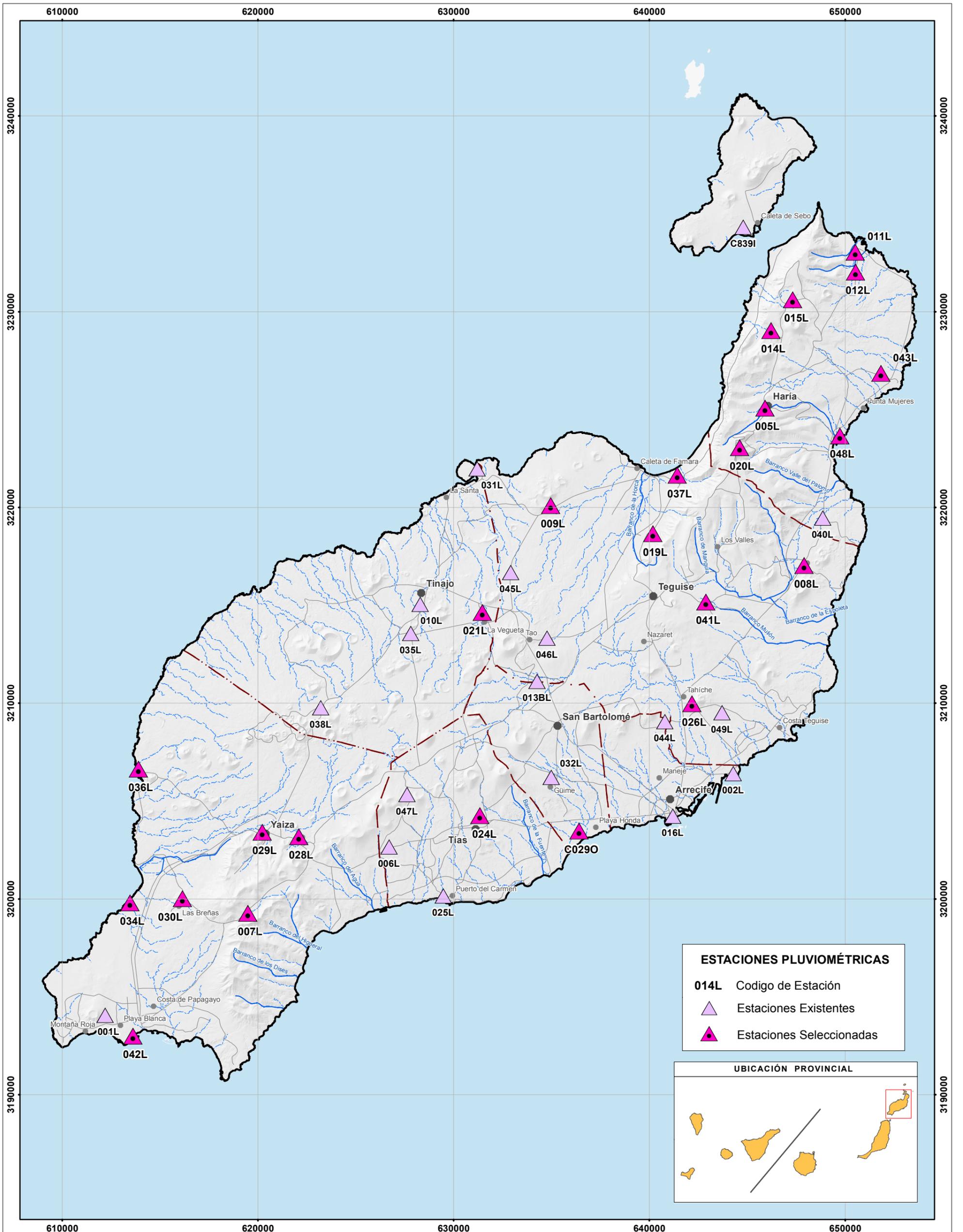
CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE
 AVDA. PABLO CLAYTON, S/N. 35.000 ARRECIFE DE LANZAROTE
 TEL. 929.87.85.86 - FAX 929.87.27.88 - WWW.IAGLANZAROTE.COM

INCLAM
GRUPO

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **PENDIENTES**

Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrología	Fecha: Marzo 2017	Nº 3.2
---	-------------------------	----------------------	------------------

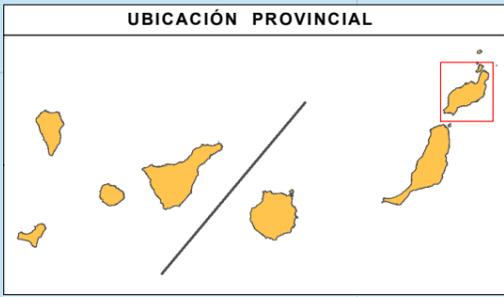


ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

014L Código de Estación

△ Estaciones Existentes

▲ Estaciones Seleccionadas



LEYENDA

CARTOGRAFÍA BASE

- Núcleos de Población
- Capital Municipal
- Vías Principales
- Drenajes Principales
- - - Drenajes Secundarios
- Límite del Proyecto
- - - Límite Municipal
- Región Terrestre
- Región Marítima

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE

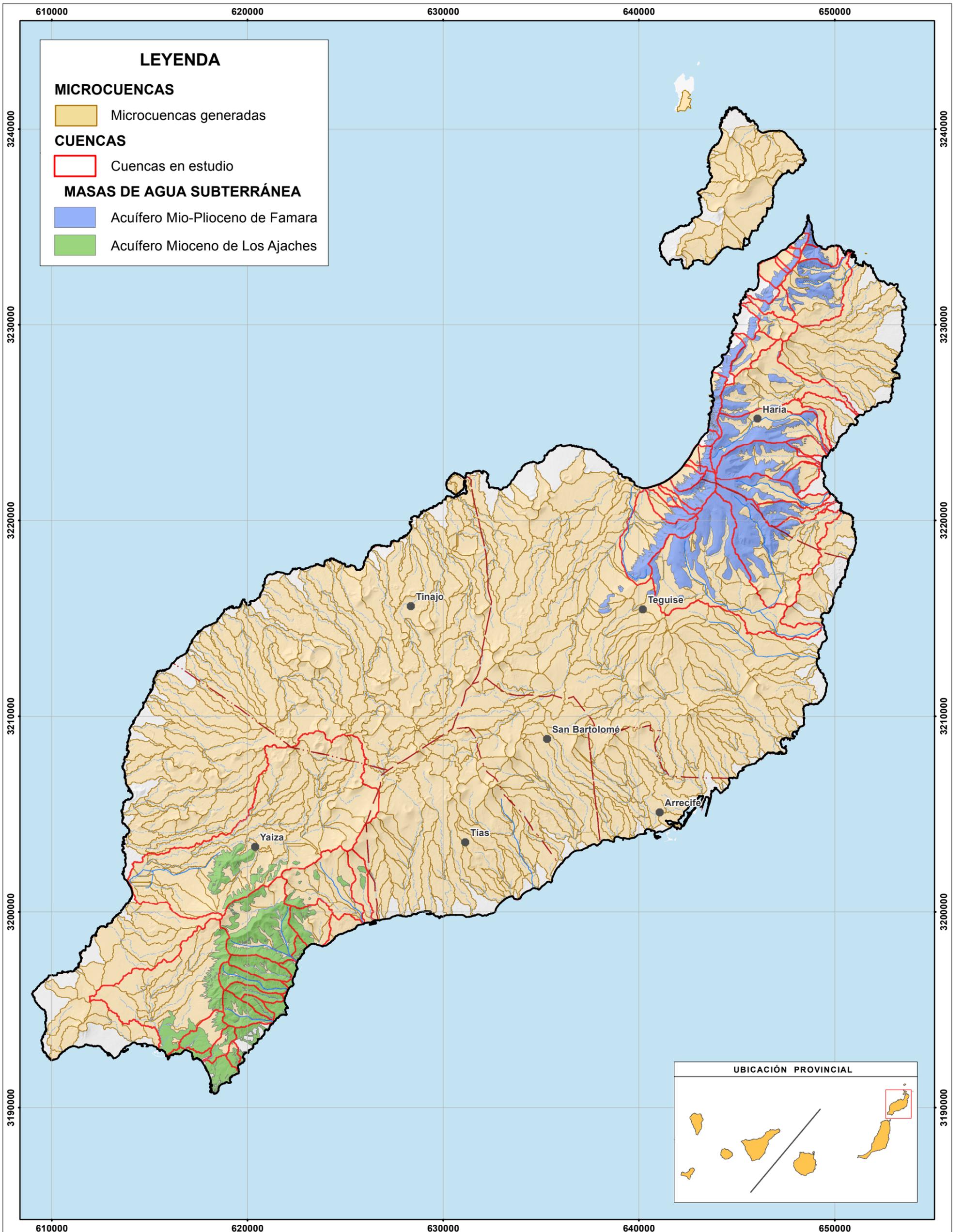
[CIAL]

INCLAM GRUPO

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS**

Fuente: BTN100, Gob. de Canarias, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrología	Fecha: Marzo 2017	Nº 3.3
--	----------------------	-------------------	---------------



LEYENDA

MICROCUENCAS

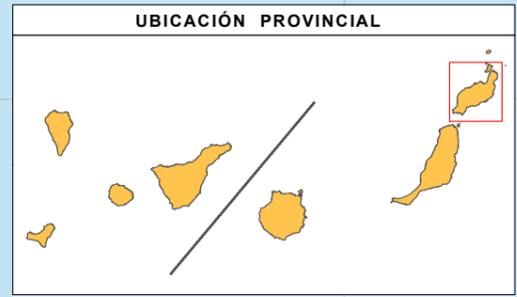
- Microcuencas generadas

CUENCAS

- Cuencas en estudio

MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

- Acuífero Mio-Plioceno de Famara
- Acuífero Mioceno de Los Ajaches



LEYENDA

CARTOGRAFÍA BASE

- Capital Municipal
- Drenajes Principales
- Drenajes Secundarios
- Límite del Proyecto
- Región Terrestre
- Región Marítima

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

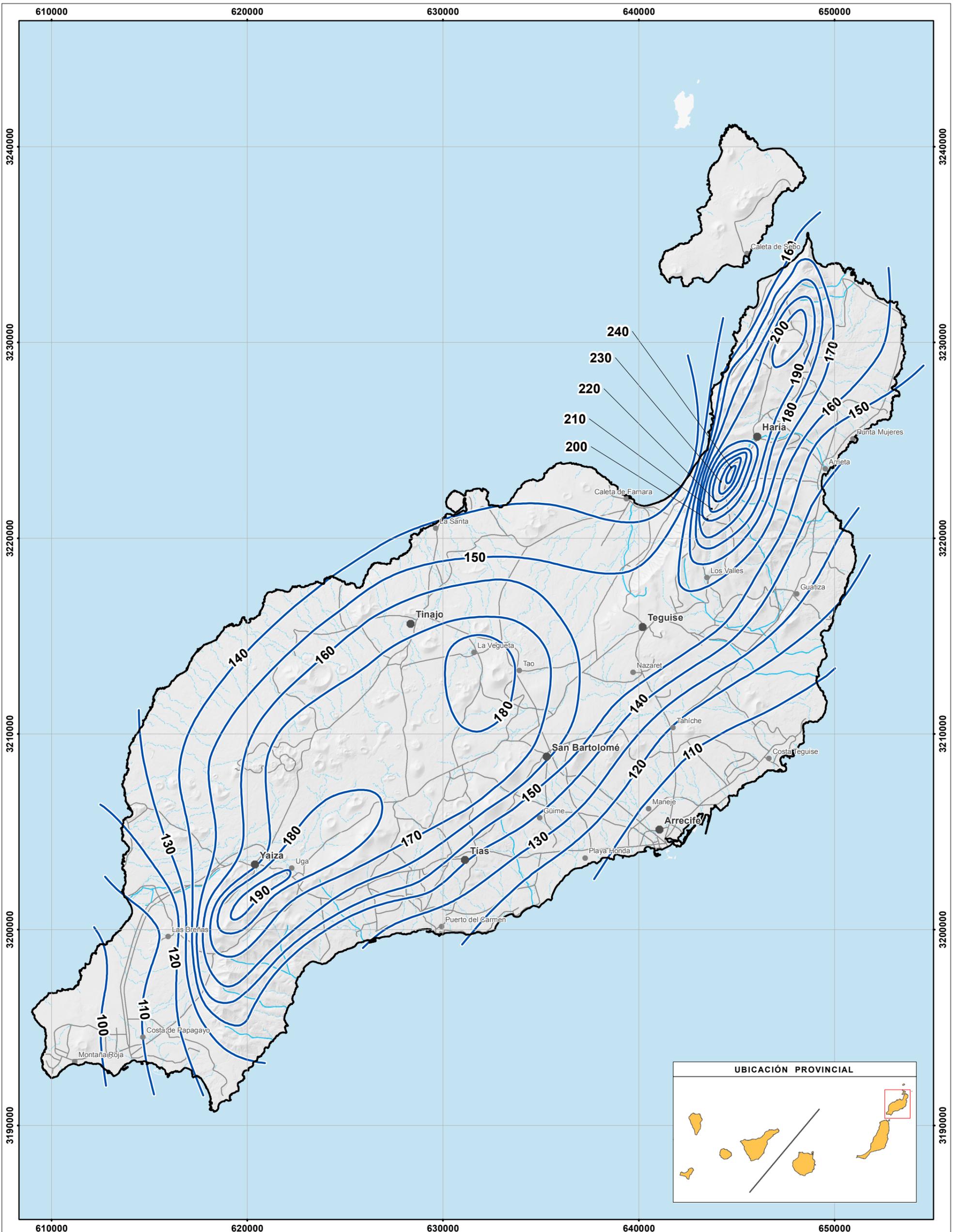
CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE [CIAL]

INCLAM GRUPO

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL ESTUDIO**

Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrología	Fecha: Marzo 2017	Nº 3.4
--	----------------------	-------------------	---------------



LEYENDA

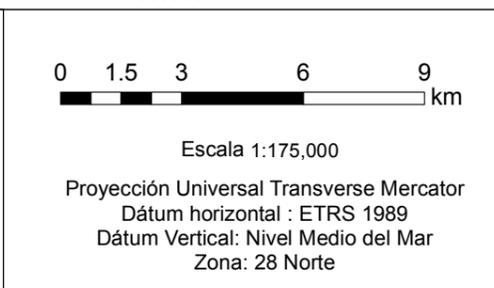
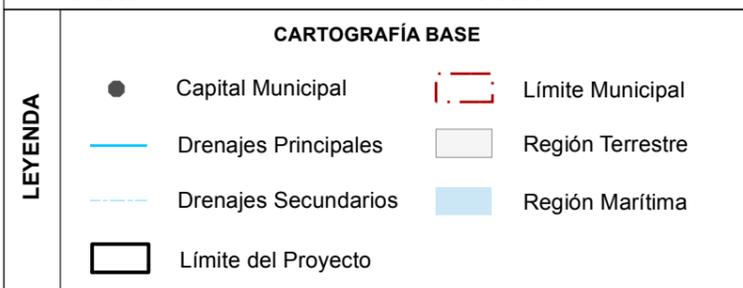
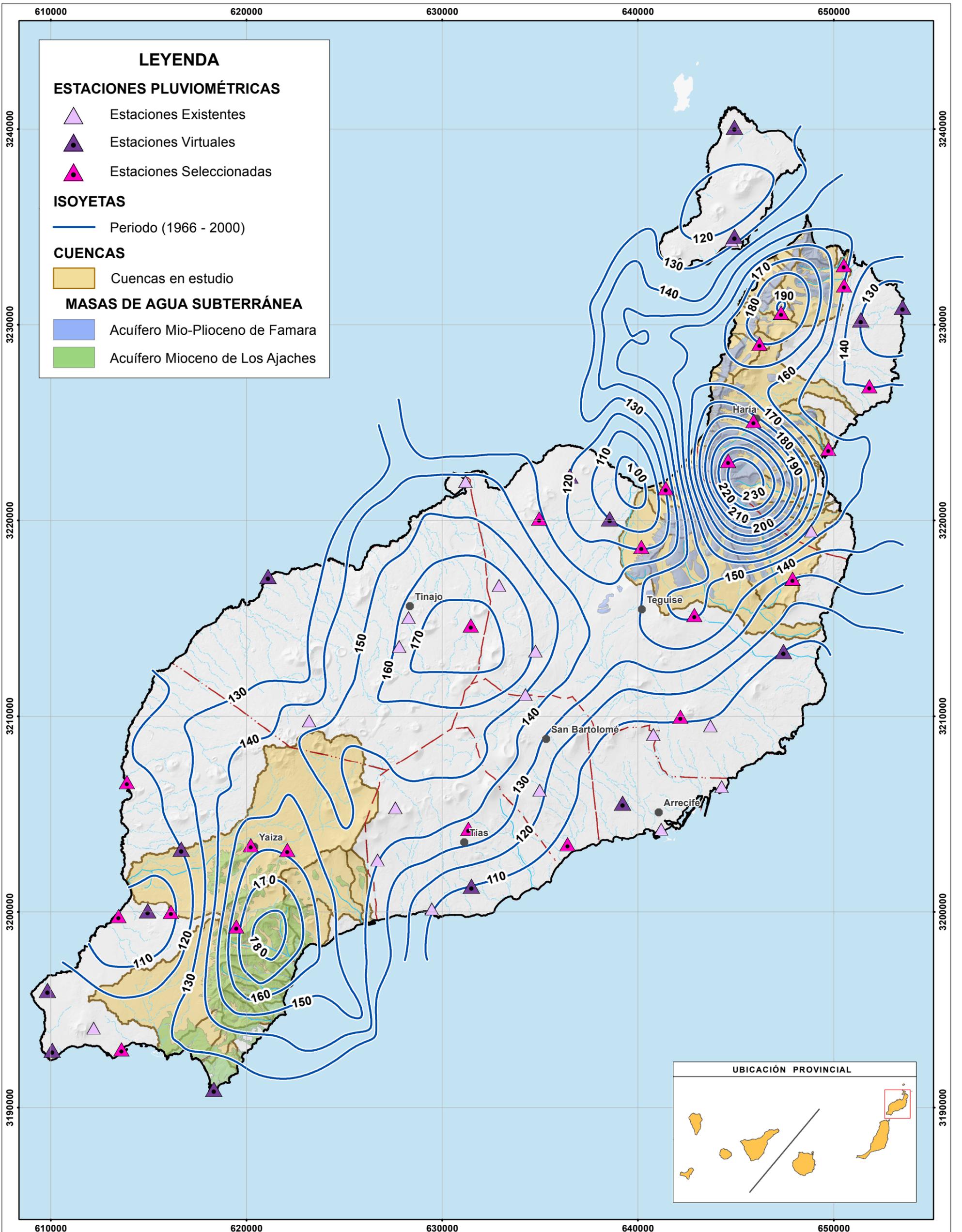
CARTOGRAFÍA BASE	
● Nucleos de Población	— Isoyetas PHIL 2001
● Capital Municipal	□ Límite del Proyecto
— Vías Principales	□ Región Terrestre
— Drenajes Principales	□ Región Marítima
--- Drenajes Secundarios	

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

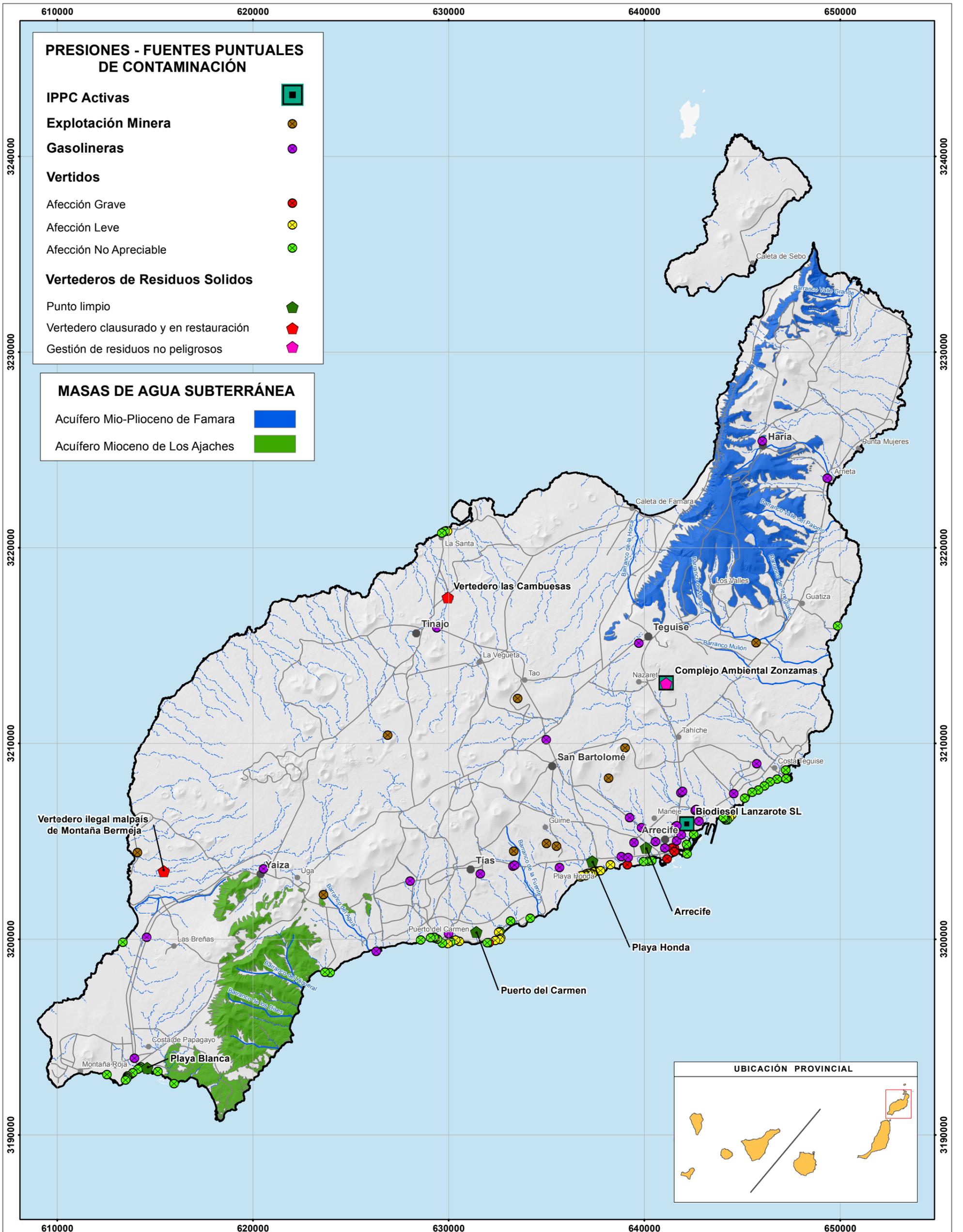
Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	
Mapa: ISOYETAS - PLAN HIDROLÓGICO INSULAR DE LANZAROTE 2001	
Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrología
Fecha: Marzo 2017	Nº 3.5



Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **ISOYETAS PERIODO (1966 - 2000)**

Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Hidrología	Fecha: Marzo 2017	Nº 3.6
--	----------------------	-------------------	---------------



PRESIONES - FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN

- IPPC Activas ■
- Explotación Minera ●
- Gasolineras ●
- Vertidos
 - Afección Grave ●
 - Afección Leve ●
 - Afección No Apreciable ●
- Vertederos de Residuos Solidos
 - Punto limpio ◆
 - Vertedero clausurado y en restauración ◆
 - Gestión de residuos no peligrosos ◆

MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

- Acuífero Mio-Plioceno de Famara ■
- Acuífero Mioceno de Los Ajaches ■

LEYENDA

CARTOGRAFÍA BASE

- Núcleos de Población
- Capital Municipal
- Vías Principales
- Drenajes Principales
- Drenajes Secundarios
- Límite del Proyecto
- Región Terrestre
- Región Marítima

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

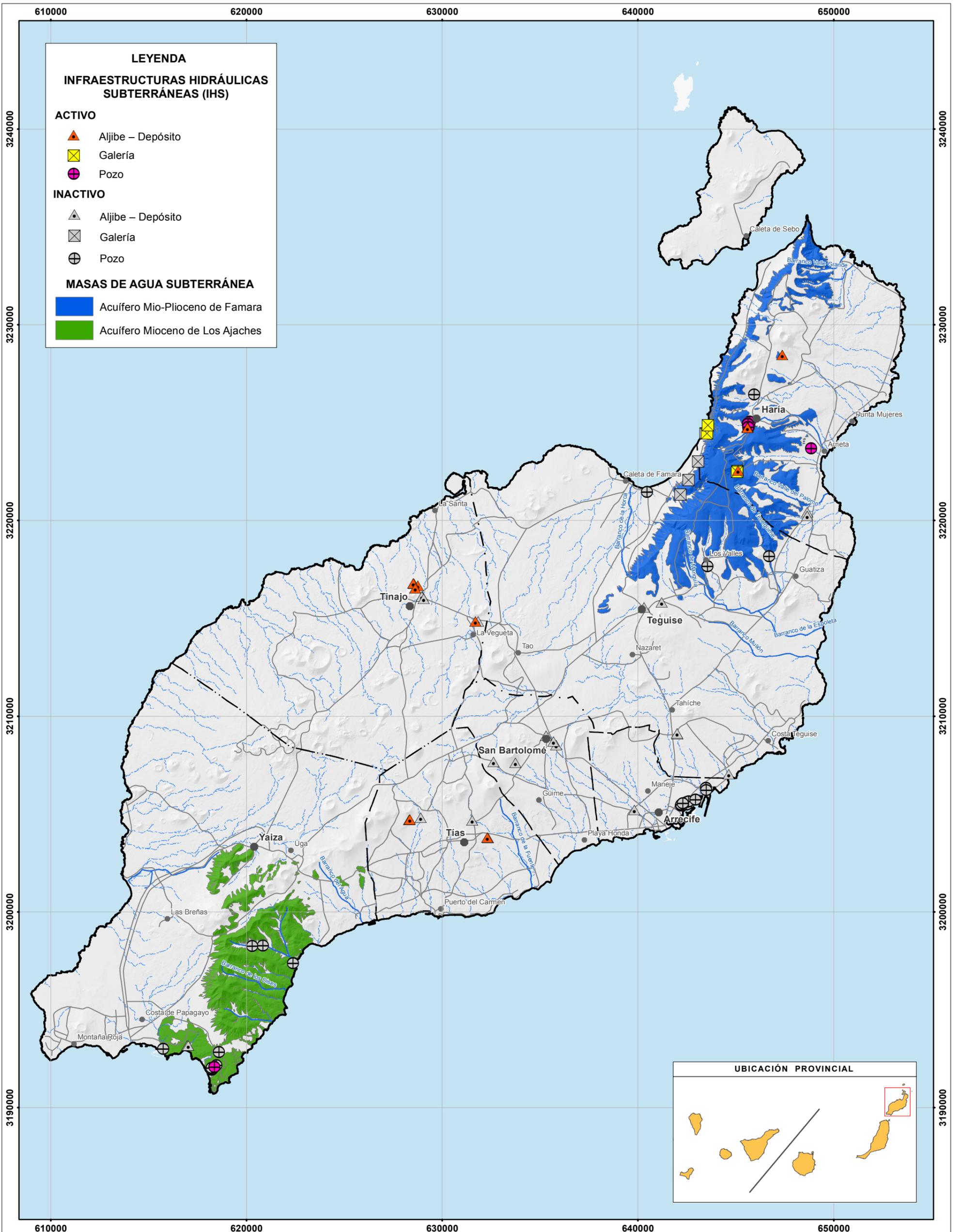
Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

UBICACIÓN PROVINCIAL

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **PRESIONES - FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN**

Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Presiones	Fecha: Marzo 2017	Nº 4.1
--	---------------------	-------------------	---------------



LEYENDA

INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS SUBTERRÁNEAS (IHS)

ACTIVO

- Aljibe – Depósito
- Galería
- Pozo

INACTIVO

- Aljibe – Depósito
- Galería
- Pozo

MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

- Acuífero Mio-Plioceno de Famara
- Acuífero Mioceno de Los Ajaches



LEYENDA

CARTOGRAFÍA BASE

- Núcleos de Población
- Capital Municipal
- Vías Principales
- Drenajes Principales
- Drenajes Secundarios
- Límite del Proyecto
- Límite Municipal
- Región Terrestre
- Región Marítima

0 1.5 3 6 9 km

Escala 1:175,000

Proyección Universal Transverse Mercator
 Dátum horizontal : ETRS 1989
 Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 28 Norte

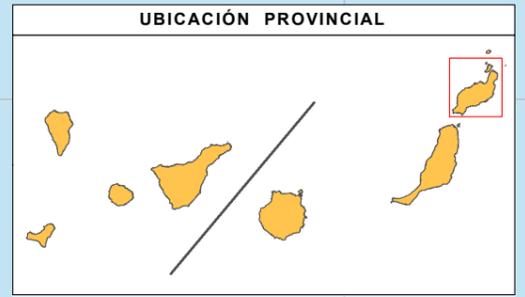
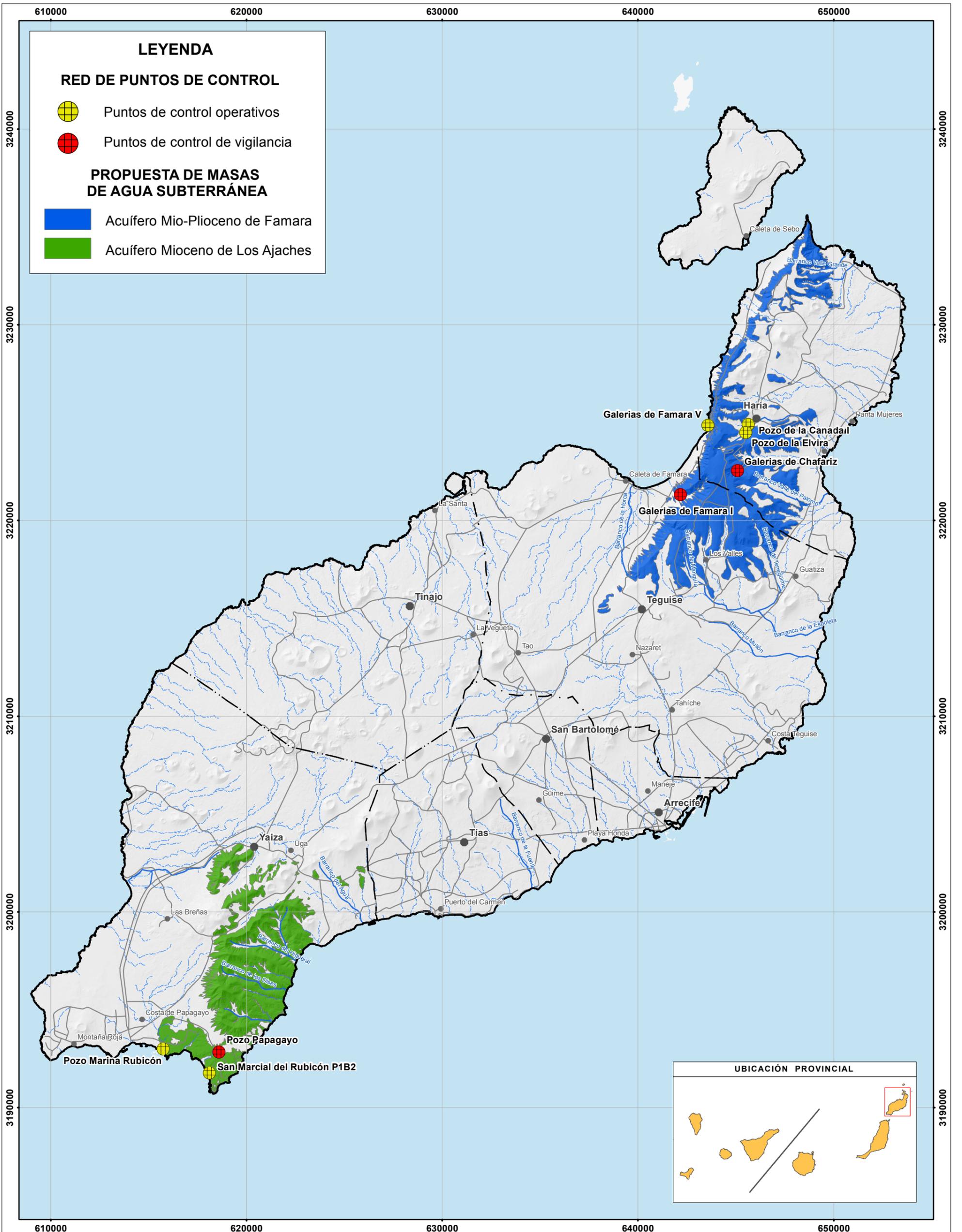
CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE [CIAL]

IC INCLAM GRUPO

Proyecto: **MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE**

Mapa: **INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA**

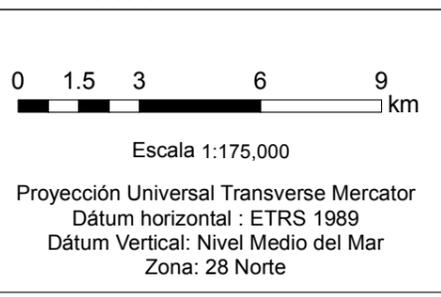
Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Presiones	Fecha: Marzo 2017	Nº 4.3
--	---------------------	-------------------	---------------



LEYENDA

CARTOGRAFÍA BASE

● Núcleos de Población	▭ Límite del Proyecto
● Capital Municipal	▭ Límite Municipal
— Vías Principales	▭ Región Terrestre
— Drenajes Principales	▭ Región Marítima
--- Drenajes Secundarios	



Proyecto: MODELO CONCEPTUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LANZAROTE	
Mapa: PROGRAMA DE CONTROL Y VIGILANCIA	
Fuente: BTN100, Gov. de Canarias, IGME, IGN, BBDD INCLAM	Temática: Control
Fecha: Marzo 2017	Nº 6.1