

# Hidrogeología y recursos hídricos en Gran Canaria

María del Carmen Cabrera Santana / Geóloga<sup>1</sup>  
Emilio Custodio Gimena / Ingeniero Industrial<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

Las islas Canarias constituyen un archipiélago volcánico situado en la placa africana y están formadas por la acumulación de materiales efusivos sobre el fondo oceánico como resultado de la existencia de un punto caliente dentro de dicha placa (Figura 1). Así, la edad de las islas decrece hacia el Oeste desde los 20 millones de años en Fuerteventura-Lanzarote hasta los 1.5 millones de años en El Hierro, respondiendo al movimiento de la placa hacia el Este (CARRACEDO *et al.*, 2002). La isla de Gran Canaria, con 1.532 km<sup>2</sup> de superficie, es la tercera en extensión del archipiélago canario y sus rocas volcánicas subaéreas más antiguas tienen una edad miocena (14.5 millones de años). Su evolución geológica sigue las pautas generales de cualquier isla volcánica de punto caliente, por lo que puede dividirse en una etapa juvenil y otra de rejuvenecimiento o post-erosiva, separadas entre sí por un amplio periodo ( $\approx$  3 millones de años) de escasa a nula actividad volcánica (CARRACEDO *et al.*, 2002). En la etapa de rejuvenecimiento se produjeron episodios volcánicos episódicos, que por estar recubriendo los materiales más antiguos pueden tener gran interés hidrogeológico como áreas de recarga (en cumbres y medianías) y de acumulación en zonas costeras.

Por su posición, a Canarias le corresponde un clima oceánico templado en el que la circulación atmosférica general de tipo oceánico fuerza la presencia de los vientos alisios, que le confieren unas peculiares características climáticas regionales e insulares. Debido a estos vientos y a la variación en la exposición a los restantes factores climatológicos por causas geográficas y topográficas, el clima en cada zona de una isla se diferencia dependiendo de su altura y orientación, según les afecte más o menos el nivel de formación de espesas masas de nubes. Este hecho también condiciona que en las islas altas se produzca una auténtica zonificación climática, con vertientes septentrionales húmedas y templadas hasta cotas de unos 1.000 m y vertientes meridionales comparativamente secas, aunque pueden recibir aportes tormentosos esporádicos con una frecuencia moderada. El régimen pluviométrico de una isla cualquiera será el producto de dos factores: la cercanía a la costa africana y la altitud. Así, resultará tanto más lluviosa cuanto más separada se halle del continente africano y será asimismo tanto más lluviosa cuanto mayor sea su altura.

Dentro de este esquema, la precipitación media en Gran Canaria alcanza los 300 mm/año distribuidos de forma irregular en el espacio y en el tiempo. Ello es debido a que se trata de una isla con una altura considerable (alcanza los 1.949 m en su centro). Así, la isla tiene una vertiente noreste húmeda en la que el clima varía según la altitud desde una costa notablemente seca hasta una zona húmeda entre los 700 y los 1.300 m y un clima continental en la cumbre, con precipitaciones que oscilan entre 1.000 y 200 mm/año. La vertiente sur es más seca, con una pluviometría que oscila desde los 850 hasta menos de 100 mm/año, distribuida espacialmente según se recoge en la Figura 2. Cabe destacar que aunque las islas se encuentran a tan solo 28° de latitud N, frente al desierto del Sahara, la corriente del Golfo y los vientos alisios les confieren un clima suave.

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartográfica, Universidad Politécnica de Cataluña.

Figura 1.  
Localización del archipiélago canario  
con indicación de la edad, pluviometría  
y altitud máxima de cada isla  
(modificado de CARRACEDO et al, 2002).

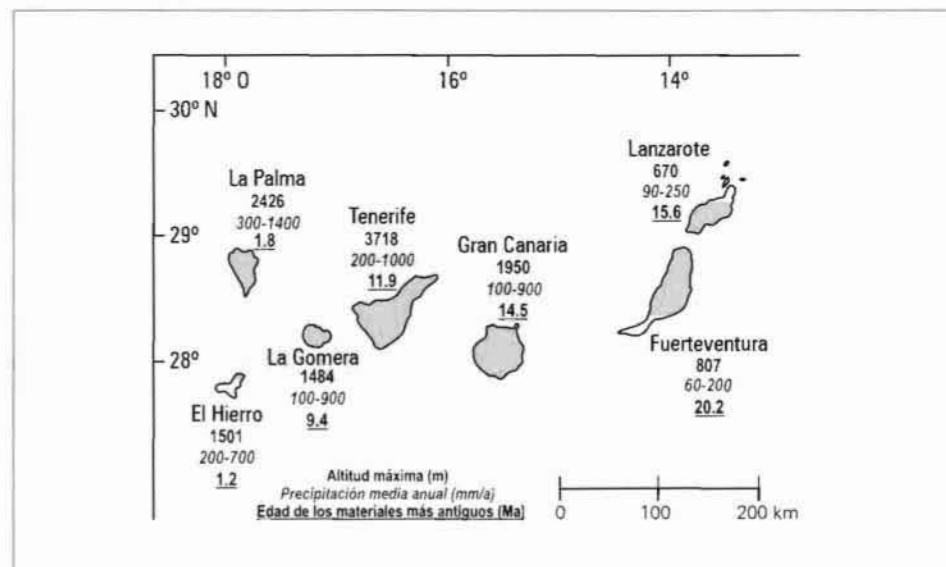
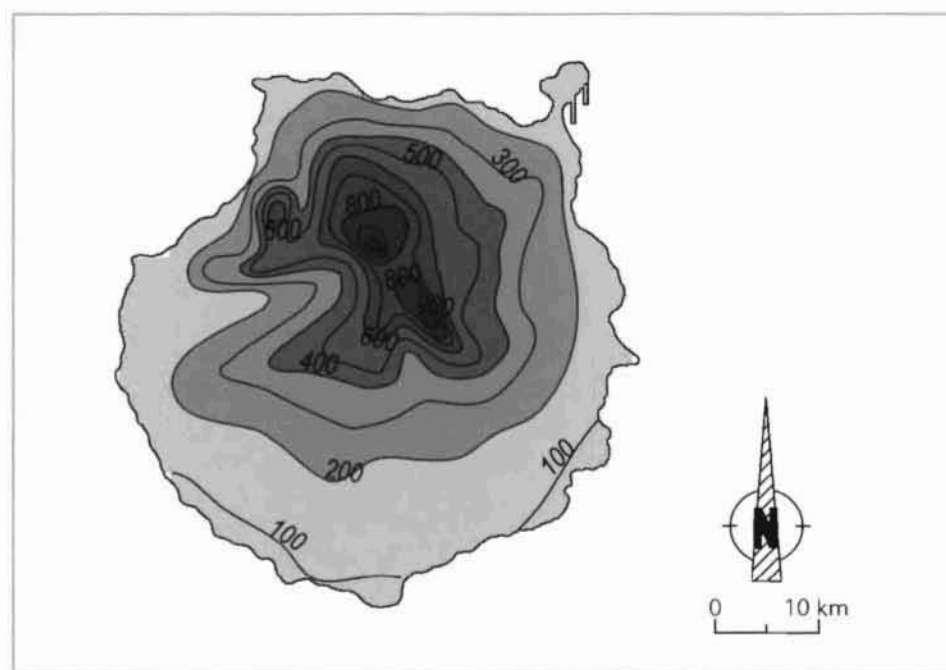


Figura 2.  
Precipitaciones medias anuales en  
Gran Canaria expresadas en mm/año.  
Los datos proceden del Consejo Insular  
de Aguas de Gran Canaria.



En numerosas zonas altas, y también de forma más moderada en otras de menor elevación, la presencia del rocío nocturno (relente o relentada) puede tener cierta importancia para la vegetación, sobre todo la niebla condensante que se produce con frecuencia en ciertas zonas altas, de forma que la vegetación que favorece la interceptación de la niebla se mantiene gracias a la misma, como sucede en parte con los pinares y con el bosque de laurisilva, que es una asociación particular de especies vegetales relictas propias de Canarias. La generación de recursos de agua dulce superficiales o subterráneos atribuible a esta condensación no parece significativo, pero el efecto en la vegetación sí es importante.

El archipiélago canario se caracteriza por la escasez de recursos hídricos convencionales, que han sido un importante limitante a su desarrollo socioeconómico. Tradicionalmente, las aguas subterráneas han cubierto la mayor proporción de las demandas aunque han sufrido un ligero descenso en los últimos años. Esta ten-

dencia se produce al ser sustituidas por las aguas obtenidas por medios no convencionales, como la desalinización de agua de mar y la reutilización de aguas residuales depuradas (Tabla 1). Gran Canaria responde totalmente a este esquema, aunque aún actualmente las aguas subterráneas siguen cubriendo la mayor parte de las demandas agrícolas y buena parte de la demanda para abastecimiento en las partes medias y altas de la isla.

TABLA 1  
DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS APROVECHADOS  
EN EL ARCHIPIÉLAGO CANARIO (ROQUE, 1997)

RECURSOS DE AGUA (hm<sup>3</sup>/año)

Año	Subterráneos	Superficiales	No convencionales	Total
1973	459	25	7	491
1978	450	19	16	485
1986	411	20	21	452
1991	393	21	34	448
1993	386	21	37	444

El conocimiento hidrogeológico de las islas Canarias comenzó a finales de la década de 1950 en forma de inventarios locales y en especial como trabajos locales realizados por el hoy extinto Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP, Ministerio de Obras Públicas/Dirección General de Obras Hidráulicas). Sin embargo, fue en la década de los 70 del pasado siglo cuando se sentaron las bases de la hidrología de las islas, dentro del Proyecto Canarias SPA-15, desarrollado por la UNESCO conjuntamente con el Ministerio de Obras Públicas español (SPA-15, 1975). A partir de ese momento se han sucedido algunos inventarios y campañas de medida en Gran Canaria y Tenerife por parte de las administraciones del Agua y del Instituto Geológico y Minero de España, así como el desarrollo de investigaciones por parte de la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, las que han aportado algunas ideas conceptuales en zonas específicas. El presente artículo presenta el conocimiento actual de la hidrogeología de la isla, condicionada por su estructura volcánica y por su explotación.

## EL MARCO SOCIO-ECONÓMICO DEL AGUA EN GRAN CANARIA

Las sociedades canarias prehispanicas eran poco numerosas y con necesidades hídricas muy pequeñas, atendibles con los recursos naturales. Tras la incorporación al Reino de Castilla a finales del siglo xv empiezan los asentamientos estables y el crecimiento de población venida de Europa y autóctona, lo que se traduce en la introducción de la agricultura, en parte de regadío, como es el caso de la caña de azúcar. Los recursos de agua se obtenían del aprovechamiento de manantiales (denominados nacientes en las islas) y cursos de agua, que se gestionaron y aprovecharon mediante organismos colectivos asimilables a las comunidades de regantes, conocidos como heredamientos o heredades de aguas (NIETO, 1969). En este colectivo la dula se convirtió en la medida de reparto de la gruesa (totalidad del agua). La dula se corresponde con una fracción del total de agua cada tantos días durante cierto número de horas, minutos y segundos, en función de su propiedad.

Figura 1.  
Localización del archipiélago canario  
con indicación de la edad, pluviometría  
y altitud máxima de cada isla  
(modificado de CARRACEDO et al, 2002).

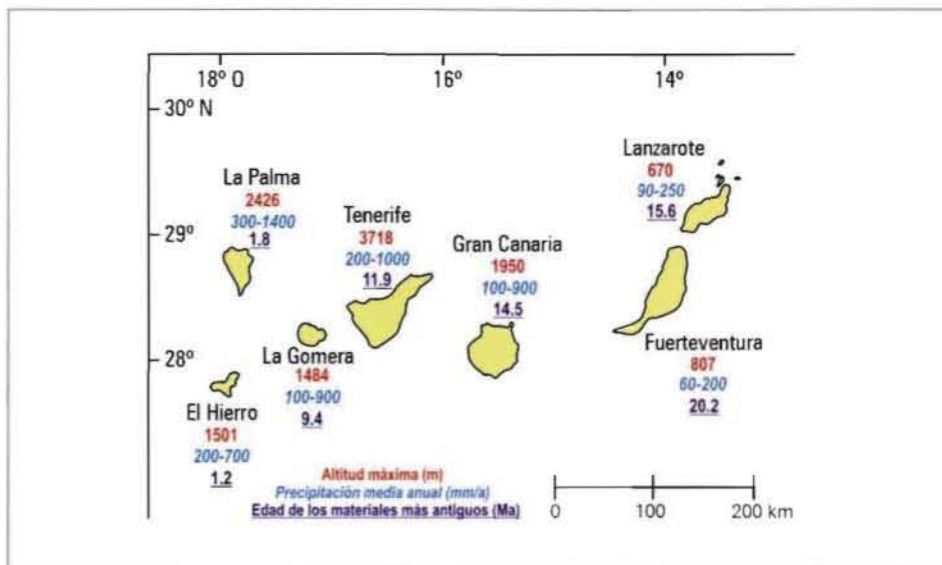
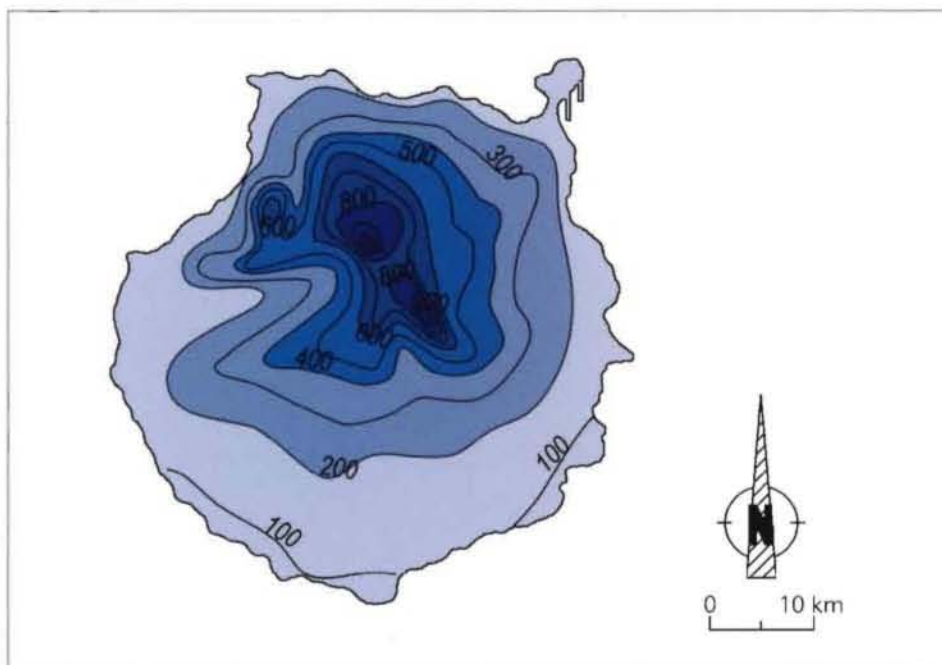


Figura 2.  
Precipitaciones medias anuales en  
Gran Canaria expresadas en mm/año.  
Los datos proceden del Consejo Insular  
de Aguas de Gran Canaria.



En numerosas zonas altas, y también de forma más moderada en otras de menor elevación, la presencia del rocío nocturno (relente o relentada) puede tener cierta importancia para la vegetación, sobre todo la niebla condensante que se produce con frecuencia en ciertas zonas altas, de forma que la vegetación que favorece la interceptación de la niebla se mantiene gracias a la misma, como sucede en parte con los pinares y con el bosque de laurisilva, que es una asociación particular de especies vegetales relictas propias de Canarias. La generación de recursos de agua dulce superficiales o subterráneos atribuible a esta condensación no parece significativo, pero el efecto en la vegetación sí es importante.

El archipiélago canario se caracteriza por la escasez de recursos hídricos convencionales, que han sido un importante limitante a su desarrollo socioeconómico. Tradicionalmente, las aguas subterráneas han cubierto la mayor proporción de las demandas aunque han sufrido un ligero descenso en los últimos años. Esta ten-

Dada la escasez de terreno llano cultivable a causa de las acentuadas pendientes del terreno en las zonas más húmedas, se ocuparon las vegas y se fueron aterrazando las laderas de forma espectacular, práctica que puede favorecer la recarga de los acuíferos. Pero se trataba esencialmente de cultivos no regados. Los cultivos en las zonas áridas costeras, donde es más fácil el asentamiento humano, dependían de la disposición de caudales de agua procedentes del interior de la isla, captados en los cauces de los barrancos o posteriormente transportados por canales. Algunos de estos canales subsisten y tienen trazados espectaculares y sorprendentes.

Las obras que se construyeron eran principalmente para captar esas aguas y transportarlas, y también para mover algunos molinos, sobre todo en Gran Canaria (DÍAZ RODRÍGUEZ, 1988). Los productos cultivados y el ganado se utilizaban para consumo interno y para avituallamiento de los barcos que hacían las rutas hacia América y África, aunque también tuvo cierta importancia creciente el envío de azúcar hacia la península Ibérica.

El panorama descrito, aunque en progresiva evolución y mejora, no cambió esencialmente hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando la población creció tanto endógenamente como por inmigración, desde la península Ibérica, a pesar de que ya existía una fuerte corriente emigratoria hacia América. La demanda de avituallamiento creció mucho al crecer el tráfico marítimo, que utilizaba algunos puertos canarios como lugar de paso obligado. También se fueron abriendo buenas perspectivas de inicio de exportación de productos agrícolas isleños poco perecederos. Esta evolución creciente se aceleró, en especial en el último tercio del siglo XX, y continúa hasta la actualidad. Actualmente, el turismo supone del orden de 350.000 plazas poco estacionales atendidas por unos 100.000 empleos fijos y semifijos de carácter directo, y quizás hasta el doble si se consideran los indirectos.

Es evidente que estos 150 años de cambio acelerado poblacional y de actividad económica, con una componente exportadora importante y una decantación marcada hacia el turismo, han trastocado profundamente el panorama hídrico. Se han tenido que realizar actuaciones de repercusiones profundas y cuyo efecto se prolongará un largo tiempo. Actualmente, Gran Canaria tiene una población aproximada de 810.000 habitantes, y un flujo turístico que supera los 2.000.000 personas al año. La población se concentra en las áreas costeras y en los valles. La densidad de población varía desde los 3.565 hab/km<sup>2</sup> en el nordeste hasta los 23 hab/km<sup>2</sup> en el centro-oeste de la isla, mucho más accidentado geográficamente.

Esta evolución social y económica ha condicionado las necesidades de agua y por tanto la explotación de los recursos hídricos en la isla. A finales del siglo XV, la captación directa de nacientes cubría la demanda, transportando el agua mediante canales y tuberías, pero el aumento de la demanda para agricultura desde finales del siglo XIX hizo que se excavaran un gran número de galerías (túneles horizontales) y pozos, dependiendo de las circunstancias locales y la tradición (FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, 1974). En Gran Canaria, la construcción de pozos de gran diámetro se concentró fundamentalmente entre las décadas de 1940 y 1960.

En 1990 se publicó una Ley de Aguas específica para Canarias (Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas), que adaptó la Ley Nacional (Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas) a la idiosincrasia y especiales características canarias. Esta ley intentó encajar el nuevo concepto de «aguas públicas» con la realidad hídrica canaria mediante la figura de concesiones a largo plazo, pero a la larga su aplicación no ha sido completa y por tanto no ha facilitado ni permitido el control esperado de las extracciones.

Según el Plan Hidrológico de Gran Canaria (PHGC, 1998), el consumo para abastecimiento asciende a 52,3 hm<sup>3</sup>/año de los que 37,5 corresponden a la población de derecho y 14,8 al turismo. Asimismo, este plan recoge una superficie de cultivo de 13.000 ha, 11.124 de las cuales se hallan bajo regadío, lo que supone un consumo anual de aproximadamente 65 hm<sup>3</sup>/año.



La comparación entre la situación actual y la reflejada en el pasado (proyectos SPA-15, 1975 y MAC-21, 1980), permite observar que la demanda de agua ha descendido desde los 126,8 hm<sup>3</sup>/año en 1973 hasta 105,4 hm<sup>3</sup>/año en 1979 (15,4% menos), hasta alcanzar los 65 hm<sup>3</sup>/año en 1998 (48,4% menos). Sin embargo, el área regada se ha reducido sólo un 20,1% desde 1973. Esta variación en la demanda de agua se debe fundamentalmente a factores económicos, como el coste del agua, especialmente la de buena calidad, el estado de los mercados para los productos y en cierta medida, a la presión urbanística. Ello ha dado lugar a una variación en los cultivos (se ha abandonado en gran medida el cultivo del plátano) y a una mayor eficiencia de regadío por la utilización de invernaderos y técnicas más eficientes de riego (como el goteo).

La explotación de los recursos hídricos se lleva a cabo sobre todo por iniciativa privada, en general mediante acuerdos empresariales de tamaño y capital muy variable, que producen un mercado del agua interno valorado en más de 42.000.000 de euros. Este mercado ha hecho posible la existencia de bienestar social y calidad de vida, y el desarrollo de plantas desaladoras y de mecanismos de reutilización de aguas usadas depuradas, cuya producción supera los 35 hm<sup>3</sup>/año y cuyo desarrollo está previsto que siga en aumento en los próximos años (PHGC, 1998). No siempre la economía y oportunidad de estos recursos es clara, si bien son administrativamente más «dóciles» que el complejo mundo de la explotación de las aguas subterráneas, que no ha sido abordado con suficiente autoridad y decisión, ni se ha involucrado suficientemente a los usuarios.

La desalación destaca por su incremento en los últimos tiempos, siendo varios los procesos de desalinización, aunque en la actualidad se utiliza fundamentalmente el de ósmosis inversa, considerado como el más eficiente con un costo menor. Aun cuando la desalinización de agua de mar es la principal fuente de agua para abastecimiento de las poblaciones hasta cota 300 m, también existe un número creciente de desaladoras de agua salobre de pozo en zonas costeras, de las que se obtiene agua para regadío.

*Embalse de agua de pozo  
en una finca agrícola de Pozo Izquierdo,  
en Gran Canaria.*

Como resumen, se puede hablar de una sociedad que se ha desarrollado adaptándose a las condiciones de aridez naturales mediante la utilización de todas las herramientas a su alcance: construcción de presas, utilización de los recursos hídricos subterráneos, ahorro en el consumo del agua, desalación de agua de mar y salobre, reutilización de aguas depuradas, etc. Todo ello ha dado lugar a una filosofía de uso y ahorro del agua de hondo calado en la población grancanaria (CUSTODIO y CABRERA, 2002).

## EL ACUÍFERO INSULAR

Según se estableció en el SPA-15 (1975), el funcionamiento hidrogeológico insular se caracteriza por la existencia de un único acuífero con flujo radial desde el centro de la isla hacia la costa, o hacia los barrancos más profundos, también de dis-

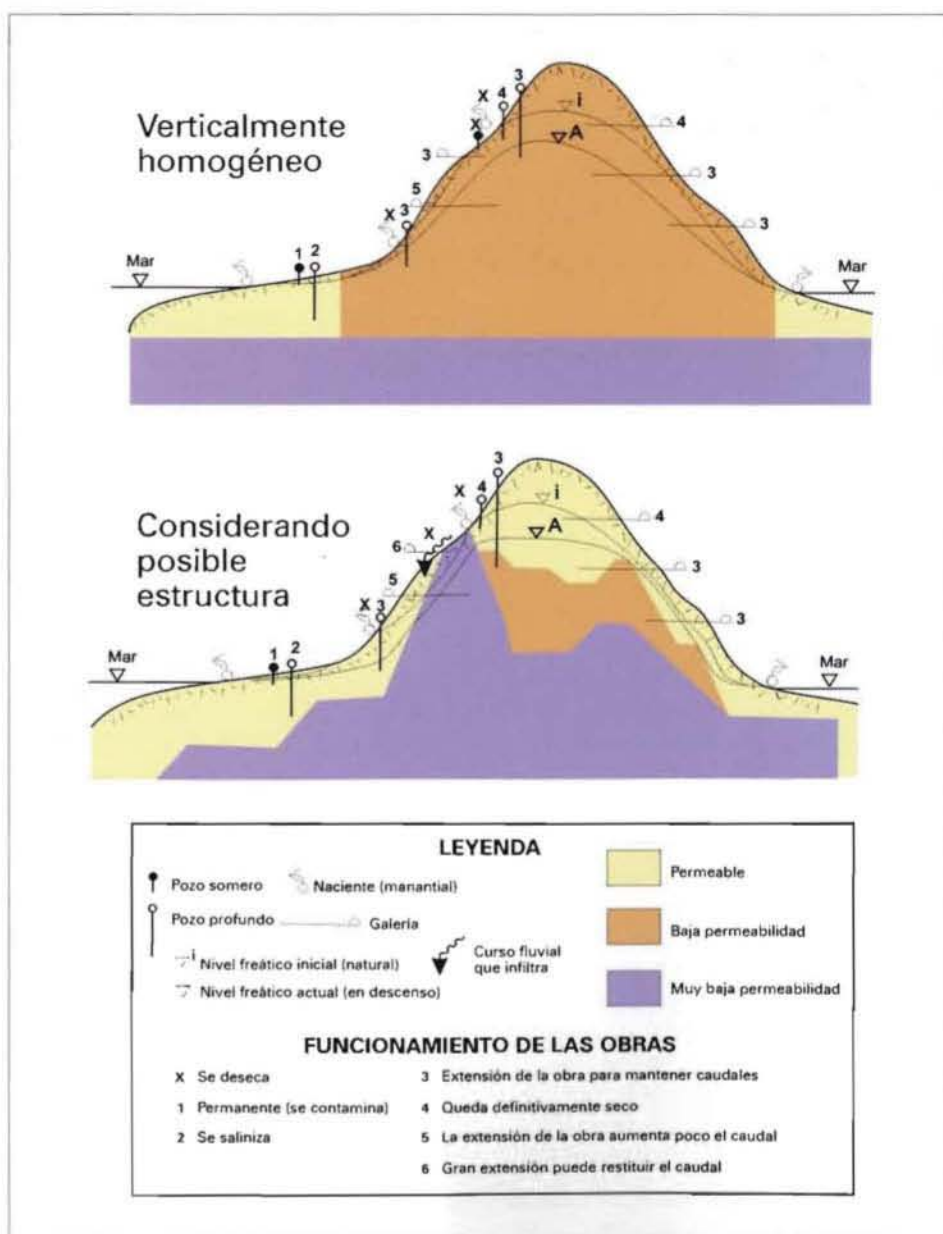


Figura 3.

Esquemas de funcionamiento hídrico natural y con explotación intensiva en Gran Canaria.

La figura superior muestra el caso de un núcleo de baja permeabilidad sobre un sustrato muy poco permeable y con una periferia de materiales volcánicos jóvenes y/o sedimentos.

La figura inferior trata de introducir la existencia de una cierta estructura volcánica interna con un zócalo de muy baja permeabilidad, una caldera central en parte deslizada, con relleno de materiales de baja permeabilidad y un recubrimiento de materiales volcánicos jóvenes intra y extracaldera.

En ambos casos los gradientes piezométricos costeros varían poco entre la situación natural inicial y la actual de explotación intensiva en medianías y cumbres (CUSTODIO y CABRERA, 2002).

posición radial. Por encima de este nivel pueden existir algunos niveles acuíferos colgados condicionados por niveles poco permeables, que percolan a niveles más profundos o descargan mediante pequeños manantiales o rezumes. Se considera como nivel de saturación aquella profundidad a partir de la cual todas las cavidades se encuentran llenas de agua. Surge así la idea de *acuífero insular*, discutida en un tiempo y hoy en día aceptada como idea conceptual. Así, a pequeña escala se puede hablar de acuíferos diferentes pero relacionados lateralmente, y a una mayor escala de observación debe hablarse de un solo acuífero multicapa heterogéneo y anisótropo en cada isla. La baja capacidad de transmisión de agua de los materiales antiguos del núcleo hace que cuando éstos afloran lo hagan por numerosos manantiales pequeños (CUSTODIO, 1983).

El flujo está influenciado localmente por la estructura volcánica y sus materiales, las características del sistema de drenaje y actualmente, por las extracciones de aguas subterráneas. Así, el modelo de flujo de la isla se puede esquematizar como un cuerpo cónico único de agua estratificado y heterogéneo en el que la recarga tiene lugar en las cumbres y la circulación hacia la costa, con salidas intermedias en manantiales (hoy secos y sustituidos por las extracciones de los pozos) y al mar, y descarga artificial por pozos, y algunas galerías (Figura 3). En el sur de la isla afloran materiales más antiguos (ignimbritas, fonolitas y traquitas) que pueden ser prácticamente impermeables y constituyen los vasos en los que están construidas la casi totalidad de las 60 grandes presas existentes en la isla, pero que en otras áreas pueden tener cierta capacidad de alimentar pozos profundos, como en Amurga.

Los materiales volcánicos que conforman la isla son permeables por fisuración y/o porosidad (CUSTODIO, 2007). El agua de lluvia se infiltra por los materiales permeables superficiales (lavas y piroclastos) y va descendiendo por los huecos en las rocas hasta que todos ellos se encuentren totalmente saturados, conformando lo que es el acuífero. A continuación el agua subterránea se va moviendo en respuesta a los diferentes potenciales hídricos existentes en distintos puntos del acuífero con velocidades variables según las características de las rocas por las que circula. La permeabilidad y el resto de los parámetros hidráulicos de los materiales volcánicos dependen de los procesos de emisión, de su composición petroquímica y su historia geológica, que cubre desde la alteración y litificación hasta la existencia de fracturas y compactaciones posteriores (CUSTODIO, 1989). La tabla II recoge los valores de los parámetros hidráulicos estimados en diversos estudios previos para las formaciones geológicas presentes en Gran Canaria, procedentes de ensayos de bombeo, aforos y cálculo de caudales específicos.

TABLA II  
PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE LAS FORMACIONES PRESENTES EN LA ISLA DE GRAN CANARIA,  
RECOPIADOS A PARTIR DE DIVERSOS TRABAJOS LLEVADOS A CABO EN LA ISLA

Formación	Permeabilidad (m.día <sup>-1</sup> )	Transmisividad (m <sup>2</sup> .día <sup>-1</sup> )	Coefficiente de almacenamiento (%)
Basaltos miocenos	0,01-0,5	5-50	0,50-1,0
Traquisienitas	<0,01-0,5	<1-10	<0,01-0,1
Fonolitas	0,10-0,50	1-25	0,01-0,5
Roque Nublo	0,10-1,00	10-20	0,50-5,0
Post-Roque Nublo y basaltos recientes	0,50-5,00	10-1000	1,00-5,0
Formación detrítica de Las Palmas	0,50-10,00	10-500	1,00-5,00
Aluviales cuaternarios	1,00-10,00	100-1000	5,00-10,0



En general, se podría afirmar que los materiales efusivos presentan mucho mejores características hidrodinámicas que los intrusivos, los materiales básicos mejores que los ácidos, los escoriáceos mejores que los lávicos, y éstos, mejores que los aglomerados. La edad tiene una influencia negativa debida a la alteración, compactación, etc. La existencia de materiales detríticos intercalados suelen influir favorablemente en la permeabilidad total, como ocurre en el este de la isla (CABRERA y CUSTODIO, 2004).

## LA EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

El aprovechamiento tradicional de las aguas subterráneas en Canarias se ha llevado a cabo tradicionalmente mediante dos tipos de obras: los pozos y las minas de agua —galerías en la acepción canaria— (Figura 4). La construcción de uno u otro tipo de obra dependió de la estimación de sus constructores como procedimiento más fácil para acceder al agua. Existe una extensa casuística de tipos de obra que corresponde a la combinación de estas obras y a la realización de otras secundarias que incluyen los sondeos de pequeño (denominadas localmente catas) y gran diámetro, y así pueden encontrarse todo tipo de híbridos entre ellas: pozos con galerías en su interior, galerías con pozos en su frente, etc. Los pozos canarios clásicos son excavaciones verticales de 3 m de diámetro y cuya profundidad depende de cuando se intercepte el nivel freático o un horizonte productivo. Las galerías son excavaciones de aproximadamente 1,8 m de altura y 1,8 m de ancho (o menor) con una ligera pendiente (~2‰), y con longitudes de hasta algunos kilómetros. En un principio estas obras eran excavadas a mano y con explosivos. Actualmente los pozos son de menor diámetro (0,3 a 0,4 m) y se perforan con máquinas a percusión o rotopercusión (lo más común) y pueden llevarse a cabo en el fondo de pozos o galerías tradicionales o directamente sobre el terreno.

Existen en Gran Canaria 7.110 expedientes de aprovechamiento de aguas subterráneas, aunque según datos del Plan Hidrológico de Gran Canaria (1998), el número de captaciones que están actualmente en funcionamiento en la isla asciende a unas 1.300, de las más de 2.500 construidas. Se trata en su mayor parte de pozos canarios clásicos excavados a mano, con profundidades medias que oscilan entre 125-150 m, aunque los hay que superan ampliamente esta profundidad. El

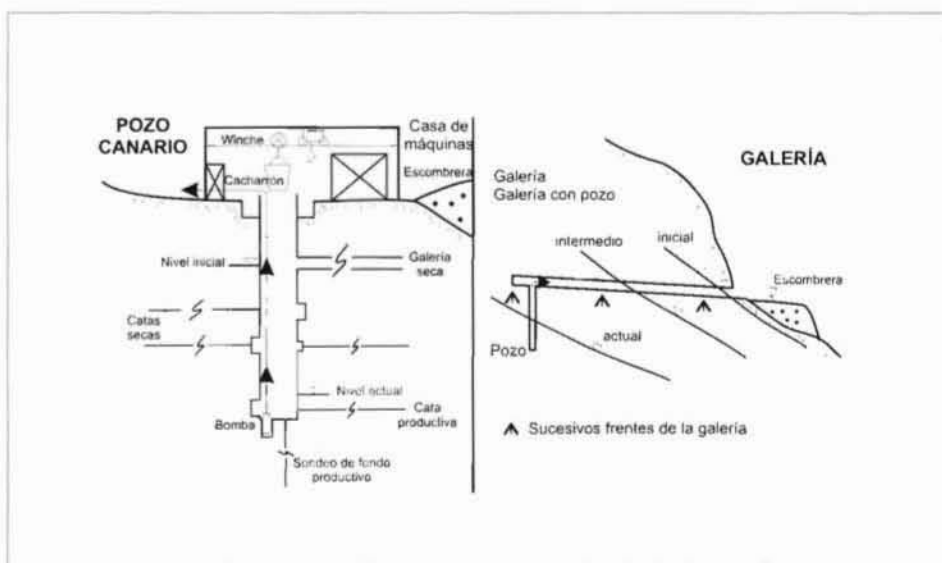


Figura 4.  
Esquemas de la explotación  
de aguas subterráneas en Gran Canaria  
mediante un pozo canario (izquierda)  
y una galería de agua (derecha).

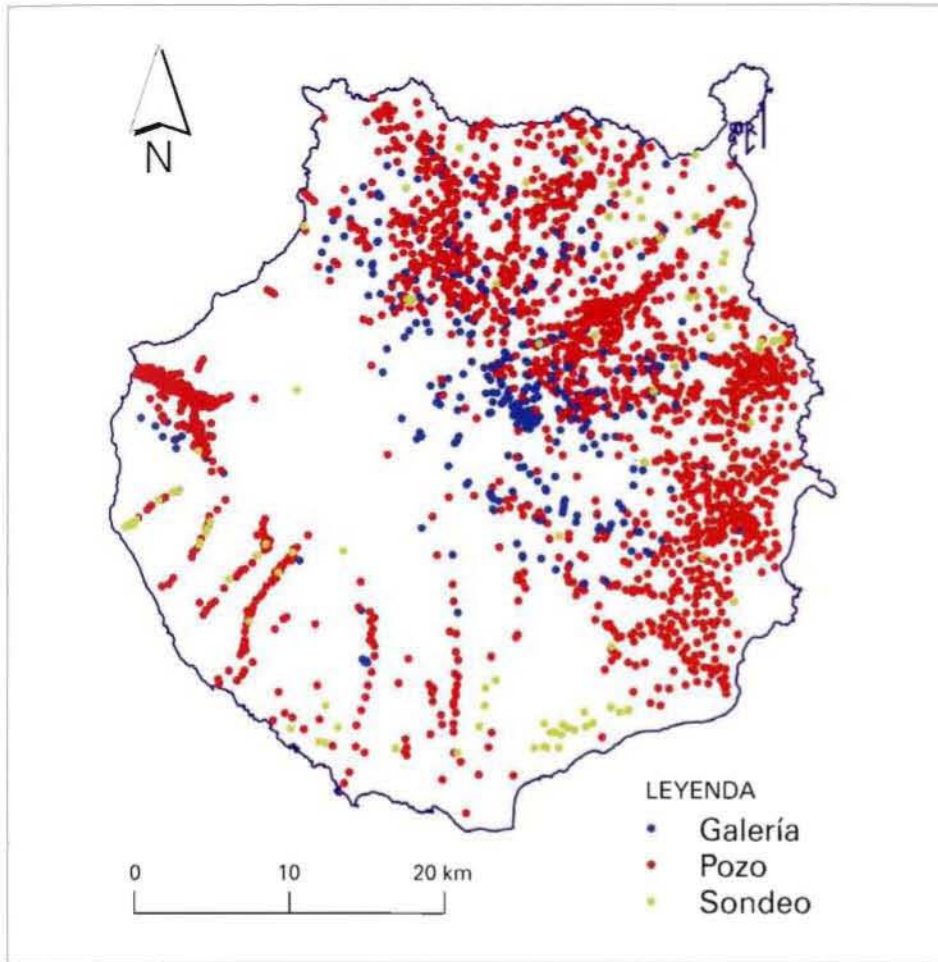


Figura 5.  
Distribución espacial de las captaciones de agua subterránea en Gran Canaria elaborado a partir de datos del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria (RODRÍGUEZ et al., 2008).

pozo excavado más profundo de Gran Canaria se sitúa en el centro-norte de la isla y tiene 570 m de profundidad (RODRÍGUEZ *et al.*, 2008). El gran diámetro de esos pozos era necesario para instalar la maquinaria de bombeo (bombas de pistón en el fondo, accionadas desde el exterior) y para permitir los trabajos de profundización (inicialmente de forma manual, con martillos perforadores y explosivos), que todavía se pueden practicar, y para poder perforar con máquinas drenes horizontales (catas) desde la profundidad de un momento dado. La situación espacial de estas captaciones se muestra en la Figura 5, en la que se observa que la mayor parte de las galerías se sitúan a cotas medias-altas y los pozos se concentran en los valles y barrancos, por razones obvias de poder alcanzar el nivel freático con el menor coste posible.

El resultado de la extracción de agua del acuífero ha sido el descenso progresivo del nivel piezométrico, que oscila entre algunas decenas y algunos cientos de metros (CUSTODIO y CABRERA, 2002). Esto ha producido la desaparición de la mayoría de los nacientes de la isla y con ello su descarga a los barrancos, y motivando la reprofundización periódica de las galerías y pozos o a la práctica de sondeos en el fondo de los mismos. Actualmente los sondeos perforados mediante rotopercusión son las obras que más se practican, ya sea para la ejecución de nuevas captaciones o para reprofundización de pozos de gran diámetro. Así, el acuífero insular puede ser comparado con un gran depósito de agua con una entrada constante (recarga natural) que es muy pequeña en comparación con la cantidad de agua contenida en el depósito (reservas) y con una salida natural (descarga al mar y descargas por

nacientes). Al comenzar la explotación, se modifica el equilibrio anterior, aumentando las descargas del depósito sin que aumente de manera proporcional la recarga, por lo que el nivel de reservas desciende hasta que se llegue a una nueva situación de equilibrio (Figura 6).

La química del agua subterránea responde también al esquema de funcionamiento del acuífero insular, de forma que las aguas con menor mineralización se encuentran en las zonas de cumbre y de medianías, y la salinidad aumenta hacia la costa debido a mayor concentración por evaporación de la lluvia en el suelo y mayor contenido salino de esa lluvia por mayor proximidad a la costa. A grandes rasgos, el agua evoluciona de ser bicarbonatada sódico-cálcica en las zonas altas a clorurada sódica en las costas, pudiendo tener una componente magnésica si explota basaltos. En zonas del sur de la isla se encuentran aguas con altas salinidades cuyo origen es atribuido a fenómenos de aridificación de la recarga, consistentes en la entrada de agua salina en el acuífero debido a la intensa evaporación (evapoconcentración) que sufre el agua de lluvia antes de su infiltración y a la influencia del *spray* marino (CUSTODIO, 1990). Es de destacar la existencia de aportes de gases de origen volcánico ( $\text{CO}_2$  fundamentalmente) en puntos concretos de la isla ligados a volcanismo reciente, que le confieren al agua un carácter ácido. Estas aguas tienen una amplia distribución como agua embotellada. Ciertas zonas ampliamente culti-

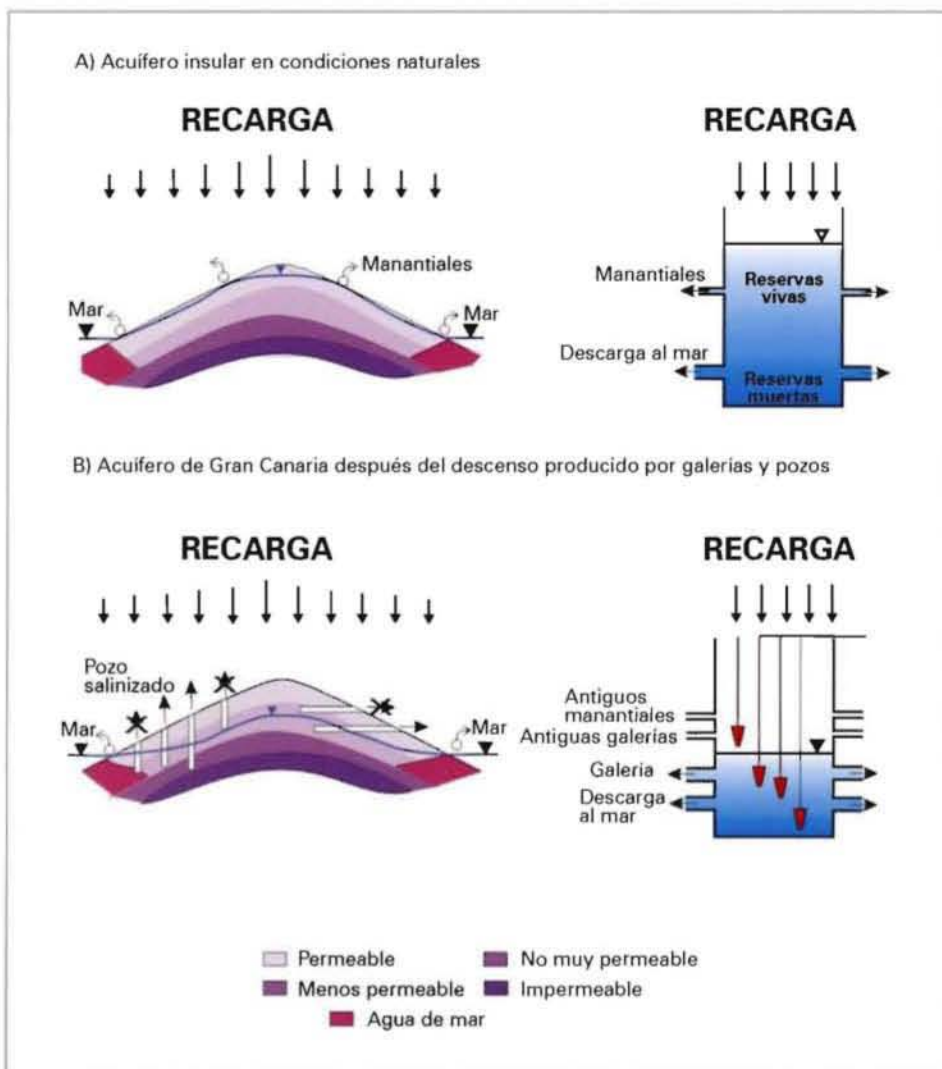


Figura 6.  
Esquemas de funcionamiento  
del acuífero insular de Gran Canaria  
al ser sometido a explotación  
(modificado de Roque, 1997).

vadas (en el norte, este y oeste de la isla) han sido declaradas zonas vulnerables a la contaminación por retornos de riego según la Directiva de Nitratos (CEE, 1991) debido a que presentan altos valores de nitratos en el agua subterránea, alcanzando valores de hasta 500 mg.L<sup>-1</sup> en algunas zonas (Muñoz, 2005). Asimismo, la llanura este está siendo sometida a un profundo estudio hidrogeológico para su posible declaración como acuífero sobreexplotado según la normativa legal vigente debido a la existencia de fenómenos de intrusión marina que han producido una salinización importante del agua subterránea, aunque también los retornos de riego son causa de salinización. Es en esta zona de la isla donde se han instalado numerosas desaladoras de agua de pozo para paliar esta situación, con efectos poco estudiados, que varían entre proteger otras captaciones más al interior de la penetración marina, hasta aumentar la salinidad del entorno (se extrae agua salobre con agua salada) y producir serias contaminaciones salinas si las salmueraas residuales del proceso se infiltran.

## PERSPECTIVAS FUTURAS Y NECESIDADES DE CONOCIMIENTO

El conocimiento actual de la hidrogeología de Gran Canaria, como del resto de las islas Canarias, parte de las bases que se sentaron en el Proyecto SPA-15 (1975) y se ha ido profundizando a escala general y media, en tesis doctorales y algunos trabajos específicos. Sin embargo, aún queda un gran camino a recorrer que no ha recibido suficiente apoyo institucional, a pesar de existir objetivos bien definidos. Tampoco ha estado afianzado por estudios insulares de base, salvo inventarios con orientación preferentemente administrativa sobre la científica.

El agua subterránea sigue siendo el recurso hídrico más importante en la isla, tanto para las necesidades humanas como para los valores naturales, por lo que el valor del conocimiento, aprovechamiento y protección del patrimonio hídrico subterráneo debería haber movilizado más recursos humanos y económicos (CUSTODIO y CABRERA, 2002; CUSTODIO, 1997). Sin embargo, los estudios y proyectos se han dirigido al desarrollo de otros recursos hídricos (retención de aguas superficiales, desalinización, reutilización), también importantes, pero menores y más costosos que los recursos hídricos subterráneos, aunque más «dominables» administrativamente. Así, se echa en falta un desarrollo de los aspectos de gestión social y económica de las aguas subterráneas cuyo futuro debe estar ligado a un mayor conocimiento del funcionamiento hidrogeológico por zonas y la toma de decisiones de gestión asociadas a los mismos, según establece la Directiva Marco del Agua (CEE, 2000). Posiblemente, el futuro de la conservación de las aguas subterráneas deba estar ligado a la creación de comunidades de usuarios de los distintos acuíferos con problemas, en las que la gestión se lleve a cabo de forma diáfana y compartida entre la Administración y los mismos usuarios. Estas comunidades de aguas subterráneas (CUAS) deberían ser no sólo una asociación para defender los intereses de los explotadores, sino de todos los usuarios, y con un compromiso de corresponsabilidad y gestión compartida, lo que incluye invertir en la protección y en la observación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABRERA, M. C. y CUSTODIO, E. (2004): «Groundwater flow in a volcanic-sedimentary coastal aquifer: Telde area, Gran Canaria, Canary Islands, Spain». *Hydrogeology Journal* 12 (3), pp. 305-320.

- CARRACEDO, J.C.; PÉREZ TORRADO, F. J.; ANCOCHEA, E.; MECO, J.; HERNÁN, F.; CUBAS, C. R.; CASILLAS, R.; RODRÍGUEZ BADIOLA, E. y AHUJADO, A. (2002): «Cenozoic volcanism II: The Canary Islands». En W. Gibbons and T. Moreno eds.: *The Geology of Spain*. The Geological Society of London, pp. 439-472.
- CE (1991): Directiva del Consejo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. DOCE 375/L, de 31-12-91.
- CE (2000): Directiva del Consejo 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE 327/L, de 22-12-00.
- CUSTODIO, E. (1978): *Geohidrología de terrenos e islas volcánicas*. Ed. Instituto de Hidrología. Centro de Estudios Hidrográficos. Publ. 128, CEDEX, Madrid, 303 pp.
- (1983): «Nuevas contribuciones al conocimiento hidrogeológico de las islas Canarias». En: Proc. III Simp. Hidrogeología. Madrid. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Vol. I, pp. 705-717.
- (1989): «Groundwater characteristics and problems in volcanic rock terrains». En *Isotope Techniques in the Study of the Hydrology of Fractured and Fissured Rocks*. Intern. Atomic Energy Agency, Viena, STI/PUB/790: 87-137.
- (1997). «Situación y necesidades de formación, información, observación, datos de base y divulgación sobre el agua de Canarias». En *Las Aguas Subterráneas en la Planificación Hidrológica en las islas Canarias*. Asoc. Intern. Hidrogeólogos-Grupo Español, pp. 93-100.
- (2007): *Groundwater in volcanic hard rocks*. In *Groundwater in Fractured Rocks* (Ed. J. Krásný and J.M. Sharp, Jr.). Intern. Assoc. Hydrogeologists. Selected Papers 9. Taylor and Francis, London, pp. 95-108.
- y Cabrera, M.C. (2002): «¿Cómo convivir con la escasez de agua? El caso de las islas Canarias». *Boletín Geológico y Minero*, 113 (3), pp. 243-258.
- DÍAZ RODRÍGUEZ, J. M. (1988): *Molinos de agua en Gran Canaria*. Ediciones La Caja de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria: 1-649.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, E. (1974): «Un poco de historia: curiosidades sobre las captaciones de agua en Gran Canaria». Simposio Internacional sobre Hidrología de Terrenos Volcánicos. CEDEX. Madrid: II, pp. 1151-1168.
- MUÑOZ, J. (2005): «Funcionamiento hidrogeológico del Acuífero de La Aldea (Gran Canaria)». Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- NIETO, A. (1969): «Heredamientos y comunidades de aguas en el siglo XIX». *Estudios de Derecho Administrativo Especial Canario*, vol. III: *Heredamientos y Comunidades de Agua*. Aula de Cultura, Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife.
- Plan Hidrológico de Gran Canaria (1998): *Boletín Oficial de Canarias* 1999/073. Decreto 82/1999 de la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas.
- RODRÍGUEZ, D.; Martín, L. F. y CABRERA, M. C. (2008): «Hidrogeología y recursos hídricos en Gran Canaria», *GeoGuías*, vol. 5, Sociedad Geológica de España (en prensa).
- ROQUE, F. (1997): «Los recursos de agua subterránea en Canarias en su contexto general». En Cabrera *et al.* (ed). En *Las Aguas Subterráneas en la Planificación Hidrológica en las islas Canarias*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español, pp. 17-31.
- SPA-15 (1975): *Estudio científico de los recursos de agua en las islas Canarias* (SPA/69/515). Ed. Ministerio de Obras Públicas-UNESCO. 3 vol. + mapas.