

# Estimación de la recarga natural a los acuíferos del Norte de Gran Canaria a partir del balance de cloruros

*María del Carmen Cabrera<sup>1</sup>, Gema Naranjo<sup>1</sup>, Pilar Hernández-Quesada<sup>1</sup>, Annetty Benavides<sup>1</sup>, Esmeralda Estévez<sup>1</sup>, Tatiana Cruz-Fuentes<sup>1</sup>, Luis Fernando Martín<sup>2</sup> y Emilio Custodio<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Dpto. de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus de Tafira. 35017 Las Palmas de Gran Canaria. España.

<sup>3</sup> Dpto. de Ingeniería Civil. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus de Tafira. 35017 Las Palmas de Gran Canaria. España.

<sup>3</sup> Dpto. de Ingeniería del Terreno y Cartográfica/ FCIHS. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. España.

Mail de contacto: [mcabrera@dfis.ulpgc.es](mailto:mcabrera@dfis.ulpgc.es)

---

## RESUMEN

La zona Norte de Gran Canaria se considera la de mayor recarga del acuífero insular debido a que en ella se producen los mayores registros pluviométricos de la isla y que en superficie se sitúan los materiales más jóvenes y permeables y los suelos menos retentivos, con vegetación de moderada densidad. Dentro del proyecto REDESAC se han instalado a diferentes cotas 10 colectores abiertos de agua de lluvia para muestrear mensualmente la deposición seca y húmeda. A partir de estos datos y la estimación de la concentración de cloruros del agua de recarga se ha aplicado el método del balance de cloruro para evaluar la recarga natural. Los resultados revelan que la recarga media multianual estimada supone aproximadamente un 30% de la precipitación y se incrementa al aumentar la altitud. Esto supone un incremento sobre las estimaciones previas, aunque aún está en discusión el efecto de la escorrentía superficial.

Palabras clave: Precipitación, Recarga natural, balance de cloruros, Gran Canaria, Islas Canarias.

---

## ABSTRACT

The northern part of Gran Canaria is considered the largest source of aquifer recharge in the island. It is due to the greatest rainfall records of the island are located in this zone, the surface materials are younger and permeable, and the soils are less retentive, with vegetation of moderate density. Within the project REDESAC 10 open rainwater collectors were installed at different heights to sample monthly bulk (dry+wet). From these data and the estimation of the chloride concentration of recharge water, the chloride balance method was applied for evaluating natural recharge. The results show that the multi-year average recharge estimation represents approximately 30% of precipitation and increases with increasing altitude. This means an increase over previous estimates, although the effect of surface runoff is still under discussion.

Keywords: Rainfall, Natural recharge, Chloride balance, Gran Canaria, Canary Islands.

---

## Introducción

El cálculo de la recarga a los acuíferos por la precipitación es esencial para la evaluación de las aguas subterráneas, para su conservación y gestión, y para mantener su papel ambiental. La recarga es un fenómeno natural muy complejo que entraña una notable incertidumbre, por lo que hay que abordar su evaluación a nivel regional mediante la utilización de diversas técnicas simultáneas, lo más independientemente posible entre sí.

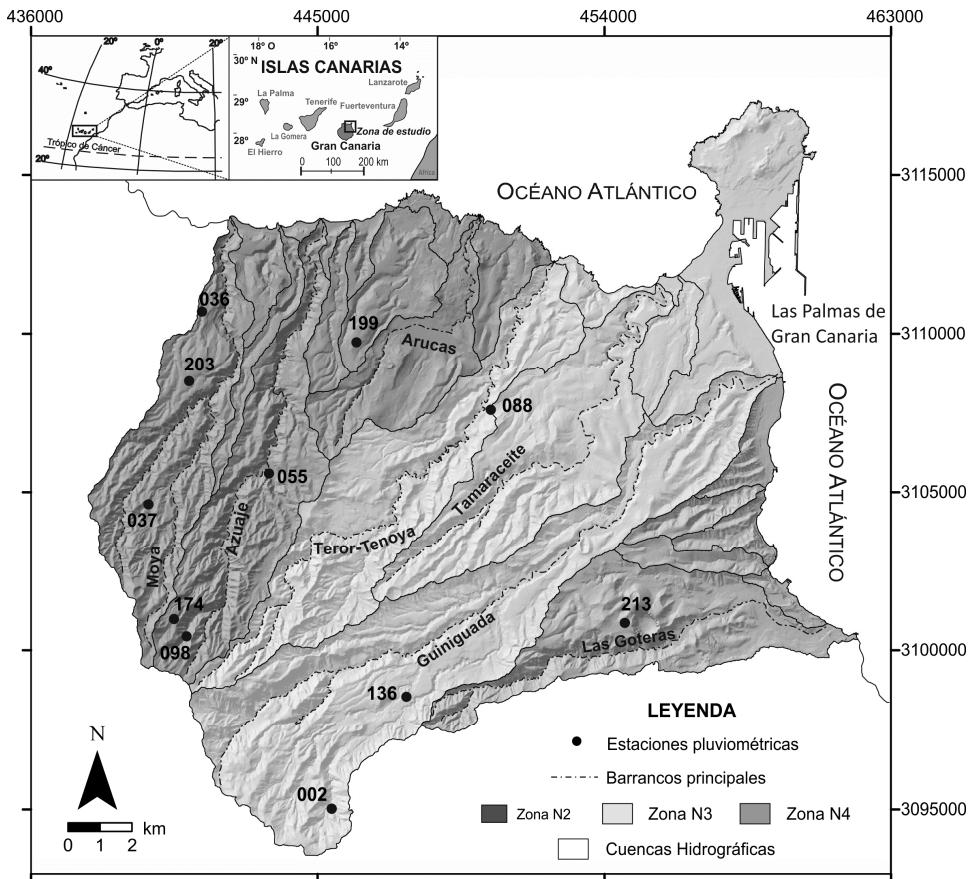
En Gran Canaria se ha seleccionado el norte de la isla para llevar a cabo la estimación de la recarga a partir del balance de cloruros. Esta zona se considera la de mayor recarga del

acuífero insular debido a que tiene las mayores pluviometrías de la isla y en superficie afloran los materiales más jóvenes y permeables y los suelos menos retentivos, con vegetación de moderada densidad. El objetivo es afinar la cuantificación de este parámetro y comparar los grados de incertidumbre de los diversos métodos. La presente publicación presenta una estimación de la recarga media multianual mediante el balance de cloruros de aportación atmosférica en el área y actualiza los valores ya publicados en Cruz et al. (2012) y Naranjo et al. (2013).

## La zona de estudio

La isla de Gran Canaria (Islas Canarias, España) presenta una morfología cónica, cuya cota máxima se localiza a 1.949 m s.n.m., y una orografía irregular formada por una serie de profundos barrancos radiales que nacen en el

centro de la isla y desembocan en el mar. El área de estudio tiene una extensión de 312 km<sup>2</sup> y se localiza en el sector noreste de la isla, incluyendo las zonas N3, N4 y parte de la zona N2 de la zonificación hidrológica de Gran Canaria (Fig. 1).



**Figura 1.** Localización de la zona de estudio. Se sitúan los colectores de agua de lluvia pertenecientes a la red de control, que coinciden con las estaciones pluviométricas de la red de pluviómetros del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria.

Los límites norte y este están definidos por el Océano Atlántico y los límites oeste y sur coinciden con las divisorias de las cuencas hidrográficas que conforman dichas zonas. El clima de la zona es variable debido al gradiente altitudinal y al efecto de los vientos alisios. Predominan las condiciones climáticas características de la zona norte insular, húmeda y nubosa. La precipitación media de la zona varía entre 800 mm/a en las zonas altas y 115

mm/a en la zona de costa, con una precipitación media de 412 mm/a para el conjunto de las estaciones pluviométricas de la zona. Las lluvias se concentran en los meses de noviembre y abril y se producen en gran medida en las zonas de medianías (entre los 300 y 800 m s.n.m), donde es mayor la influencia de los vientos alisios y tiene lugar la formación del característico mar de nubes. La temperatura media anual varía desde 12°C en las zonas

altas a 22 °C en la costa, con una temperatura media de 18°C.

La geología de la isla tiene su origen en un vulcanismo intraplaca de punto caliente, definiéndose tres etapas de evolución: juvenil (14,5-8,0 Ma), inactividad volcánica (8,0-5,0 Ma) y rejuvenecimiento (desde 5,0 Ma a la actualidad) (Pérez-Torrado, 2008). En la zona de estudio afloran fundamentalmente lavas e ignimbritas de los grupos Roque Nublo y Post Roque Nublo, pertenecientes a la etapa de rejuvenecimiento y sedimentos de la Formación Detrítica de Las Palmas, de la etapa de inactividad volcánica. La geología profunda revela que la mayoría de los pozos de la zona explotan los materiales del grupo Roque Nublo y los materiales fonolíticos-traquíticos infrayacentes, pertenecientes a la etapa juvenil.

El funcionamiento hidrogeológico de Gran Canaria se caracteriza por la existencia de un acuífero único insular, con una superficie piezométrica en forma de domo que alcanza máximos en el centro de la isla. La recarga natural se produce por infiltración de la lluvia en las zonas de cumbre y medianías, circulando preferentemente por los materiales volcánicos más recientes. La descarga se produce al mar y por las extracciones de pozos y galerías, que han ido sustituyendo a las descargas naturales intermedias por manantiales (nacientes) que existían donde afloran materiales menos permeables o en valles profundos (SPA-15, 1975; Custodio, 1978; Custodio y Cabrera, 2008).

## Metodología

El método de balance de cloruro atmosférico para estimar la recarga media multianual se basa en la comparación de la deposición atmosférica respecto al contenido de cloruro de la recarga al acuífero, suponiendo que no existe otro aporte de cloruro (Custodio et al., 1997; Custodio, 2010). Para ello se requiere conocer la aportación como deposición atmosférica media de cloruro y la salida como recarga y escorrentía. El balance medio plurianual es:

$$R * C_R = A_p - E * C_E$$

donde R es la recarga para una precipitación P que supone una deposición  $A_p$  de cloruro atmosférico y E la escorrentía con sus respectivas concentraciones de cloruro  $C_R$  y  $C_E$ .  $A_p$  se obtiene de las acumulaciones de las aportaciones de cada muestreo. Debido a la falta de datos de escorrentía, y a que ésta solo se produce de forma puntual asociada a la existencia de temporales esporádicos que descargan el agua al mar o se retiene en las

presas, este término no se ha tenido en cuenta en esta primera aproximación, aunque ello conlleva una sobrevaloración de la recarga en los años en que el agua corre por los barrancos. Se ha llevado a cabo una estimación de la incertidumbre según el método de propagación de errores para cada una de las estaciones pluviométricas, realizando luego una ponderación para toda la superficie de estudio.

Las muestras de lluvia se han obtenido en 10 colectores colocados a distintas altitudes, coincidiendo con estaciones pluviométricas para disponer de los datos de cantidad de lluvia (Fig. 1). Para evitar la evaporación durante el muestreo se añade una lámina flotante de vaselina y para evitar la destrucción de las muestras por parte de animales se cubren con una malla de plástico. El muestreo comenzó en octubre de 2008 en las cuencas de los barrancos de Moya y Azuaje y fue posteriormente ampliada hacia las cuencas de Guinguada, Tenoya, Tamaraceite y Las Góteras en febrero de 2010. Debido a la sequía que ha caracterizado el año hidrológico 2011-2012, se ha tomado la decisión de prolongarla hasta octubre de 2013, con el fin de obtener la mayor información posible para una mejor estimación de la recarga. Se han tomado muestras mensuales en los meses lluviosos y se ha acumulado el agua suficiente para su análisis en los meses menos lluviosos. Los análisis químicos en laboratorio incluyen la determinación de los iones mayoritarios, más la sílice ocasionalmente. A partir de los análisis del agua de lluvia (que integra la deposición atmosférica húmeda y seca), se ha estudiado su evolución espacial y la deposición atmosférica total con su componente de aerosol marino y de polvo local y sahariano.

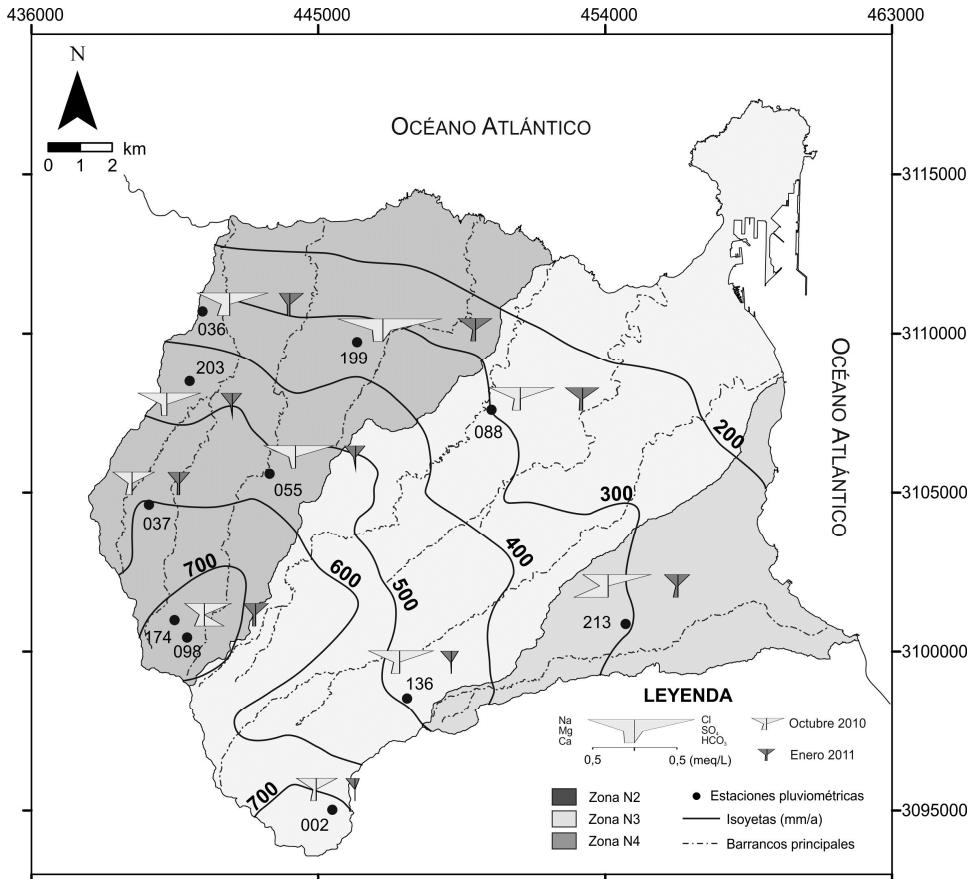
## Resultados

### Caracterización del agua de lluvia

La Fig. 2 muestra los diagramas de Stiff modificados del agua de lluvia en la zona. De la figura se desprende que es de tipo clorurada-sódica y que la concentración de sales disminuye con la altura, lo que es característico de zonas costeras con gran relieve y una importante componente de viento. La concentración también varía según que la ubicación de los colectores esté en fondo de barranco o en divisoria, o en la zona de sotavento o barlovento. De forma generalizada, las mayores concentraciones se encuentran en las muestras localizadas a menores cotas y tomadas durante los meses de marzo y octubre, que coinciden con los meses de menor

pluviometría. Los diagramas de Stiff modificados del agua de lluvia para agosto y septiembre de 2010 (secos) y enero de 2011 (húmedos) ponen de manifiesto la diferencia de concentraciones de los iones mayoritarios en la lluvia en los

meses de verano e invierno y su variación según la localización del colector.



**Figura 2.** Diagramas de Stiff modificados del agua de lluvia para los muestreos de octubre de 2010 (mes seco) y de enero de 2011 (mes húmedo). Se muestra la distribución de las isoyetas medias (mm/a) para el periodo 1970-2011.

En la tabla 1 se muestran los valores utilizados para llevar a cabo los cálculos de recarga para el periodo de muestreo de octubre de 2008 a diciembre de 2011. Para cada colector se incluye la cota, el número de días de muestreo, la precipitación media, la concentración media ponderada de Cl en la precipitación, el cálculo de aportación de Cl, la

concentración de Cl en el agua de recarga considerada para el cálculo de la recarga, los resultados de recarga y el ratio recarga/precipitación. Los resultados de la aportación media atmosférica de cloruro en cada colector varían desde  $3,7 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{a}^{-1}$  a cota 1365 m hasta  $11,5 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{a}^{-1}$  a cota 443m.

**Tabla 1.** Cálculo de la aportación de Cl del agua de lluvia y resultados obtenidos en la estimación de la recarga media por el método del balance del ión cloruro en cada colector.  $A_p$ = aportación media de cloruro atmosférico en el periodo estudiado.  $Cl_p$ = concentración media ponderada de Cl de la precipitación en el periodo estudiado.  $Cl_R$ =concentración de Cl en el agua de recarga.

Zona	Estación	Cota (msnm)	n Nº días	Precipitación P, mm/a	$Cl_p$ mg/L	$A_p = \frac{1}{n} \sum Cl_{Pi} * P_i$ g·m <sup>-2</sup> ·año <sup>-1</sup>	$Cl_R$ mg/L	Recarga R, mm/a	R/P (%)
N2	036	375	1127	269	19,6	5,86	200	39	15
	199	443	678	368	27,1	11,51	100	153	42
	055	577	1062	576	11,4	8,59	40	245	43
	203	645	1075	469	15,7	8,60	80	143	31
	037	990	1138	603	9,2	5,95	25	238	40
	098-174	1400	1075	739	6,1	4,41	20	271	37
N3	088	315	673	297	18,3	5,21	200	26	9
	136	841	673	494	14,1	5,81	50	166	34
	002	1365	584	730	5,0	3,68	15	245	34
N4	213	485	1100	312	27,8	10,55	400	26	9

### Caracterización del agua de recarga

El contenido en Cl del agua de recarga se ha estimado a partir del de las aguas subterráneas de la zona, representado por el mapa de isocloruros (Fig. 3). Este mapa se ha elaborado con las medianas de los análisis de 177 muestras correspondientes al año 1997, eliminando los pozos con concentraciones de nitratos superiores a 10 mg/L para evitar la influencia del aporte de cloruros no atmosféricos procedentes de retornos de riego. Esta forma de proceder puede suponer cierto sesgo, con efectos que pueden ser mayores a cotas menores por contribuciones de agua de procedencia más alta (Custodio, 2010), pero en este caso se considera poco significativo para los pozos canarios ya que son poco penetrantes.

### Estimación de la Recarga por balance de Cl

Los porcentajes de recarga estimados para cada colector oscilan entre 9% y 43% de la precipitación media y dependen de la altitud y la cuenca donde se localizan (Tabla 1). A partir de los cálculos de recarga realizados para cada estación pluviométrica, se ha llevado a cabo la estimación de la recarga en toda la zona, teniendo en cuenta las superficies de influencia

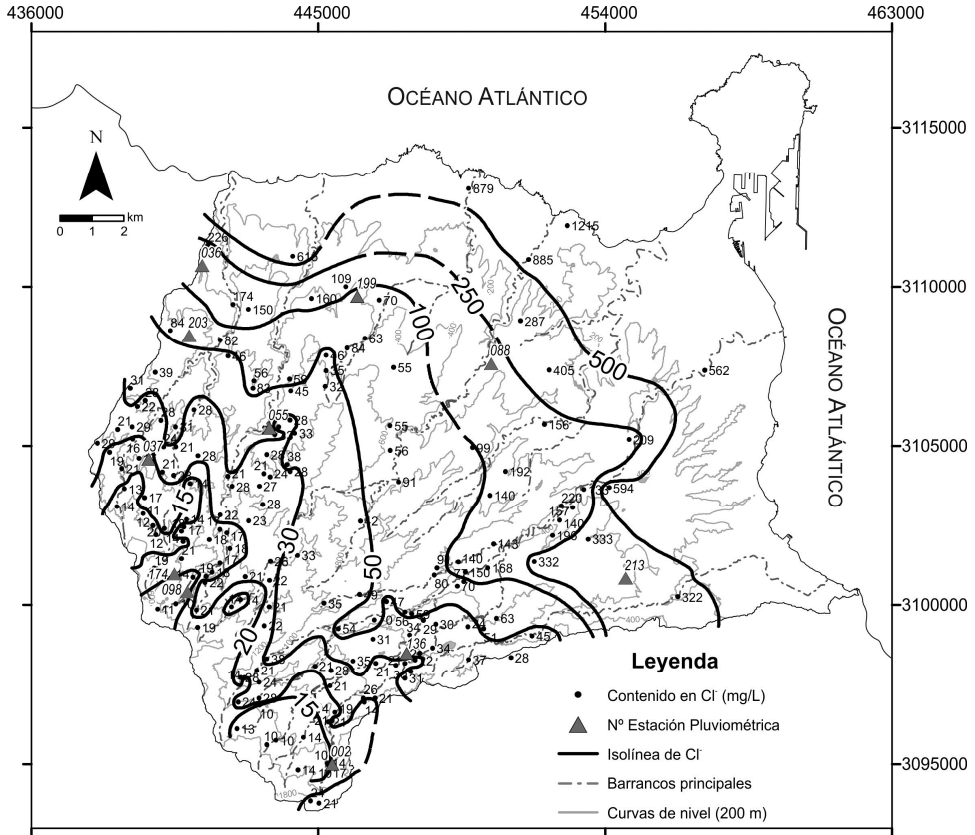
para cada estación (Tabla 2). Esta superficie se ha estimado a partir del mapa de isoyetas realizado con pluviometrías anuales 1970-2011 y las divisorias de cuenca.

Para variables  $X_i$  normalmente distribuidas y caracterizadas por su valor medio  $\bar{X}_i$  y su desviación tipo  $S_{X_i}$ , la regla de propagación de errores para una función  $X = f(X_i)$  es

$$S_X^2 = \sum (df(X_i)/dX_i)^2 S_{X_i}^2$$

Considerando que la escorrentía superficial sea despreciable,  $\bar{R} = \bar{A}/\bar{C}$  ( $\bar{R}$  = recarga media;  $\bar{A}$  = aportación media de cloruro atmosférico;  $\bar{C}$  = concentración media de cloruro en la recarga local), y midiendo el error por el coeficiente de variación, se obtiene que  $CV_R^2 = CV_A^2 + CV_C^2$ .

En el área de estudio los valores de la desviación (S) son aún poco conocidos, pero con la experiencia local existente (cierta estabilidad debida a la deposición seca) y la comparación con estaciones de varios años de la Península Ibérica se puede establecer una primera aproximación, aunque hay variaciones de un lugar a otro aún por definir:  $CV_C = 0,2$  con  $CV_{CVC}$  (coeficiente de variación de  $CV_C$ ) = 0,3;  $CV_A = 0,20$  con  $CV_{CVA} = 0,5$ . Así resulta  $CV_R = 0,28$  (28%) con una incertidumbre  $CV_{CVR} = 0,58$  (58%).



**Figura 3.** Mapa de isocloruros (mg/L) de las aguas subterráneas de la zona según inventario de 1997, eliminando los pozos con contenidos en nitratos superiores a 10 mg/L

### Discusión y conclusiones

El agua de lluvia en la zona de estudio es de composición clorurada-sódica, lo que es característico de zonas costeras con alta influencia marina. Se observa una marcada variación estacional en la concentración, siendo mayor durante los meses de verano debido a la disminución de las precipitaciones y el aumento de la deposición seca, ya que son los meses con mayor predominio de los vientos alisios, de procedencia marina directa y de mayor evaporación.

Los valores de aporte de cloruro a los colectores están muy influenciados por la distancia de estos al mar y su ubicación. En

general, los valores más altos corresponden a las muestras tomadas en los colectores situados a cotas más bajas, los cuales presentan una concentración elevada de cloruro debido a la gran deposición seca, de la que una parte importante es aerosol marino (Cruz, 2008). Estos valores están en consonancia con los obtenidos en otros estudios en Gran Canaria, entre 4 y 5  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$  en las cumbres y 20  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$  en las áreas de costa (Gasparini et al., 1990; Custodio, 1993; Muñoz, 2005). Así, el aporte atmosférico de cloruro y de otros elementos químicos juega un papel importante en la salinización de las aguas subterráneas.

**Tabla 2.** Precipitación media anual y recarga media anual estimada (mm/a y hm<sup>3</sup>/a) (2009-2011) para la zona norte de Gran Canaria. El área baja se localiza por debajo de la isoyeta de 400 mm/a, el área media desde la isoyeta de 400 mm/a hasta la isoyeta de 600 mm/a y el área alta por encima de la isoyeta de 600 mm/a. Los valores indicados son significativos en sus dos primeras cifras.

ZONA	AREA	S (km <sup>2</sup> )	PRECIPITACION		RECARGA		%R/P <sub>total</sub>	%R en el área
			mm/a	hm <sup>3</sup> /a	mm/a	hm <sup>3</sup> /a		
N2	Baja	49,9	239,5	12,2	69,5	4,0	3,4	23,6
	Media	33,7	522,5	17,8	194,4	6,7	5,8	39,9
	Alta	21,6	671,0	14,2	299,6	6,2	5,3	36,4
	<b>Total:</b>	<b>105,3</b>	<b>477,7</b>	<b>44,2</b>	<b>187,8</b>	<b>16,9</b>		<b>100,0</b>
N3	Baja	77,4	232,3	18,1	20,4	1,6	1,4	10,1
	Media	48,3	522,0	25,1	175,3	8,4	7,3	53,5
	Alta	25,7	690,0	17,1	231,6	5,7	4,9	36,4
	<b>Total:</b>	<b>151,4</b>	<b>481,4</b>	<b>60,3</b>	<b>142,4</b>	<b>15,8</b>		<b>100,0</b>
N4	Baja	40,5	237,3	10,5	26,7	1,2	1,0	76,9
	Media	2,1	494,0	1,1	166,0	0,4	0,3	23,1
	<b>Total:</b>	<b>42,7</b>	<b>365,7</b>	<b>11,6</b>	<b>96,4</b>	<b>1,5</b>		<b>100,0</b>
<b>MEDIA TOTAL</b>			<b>441,6</b>	<b>116,1</b>	<b>142,2</b>	<b>34,2</b>	<b>29,5</b>	

Según los resultados obtenidos, que coinciden con los esperables, la recarga producida en la parte media-alta de la zona de estudio es la principal entrada de agua al acuífero. Según los cálculos realizados con los datos presentados, el volumen de recarga media total estimado asciende aproximadamente a 34,2 hm<sup>3</sup>/a (142,2 mm/a), lo que constituye casi el 30% de la precipitación media. Existen notables incertidumbres en la concentración de cloruros en la deposición dado el corto período de observación en el momento actual. Dado que la red de muestreo está aún operativa, la incertidumbre debida al período de observación será menor cuando se procesen el total de los datos obtenidos.

Por otra parte, una primera aproximación al cálculo de la escorrentía se ha llevado a cabo a partir de los datos del Proyecto SPA-15 (1975), donde se estimó que los coeficientes de escorrentía estaban entre el 6-9% de la precipitación para la cuenca del barranco de Azuaje, en torno al 18% en la cuenca del barranco de Tenoya y entre el 3-14% en la del barranco Guiniguada. Estimando una escorrentía media para toda la zona entre el 5% y el 10% de la precipitación, la sobrevaloración de la estimación de la recarga puede estar entre el 10 al 25% con respecto a la estimada considerando un flujo másico de escorrentía nulo o despreciable. Para reducir esta

incertidumbre se está realizando la estimación de la escorrentía por el método superficial del número de curva en los años de muestreo de forma más precisa.

Los resultados presentados en este trabajo deben considerarse como una primera aproximación, que hay que revisar y validar con series más largas de muestreo y con la aplicación de otros métodos hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e isotópicos, teniendo en cuenta la escala temporal y espacial que les afecte. En este sentido, los trabajos del proyecto continúan, teniendo en cuenta además que el período de muestreo incluye un año hidrológico 2011-12 especialmente seco.

La primera evaluación presentada en este trabajo, independiente de los métodos de balance de agua en el suelo e hidrodinámicos, sirve para contrastar los resultados de la Planificación Hidrológica, donde se estima la recarga en un 19% de la pluviometría (PHGC 1999). Esta planificación tiene que ser revisada cada 6 años según lo establecido en la Directiva Marco del Agua Europea (DMA), tal como se recoge en el actual Texto Refundido de La Ley de Aguas. A la autoridad del agua (Consejo Insular de Aguas) le corresponde mantener la red de observación necesaria y las condiciones para una aplicación del método que contribuya a reducir las incertidumbres.

## Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca en el proyecto REDESAC (CGL2009-12910-C03-02) y el Programa CONSOLIDER-TRAGUA (CSD2006-00044) del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

## Referencias

- Cruz, T. 2008. *Contribución de la modelación numérica e hidroquímica al conocimiento del acuífero de La Aldea (Gran Canaria)*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Cruz, T., Benavides, A., Naranjo, G., Cabrera, M.C., Hernández-Quesada, M.P., Estévez, E., Martín, L.F. y Custodio, E. 2012. Estimación de la recarga natural en la zona Noreste del acuífero insular de Gran Canaria (Islas Canarias, España) mediante el balance de cloruros atmosféricos. En L.J. Lambán, T. Carceller, M. Valverde y C. Fernández-Jaúregui (eds): *Las aguas subterráneas: desafíos de la gestión para el siglo XXI*. Asoc. Intern. Hidrogeólogos – Grupo Español.
- Custodio, E. 1978. *Geohidrología de terrenos e islas volcánicas*. Centro de Estudios Hidrográficos. Publicación 128, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid: 1-303
- Custodio, E. 1993. Coastal aquifer salinization as a consequence of aridity: the case of Amurga phonolitic massif, Gran Canaria island. En: Custodio, E. y Galofré, A. (eds.). *Study and Modeling of Saltwater Intrusion into Aquifers*, CIMNE-UPC, Barcelona: 81-98.
- Custodio, E. 2010. Estimation of aquifer recharge by means of atmospheric chloride deposition balance. *Contributions to Science*. 6(1): 81-97
- Custodio, E., Llamas, M.R. y Samper, J. 1997. *La evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica*. AIH-GE/IGME. Madrid. 1-455.
- Custodio, E. y Cabrera, M.C. 2008. Síntesis de la hidrogeología de las Islas Canarias. *Geo-Temas*. Vol. 10. 785-788.
- Gasparini, A., Custodio, E., Fontes, J.Ch., Jimenez, J. and Núñez, J.A. 1990. Exemple d'étude géochimique et isotopique de circulations aquifères en terrains volcanique sous climat semi-aride (Amurga, Grande Canarie, Iles Canaries). *Journal of Hydrology*, 114:61-91.
- Muñoz, J. 2005. Funcionamiento hidrogeológico del acuífero de La Aldea (Gran Canaria). Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 310 pp. + Anejos.
- Naranjo, G., Cruz-Fuentes, T., Benavides, A., Cabrera, M.C., Hernández-Quesada, P., Estévez, E., Martín, L.F. y Custodio, E. 2013. Los trabajos del Proyecto REDESAC en el Norte de Gran Canaria: estimación de la recarga natural media mediante el balance de cloruros atmosféricos. En J.C. Santamarta (ed): *Avances en la Investigación de los Recursos Hídricos en Islas y Terrenos Volcánicos*. Univ. de La Laguna, Sta. Cruz de Tenerife: 37-48.
- Pérez-Torrado, F.J. 2008. Geología de Gran Canaria. En: F.J. Pérez-Torrado, y M.C. Cabrera, (eds.): *Itinerarios geológicos por las Islas Canarias*. Gran Canaria. Sociedad Geológica de España, Geo-Guías, 5: 27-39.
- PLAN HIDROLÓGICO DE GRAN CANARIA (PHGC) (1999). Boletín Oficial de Canarias 73, 08/06/1999. Decreto 82/1999.
- SPA-15, 1975. *Estudio científico de los recursos de agua de las Islas Canarias* (D. Fernandopullé, S. Sáenz-Oiza, R. Heras, A. Sahuquillo, E. Custodio, eds.) UNESCO–DG Obras Hidráulicos. Las Palmas de Gran Canaria/Madrid. 4 Vols.