

Comunicaciones libres. ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS EN LA ZONA NO SATURADA Y EL ACUÍFERO DE GRAN CANARIA Y TENERIFE (ISLAS CANARIAS)

M.C. CABRERA*, R. MUÑOZ, R. PONCELA***, G. GONZÁLEZ**,
A.R. SOCORRO****

(*) Departamento de Física-Geología. Facultad de Ciencias del Mar
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Universitario de Tafira
35017 LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

(**) Departamento de. Suelos y Riegos. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
(ICIA) Apartado 60. 38200 LA LAGUNA (TENERIFE)

(***) Consultor independiente. Avda. Principal de Añaza, 25-C, 3ºB.
38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE

RESUMEN

Se estudian desde el punto de vista analítico y de muestreo la presencia de dos plaguicidas y sus productos de transformación en la zona no saturada y el acuífero de dos zonas agrícolas de Canarias: Valle Guerra (Tenerife) y La Aldea (Gran Canaria). Los productos seleccionados son glifosato y AMPA en Valle Guerra, y metribuzina, MDADK, MDA y MDK en La Aldea (Gran Canaria). Para llevarlo a cabo se eligieron sendas parcelas experimentales, una plantación de plataneras en Tenerife y un invernadero de tomates en Gran Canaria. El estudio de la zona no saturada incluye la comparación de tres métodos de muestreo: extracción química del suelo, extracción de la solución del suelo por medio de cápsulas porosas y extracción de la solución del suelo por centrifugación. La comparación de los tres métodos muestra que los extractos del suelo tienen un contenido mayor en plaguicidas, correspondientes a las formas adsorbidas y solubles de los mismos. Los resultados de las cápsulas de succión son difícilmente explicables debido a las interacciones entre las propiedades de adsorción de las mismas cápsulas, la cantidad del plaguicida presente en la solución del suelo y las fracciones móviles e inmóviles del agua capturada. Se ha encontrado evidencias de contaminación por plaguicidas en el agua subterránea en las dos zonas de estudio, que alcanza los 13,5 g.l⁻¹ en el agua subterránea de La Aldea. Los datos disponibles no permiten correlacionar las aplicaciones de plaguicidas en las parcelas experimentales seleccionadas con los contenidos de las aguas subterráneas en las áreas de estudio, debido a que éstas representan una mezcla entre el agua propia del acuífero con retornos de riego, no solamente de las parcelas de estudio sino de toda el área.

Palabras clave: *Contaminación de acuíferos; Plaguicidas; Islas Canarias; Metribuzina; Glifosato; zona no saturada.*

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El vertido de residuos urbanos e industriales y la aplicación incorrecta de fertilizantes y productos fitosanitarios son algunas de las actividades que pueden producir la contaminación de los acuíferos, con la consiguiente limitación del uso de los recursos hídricos.

En Canarias se han identificado varias zonas con contenidos altos en nitratos en las aguas subterráneas (300-400 mg/l), fruto de una actividad agrícola intensiva (Custodio, 1981; Custodio et al, 1989; Cabrera, 1995). En estas áreas el uso de plaguicidas es muy elevado, estando Canarias en primer lugar en el ranking nacional en cuanto a dinero gastado en plaguicidas por superficie (41802 ptas/ha), a mucha distancia de Andalucía, en segundo puesto. En cuanto al análisis de plaguicidas en aguas subterráneas solamente existe un estudio llevado a cabo en la zona de La Orotava, Tenerife (Plan Hidrológico de Tenerife, 1991), en el que se analizaron las aguas subterráneas de 5 pozos de la zona. Los resultados fueron negativos en organoclorados y organofosforados en el agua del acuífero, pero el estudio no incluyó ningún estudio hidrodinámico detallado. No existe en Canarias ningún antecedente que incluya la investigación de la zona no saturada (ZNS en adelante), objetivo preferente del proyecto del que se deriva esta investigación. Esta comunicación presenta los resultados y primeras conclusiones referentes a un estudio de contaminación por plaguicidas en dos zonas seleccionadas, atendiendo a la ZNS y al agua del acuífero.

Las zonas seleccionadas para llevar a cabo el estudio se encuentran situadas en el Valle de La Aldea, al Oeste de Gran Canaria, y en Valle Guerra, al Norte de Tenerife (Figura 1). En el primer caso se trata de una zona dedicada al cultivo intensivo del tomate en invernadero para su exportación, y en el segundo se cultiva preferentemente el plátano y las plantas ornamentales. En cada zona se seleccionó un compuesto diferente: metribuzina y sus derivados MDADK, MDK y MDA en el caso de Gran Canaria y glifosato y su derivado AMPA en el de Tenerife.

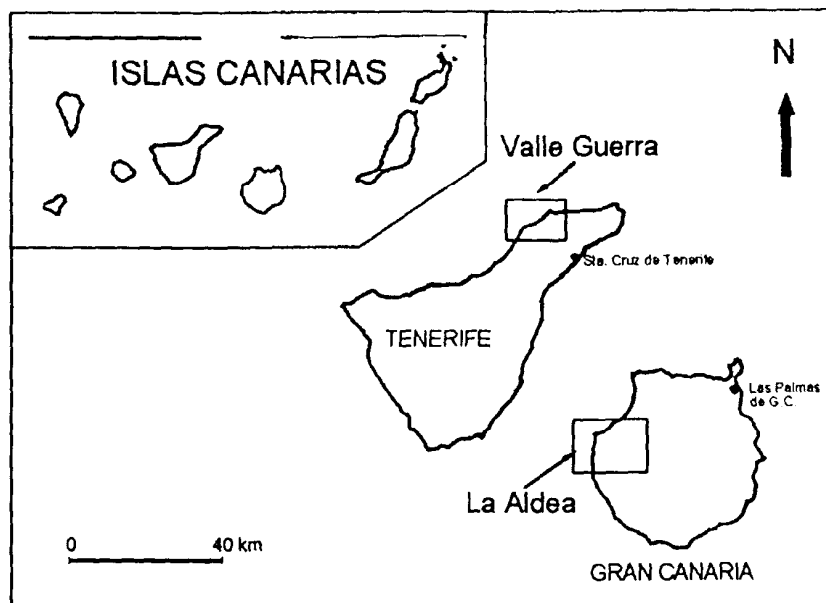


Figura 1: Mapa de situación de las zonas de estudio.

HIDROGEOLOGÍA DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Se han llevado a cabo sendos estudios para caracterizar el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos en estudio, dentro del marco conocido para cada isla.

Área de La Aldea (Gran Canaria)

El Valle de La Aldea se abre hacia el Oeste de la isla, rodeado por altas montañas. El Barranco de La Aldea está excavado en basaltos pertenecientes a la Fm. Basaltos Antiguos (14,5-14,1 Ma); presenta en su lecho una capa de conglomerados aluviales, con un espesor medio de 15-20 m. Existen en la zona más de 370 pozos de gran diámetro (3-4 m), excavados a mano, con profundidades que oscilan entre los 10 y los 47 m, con una media de 22,5 m (Plan Hidrológico de Gran Canaria, 1992). Todos los pozos explotan agua de los conglomerados aluviales, aunque algunos atraviesan también los basaltos situados debajo, sacando agua conjuntamente de ambos materiales. El flujo se produce desde el Este al Oeste, siguiendo el Barranco, de manera que en los bordes del acuífero los materiales basálticos ceden agua a los conglomerados. La Fm. Basaltos Antiguos funciona como un acuitardo frente a los conglomerados, que constituyen el acuífero principal (Muñoz et al, 1996).

El agua subterránea de la zona es clorurada-magnésica, con conductividades eléctricas que oscilan entre los 400 y los 7000 S/cm. El estudio hidrogeoquímico detallado ha permitido determinar la existencia de tres causas de contaminación del agua subterránea: intrusión marina en la costa; retornos de riego en el área central del Barranco (con contenidos en nitratos que superan los 300 mg/l) y otro proceso que da lugar a aguas con una salinidad muy alta (más de 7000 S/cm de conductividad eléctrica) al NE y SEE del Barranco, cuyo origen es desconocido y que está actualmente en estudio. En la zona central, con un mayor potencial de contaminación por retornos de riego, se eligió la parcela experimental. En este área la profundidad de los niveles freáticos oscila entre 6 y 8 m, y los contenidos en nitratos superan los 200 mg/l.

Área de Valle Guerra (Tenerife)

Esta zona constituye una plataforma lávica en la que afloran materiales basálticos cuaternarios pertenecientes a la Serie III (coladas, escorias y piroclastos), que cubren a los Basaltos de la Serie I, que afloran en el cercano Macizo de Anaga y afloran justamente en la costa, debajo de los materiales más modernos. El flujo del agua en el acuífero se canaliza por los materiales de la Serie III, mientras que la Serie I constituye el basamento impermeable. La zona no saturada tiene un espesor que generalmente supera los 70 m y presenta dos partes: el suelo superficial, de 1 m de espesor, y los materiales basálticos situados debajo (Ponceta, 1994).

Existen en la zona algunos pozos situados a cotas superiores a los 200 m, aunque la mayor parte del agua de riego procede de galerías situadas fuera de la zona de estudio. Los manantiales situados en la costa representan los colectores del acuífero, existiendo otros manantiales y rezumes en el escarpe costero que se producen debido a heterogeneidades dentro de la zona no saturada.

En general, el agua subterránea local es de tipo clorurada sódica, con elevados contenidos de nitratos, por encima de 250 mg/l en algunas ocasiones, apuntando a la existencia clara de retornos de riego.

METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN

Primeramente se eligieron dos parcelas experimentales en cada zona: la parcela elegida en La Aldea, con una superficie de 8200 m², se dedica al cultivo de tomate en invernadero desde hace 15 años. El suelo es de tipo aluvial de textura arenosa, con una profundidad útil de 50 a 80 cm, pasando a un depósito de conglomerados con cantos basálticos de origen aluvial. Se trata de un suelo transportado de otros lugares, con diferencias importantes entre una parte y otra del invernadero. La parcela de Valle Guerra tiene 4800 m² de superficie y está dedicada al cultivo de la platanera, con un suelo asimismo transportado. Su suelo es de tipo arcilloso, con alto contenido en materia orgánica y una profundidad útil de 50-80 cm, estando situado justo por encima de materiales basálticos.

Para ambos suelos se obtuvieron curvas de absorción-desorción de los plaguicidas en laboratorio, obteniendo constantes de adsorción-desorción de $K_d=307$ para el glifosato en la primera parcela, y $K_d=1,4$ para metribuzina en la segunda (Muñoz et al, 1995). Estos datos indican una alta capacidad de adsorción para el glifosato, por lo se encontrará principalmente en la fase sólida, y muy baja para la metribuzina, que se encontrará en la solución del suelo, y podrá pasar pues al acuífero.

Ambas parcelas fueron instrumentadas mediante la instalación de cápsulas de porcelana porosa, a tres profundidades. Además, se llevaron a cabo varias campañas de muestreo en ambas fincas, consistentes en la toma de muestras de suelo a las mismas profundidades. Los análisis de plaguicidas se llevaron a cabo a partir del agua tomada en las cápsulas y del suelo muestreado. Los análisis de plaguicidas sobre el suelo se llevaron a cabo mediante extracción directa y mediante centrifugación del agua del suelo, por lo que fue posible comparar varios métodos de muestreo en cada punto.

La determinación del contenido en glifosato en muestras de agua se hizo mediante técnicas de cromatografía líquida (Sancho et al, 1995b). Las muestras de suelo se sometieron a extracción con KOH 0,6 M, según el procedimiento descrito por Sancho et al (1995a). La determinación del contenido de metribuzina se realizó según los métodos puestos a punto en la Universidad Jaume I, realizando una extracción previa líquido-líquido (LLE) seguida de una extracción en fase sólida (SPE), tras lo que se aplicaron técnicas de cromatografía de gases (GC) usando sistemas de detección NPD, MSD/SIM y MSD/SCAN. En muestras de suelo se realizó una extracción con acetona en baño de ultrasonido y el extracto se purificó con LLE y SPE.

En cada campaña de muestreo se tomó también agua de dos puntos de agua en cada zona, supuestamente colectores de los retornos de riego de cada parcela: los pozos *Paquito Juan* y *Las Rosas* en el caso de La Aldea y los manantiales *Jurado* y *Baja Izquierda* en el caso de Valle Guerra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla I muestra los resultados de los análisis realizados sobre las muestras de suelo y agua del suelo (tomadas en las cápsulas de succión y mediante centrifugación) a 60 cm de profundidad y las muestras de agua subterránea.

La Aldea (Gran Canaria)						Valle Guerra (Tenerife)			
Fecha	Metribuzina	MDADK	MDK	MDA		Fecha	Glifosato	AMPA	
Suelos	21-10-94	0.9				Suelos	15-5-94	5.0	n.d.
Pozo las Rosas	21-10-94	n.d.				Manantial Baja			
						Izquierda	15-5-94	n.d.	n.d.
Pozo Paquito Juan	21-10-94	n.d.				Manantial Jurado	15-5-94	n.d.	n.d.
Suelos	15-5-95	270	2.6	n.d.	1.5	Suelos	21-10-94	5.0	n.d.
Cápsulas	15-5-95	66.0	11.3	3.8	5.0	Manantial Baja			
						Izquierda	21-10-94	n.d.	n.d.
Pozo las Rosas	15-5-95	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	Manantial Jurado	21-10-94	n.d.	n.d.
Pozo Paquito Juan	15-5-95	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	Suelos	3-3-95	22.6	12.8
Suelos	6-11-95	57.2	9.7	0.3	11.4	Cápsulas	3-3-95	1.2	n.d.
Cápsulas	6-11-95	17.7	12	5.7	5.2	Manantial Jurado	3-3-95	n.d.	n.d.
Pozo las Rosas	6-11-95	0.2	0.3	n.d.	n.d.	Manantial Baja			
						Izquierda	3-3-95	n.d.	n.d.
Pozo Paquito Juan	6-11-95	13.5	n.d.	n.d.	n.d.	Suelos	1-6-95	80.2	16.7
						Cápsulas	1-6-95	3.5	0.3
						Centrifugación	1-6-95	n.d.	n.d.
						Suelos	3-11-95	39.7	30.5
						Cápsulas	3-11-95	0.2	n.d.
						Centrifugación	3-11-95	n.d.	n.d.
						Manantial Jurado	3-11-95	n.d.	n.d.

Tabla I. Resultados de los análisis de plaguicidas llevados a cabo en las zonas de estudio. Los contenidos en suelos están expresados en ng.g^{-1} de suelo fresco y los contenidos en agua en $\mu\text{g.l}^{-1}$ y AMPA por las cápsulas, por lo que no se recomienda su uso para los estudios de solución del suelo (Muñoz et al, 1995).

Una primera aproximación a partir de los datos con que se cuenta, permite observar cómo los resultados de los análisis de **metribuzina** en suelo son mucho mayores que los procedentes de analizar el agua en las cápsulas. No ocurre así con los productos de degradación, que aparecen con cantidades mayores en el agua de las cápsulas que en el suelo. Este hecho se explica debido a que la metribuzina tiene una solubilidad baja frente al agua y una solubilidad mucho más alta frente a la acetona, con la que se lleva a cabo la extracción. Sin embargo, en el caso de los metabolitos, la solubilidad en agua aumenta al ser productos más polares. En cualquier caso, los valores tomados en las cápsulas serían más representativos de la solución del suelo y por lo tanto, de los lixiviados que pueden llegar al acuífero.

Solamente se detecta metribuzina en el agua del acuífero en el muestreo de Noviembre de 1995, con niveles altos en el Pozo Paquito Juan y algo más bajos en el pozo Las Rosas. No es posible, sin embargo, correlacionar estos resultados de manera biunívoca con la anterior aplicación de metribuzina llevada a cabo en la finca (en Mayo de 1995). Si se tiene en cuenta que la finca de estudio se halla inmersa en una zona de invernaderos que están recibiendo tratamientos continuamente, es más lógico pensar que no exista una sola fuente de contaminación, sino que el agua del acuífero integre todos los lixiviados de la zona.

Los contenidos en **glifosato** y AMPA en los suelos de Valle Guerra son en todos los casos bastante más elevados que los contenidos en agua de las cápsulas, y éstos a su vez que las aguas de centrifugación. En principio, una primera explicación apunta en el mismo sentido que el fenómeno que ocurre a la metribuzina. Hay que destacar, sin embargo, que estu-

dios de adsorción-desorción realizados dentro del proyecto muestran que se produce una adsorción de la metribuzina.

Los contenidos en el agua del acuífero, muestreada en los dos manantiales, se encuentran por debajo del límite de detección en todos los casos. Con estos resultados no es posible afirmar que llegue alguna cantidad de los dos compuestos al acuífero, aunque, teniendo en cuenta los valores existentes a 60 cm de profundidad, y la dilución existente en el acuífero, podría estarse produciendo esta llegada sin que se detecte.

CONCLUSIONES

Se constata la utilización de las cápsulas de succión como método de muestreo apropiado para la metribuzina, y de dudosa utilización para el glifosato. Los resultados de los análisis realizados con extracción directa del suelo arrojan cantidades superiores a los resultados de los análisis de agua en las cápsulas, que representa el agua móvil que puede alcanzar el acuífero. Está en estudio la representatividad del agua procedente de la centrifugación del suelo.

Se detecta la llegada de cierta cantidad de productos a los 60 cm de profundidad del suelo en las dos parcelas en estudio. Asimismo, se evidencia la existencia de una contaminación por metribuzina en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria), que alcanza los 13.5 g.l⁻¹ en el agua de un pozo en Noviembre de 1995. En Valle Guerra no se ha detectado glifosato ni AMPA en el agua de los Manantiales muestreados, aunque este hecho pueda deberse al grado de dilución que sufren los retornos de riego con el agua del acuífero.

En ninguno de los dos acuíferos estudiados es posible correlacionar de manera biunívoca los lixiviados de los suelos en las parcelas experimentales con los contenidos en el acuífero. Ello se debe a que el agua muestreada en los pozos y manantiales representa una mezcla entre el agua propia del acuífero, según los flujos cumbre-costa identificados, y los retornos de riego, que a su vez proceden de todas las zonas de cultivo y no solamente de las parcelas en estudio.

Desde el punto de vista de la planificación hidrológica, el presente trabajo muestra las dificultades que presentan los estudios sobre contaminación por plaguicidas, tanto desde el punto de vista metodológico como de las conclusiones finales que pueden extraerse. Las maneras de llevar a cabo el muestreo, fundamentalmente de la ZNS, toma una importancia primordial a la hora de interpretar los valores obtenidos, más teniendo en cuenta el espesor y la naturaleza de la ZNS en Canarias. Una segunda dificultad procede de la necesidad de seleccionar el plaguicida a «rastrear» previamente a la determinación del mismo en suelo y/o agua, debido a las dificultades analíticas que presentan, así como de integrar los resultados obtenidos en estudios hidrodinámicos previos para su mejor interpretación.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado con fondos del proyecto de la Unión Europea EV5V-CT93-0322, asignados a la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias. Agradecemos la confianza depositada en nosotros por D. José Jiménez, D. Juan Carlos Ibrahim y D. José Luis Guerra (Dirección Gral. de Aguas) para llevar a cabo el trabajo. Asimismo,

agradecemos la colaboración de D.C. Evora y D.A. Gil, de la finca colaboradora CATESA en Tenerife; D. Francisco Juan en la finca de La Aldea; D. Mario Vega, D. Félix Sosa y D. José Juan Moreno en los trabajos de campo en Gran Canaria y Dña. M.C. Cid, Dña. T. Hernández y D. J. Gutierrez del ICIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRERA, M.C.; MUÑOZ, R.; PONCELA, R.; SOCORRO, A.R.; GONZALEZ, G.; HERNANDEZ, F. (1996): «Metodología para el estudio de la contaminación por pesticidas en la zona no saturada y el acuífero de Gran Canaria y Tenerife (Islas Canarias)». *Geogaceta*, 20 (6), pp. 1288-1290.

CUSTODIO, E. (1981): Consideraciones sobre la contaminación agrícola de las aguas subterráneas en Canarias. *Jor. Anal. Evol. Cont. Aguas Subt. España*. 1, 119-124.

CUSTODIO, E.; GUERRA, J.L.; JIMENEZ, J.; MEDINA, J.A. y SOLER, C. (1989): The effects of agriculture in the volcanic aquifers of the Canary Islands (Spain). *Environ. Geol.*, 5, 4, 225-231.

MUÑOZ, R.; SOCORRO, A.R.; BELTRAN, J.; GONZALEZ, G. y PEREZ, N. (1995): Evaluación de métodos de muestreo de la zona no saturada para algunos contaminantes agrícolas. In: *Gonzalo, J.M. y Antigüedad*, 1. ed. 49-61

MUÑOZ, R.; CABRERA, M.C.; HERNANDEZ, F. y SOCORRO, A.R. (1996): Development of analytical and sampling methods for priority pesticides and relevant transformation products in aquifers. *Final Project Report. EU Contract EV5V-CT93-0322-Group 4*. 87 pp. + Appendix

PLAN HIDROLOGICO DE GRAN CANARIA (PHGC) (1992): Inventario de captaciones de agua subterránea, Zona Oeste. Sin publicar.

PLAN HIDROLOGICO DE TENERIFE (1991): Estudio preliminar sobre la calidad de las aguas subterráneas del Valle de La Orotava (Tenerife). *Informe interno, sin publicar*.

PONCELA, R. (1994): Estudio hidrogeológico de la zona de Valle Guerra (Isla de Tenerife, España), con énfasis en la hidrogeología e hidrogeoquímica en el entorno de la Finca «Catesa-Las Cuevas», y zonas adyacentes. *Informe interno EU Contract EV5V-CT93-0322-Group 4*.