

Efecto de los cambios de usos del suelo sobre la recarga del acuífero Motril-Salobreña

Land uses changes effect over Motril-Salobreña aquifer recharge

Rosa María Pretel, Carlos Duque y María Luisa Calvache

Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Av./ Fuentenueva s/n 18071, Granada, España. rpretel@correo.ugr.es; cduque@ugr.es; calvache@ugr.es

ABSTRACT

Human activity over Motril-Salobreña aquifer (south of Spain) is changing traditional land uses during the last 50 years. In this work we aim to evaluate and quantify the main changes analyzing the aerial photos of different years. The results show a dramatic decrease in the crops of sugarcane and elevated increases of the greenhouses and subtropical trees agriculture extent. Also the surface of the urban areas has been extended noticeably. The direct consequences calculated in this work are a decrease of the recharge of the aquifer by irrigation of crops near to 75 %. The velocity of these changes and the magnitude of them point out the serious risk that involves the Motril-Salobreña aquifer resources.

Key words: Land uses change, irrigation recharge, Motril-Salobreña aquifer.

Geogaceta, 49 (2010), 111-114
ISSN: 2173-6545

Fecha de recepción: 15 de julio de 2010
Fecha de revisión: 3 de noviembre de 2010
Fecha de aceptación: 26 de noviembre de 2010

Introducción

El acuífero detrítico Motril-Salobreña está situado en la costa mediterránea de Granada, zona que en las últimas décadas está experimentando un proceso de cambio muy acusado en los usos del suelo que probablemente repercutan en el balance hídrico del sistema subterráneo. Hasta hace poco tiempo, la vega de Motril-Salobreña era una zona costera que se encontraba en una situación de sostenibilidad de la economía y de los recursos hídricos, con unos cultivos tradicionales de caña de azúcar que se empezaron a sustituir por los más rentables frutos tropicales (chirimoya, aguacate y mango) y regados fundamentalmente con el agua derivada desde el río Guadalfeo. El reflejo de esta situación de sostenibilidad se observa en el acuífero Motril-Salobreña que ha mantenido hasta hace una década unas condiciones de calidad y cantidad excepcionales en una costa en la que el 70% de los acuíferos costeros están afectados en mayor o menor grado por procesos de intrusión marina (Gómez *et al.*, 2003). Esta situación comienza a cambiar al final del siglo pasado, cuando acontecen una serie de circunstancias como son la sustitución de tradicionales campos de cultivo por invernaderos, el abandono de

tierras de cultivo y la construcción de urbanizaciones de lujo con campos de golf. Todas estas acciones tienen una misma repercusión sobre el acuífero Motril-Salobreña y es la reducción de su recarga.

En este estudio se va a tratar en detalle la evolución de los usos del suelo que se ha producido en varios momentos en los últimos 50 años y las repercusiones directas sobre la recarga del acuífero Motril-Salobreña. Para ello, mediante la

cartografía de los usos del suelo en cinco momentos se ha podido cuantificar las superficies dedicadas a distintas actividades, cómo han variado a lo largo del tiempo y las modificaciones en las entradas de agua al acuífero por este motivo.

Contexto hidrogeológico

El acuífero Motril-Salobreña es un acuífero detrítico costero (el borde sur está en contacto con el Mar Mediterráneo).

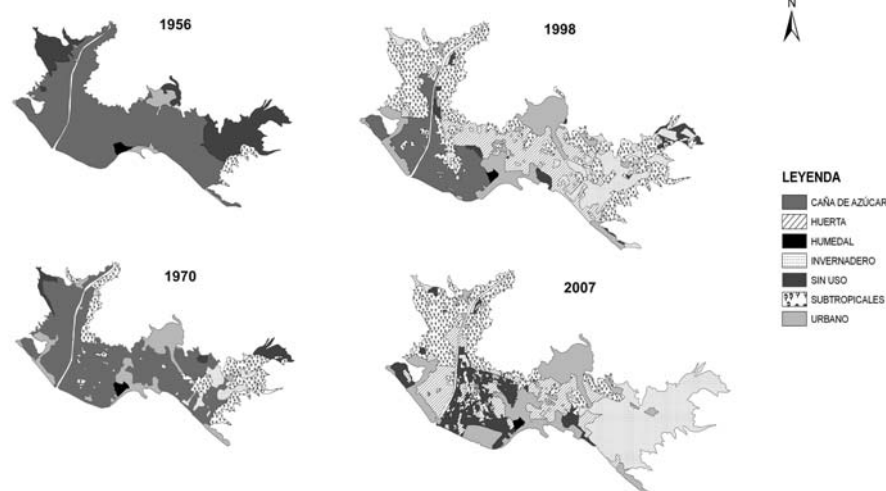


Fig. 1.- Usos del suelo para los años de estudio 1956, 1974, 1998 y 2007.

Fig. 1.- Land uses for the study years 1956, 1974, 1998 and 2007.

neo) que se encuentra localizado en un entorno en el que el clima se clasifica como subtropical seco. Según los últimos estudios realizados en la zona (Dunque, 2009), las principales fuentes de recarga del sistema son el río Guadalfeo (21%), los excedentes de riego (39%), la precipitación (15%), y las entradas laterales ocultas procedentes del acuífero carbonatado de Escalate (23%) y del flujo subterráneo del aluvial que continua valle arriba (2%). La descarga del acuífero se produce fundamentalmente por el borde costero (74%) ya que las extracciones sólo suponen un 26% del total de las salidas en un año medio. Destaca el hecho de que los excesos de riego jueguen un papel tan importante en la recarga.

La principal causa es que la superficie del acuífero está intensamente cultivada y las técnicas de cultivo han favorecido que se produzca una infiltración muy elevada de agua de riego. Son tradicionales los cultivos que se riegan mediante inundación (o riego a manta) con dotaciones muy elevadas de agua. El agua que se utiliza para el riego es derivada previamente del río Guadalfeo, que tiene caudales medios de 6.600 l/s, muy elevados para las condiciones climáticas de la zona y comparado con otros cursos fluviales cercanos. La causa es que tiene una cuenca vertiente muy amplia (más de 1.200 km²) y en la que se alcanzan altitudes muy elevadas donde las precipitaciones aumentan en gran medida. Debido al suministro de agua que se ha dispuesto en la zona, tradicionalmente se han utilizado técnicas de riego que consumían mucha agua. Para poder distribuir se dispone de una red de acequias que permite el reparto del agua que se deriva del río a toda la superficie del acuífero.

Metodología

El estudio se ha realizado sobre una extensión delimitada atendiendo a criterios hidrogeológicos, que coincide con la superficie del acuífero Motril-Salobreña, pues interesa fundamentalmente la influencia que puedan tener los cambios de uso del suelo sobre la dinámica del sistema.

Se ha utilizado en este estudio datos de un periodo de tiempo de 50 años (1956-2007) marcado por la disponibilidad, accesibilidad e idoneidad de las fuentes de información. Estas han consistido en 5 series de fotografías aéreas que corresponden al vuelo americano de

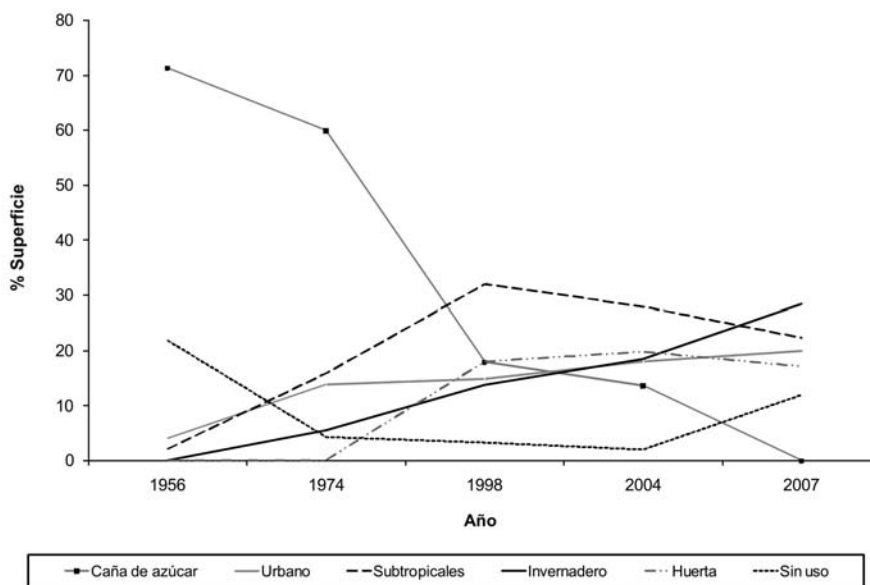


Fig. 2.- Evolución del porcentaje de superficie destinada a cada uso en el acuífero Motril-Salobreña.

Fig. 2.- Evolution of each land use surface in percentage of the Motril-Salobreña aquifer surface.

1956-57, vuelo americano de los años 70 y los vuelos fotogramétricos de 1998-99, 2004 y 2007.

La cartografía y cuantificación de los diferentes usos del suelo se ha realizado mediante el reconocimiento visual de los distintos tipos de usos del suelo característicos de la zona de estudio. En algunos casos se acompañó esta metodología de gabinete con observación *in situ* de campo para caracterizar aquellos usos que resultaban más difíciles de identificar mediante la foto aérea. La cuantificación de las superficies ocupadas por cada tipo de uso se realizó mediante la inserción de las distintas imágenes en ArcGis y el cálculo de la superficie de cada polígono resultante de la cartografía digital realizada.

Los tipos de uso de suelo considerados en este estudio han sido: cultivo de caña de azúcar, cultivo de árboles subtropicales, cultivos bajo plástico, cultivo hortícola, suelo urbano, humedal y sin uso.

Para estimar los cambios en la recarga del acuífero derivados de las variaciones en el uso del suelo se han utilizado las dotaciones de riego que se estiman para cada tipo de cultivo o, en el caso del suelo urbano o sin uso, se consideró que no se producía recarga asociada al riego. En función de cada técnica de cultivo se obtuvieron los porcentajes de agua que se infiltran una vez es aplicada en la superficie de cultivo.

Resultados y discusión

a) Cambios de usos del suelo

En 1956 la zona de estudio muestra un predominio de cultivos de caña de azúcar, ocupando más de 3.000 ha de terreno, lo que supone un 71,3 % de la superficie total de la Vega. Su gran importancia se debe a que la economía de la época giraba en torno a este producto, existiendo hasta 5 fábricas de azúcar en la zona (Salas-San Juan, 2004).

En 1970 aparecen algunos cambios. Sigue predominando la caña de azúcar pero crecen los cultivos de árboles subtropicales (aguacates y chirimoyos), y comienzan a aparecer los primeros invernaderos. La mayor diferencia con respecto al año 56 está en la expansión del suelo urbano. Crecen todos los municipios, especialmente Motril y Salobreña, tanto en sus alrededores como en la franja costera.

Veinticuatro años después, en 1998, la situación es muy distinta a la original. Dominan ahora los cultivos de árboles subtropicales (32%), y aumentan considerablemente los cultivos bajo plástico y la huerta. Los subtropicales ocupan zonas que anteriormente no tenían ningún uso o estaban siendo cultivadas por caña de azúcar, que reduce su superficie de cultivo hasta representar tan sólo un 18% del total de la Vega. El crecimiento de las construcciones se sigue situando principalmente en la zona costera.

Estas modificaciones en el uso del suelo marca el inicio de un cambio en el paisaje agrario, que se confirma en el año 2004 (cuya imagen no se incluye en la figura 1 por sus semejanzas al año 2007) con el predominio de los árboles subtropicales (28%) por encima de los invernaderos y la huerta, dos cultivos que también aumentan su superficie con respecto al 98, en detrimento nuevamente de la caña de azúcar, que continúa disminuyendo de manera notable. Esto se debe a una rebaja en el precio de la caña de azúcar prevista por el OCM (Organización Común de Mercado), lo que la convierte en un cultivo poco rentable para los agricultores a pesar de contar con diversas ayudas por parte de la UE (Bourdem-Gómez, 2007).

Tres años después, ya en 2007, la situación no es muy diferente al 2004.

Los cultivos bajo plástico son ahora los dominantes (28%), junto con los subtropicales (22%). La huerta, aunque importante también, pasa a un segundo plano, mientras que las construcciones siguen con su tendencia a aumentar principalmente en las zonas del litoral. Cabe destacar el enorme crecimiento de las urbanizaciones en Playa Granada, que en 1998 apenas ocupaban 6 km² y en 2007 superan más del doble de esa superficie. Este año es el primero en el que la caña de azúcar ya no aparece, pues la última cosecha se da en 2006.

La evolución de la superficie dedicada a cada uso muestra un aumento de los cultivos de árboles subtropicales e invernaderos en detrimento de la caña de azúcar, que va cediendo espacio tanto a estos dos cultivos como a la huerta. La caña de azúcar, de dominar prácticamente toda la vega en 1956 con más del 70% de la superficie ocupada, no llega al 14% en 2004 y desaparece totalmente en 2007. En cambio, los cultivos subtropicales pasan de representar un 2% en 1956 a ser el que más domina desde 1998 con un 32% de la superficie y aunque para el año 2007 pierde superficie, sigue siendo el segundo cultivo más representativo (22,3% de la superficie) por detrás de los invernaderos, que son los que más superficie de cultivo ocupan en el último año con más del 28%. La evolución de las áreas sin uso muestra cómo, mientras los cultivos ganan territorio, pierden superficie ocupada (tan sólo 3% en 2004) pero que al desaparecer la caña de azúcar, quedan amplios sectores abandonados, (hasta un 12% en 2007). El uso del suelo urbano también se incrementa, sobre todo a par-

tir de los años 70 en áreas de expansión turística, pasando de ser un 13% en 1970 a un 20% en 2007 como consecuencia del creciente turismo en la zona

b) Cálculo de la variación de la recarga

Debido a los cambios tan marcados que se han podido constatar de los distintos periodos estudiados, se consideró necesario estimar la influencia que podría tener esta situación sobre la recarga del acuífero. No obstante la entrada a partir de los excedentes de riego representa uno de los principales aportes para el balance hídrico del acuífero (Duque y Calvache, 2010).

Los datos de la infiltración de agua al acuífero se han obtenido con las dotaciones de riego para cada cultivo de trabajos previos (IGME, 2000) que consideran estimaciones agronómicas para un crecimiento óptimo de las plantas. Las dotaciones aplicadas fueron de 16.500 m³/ha.año para la caña de azúcar, 8.500 m³/ha.año para los árboles subtropicales, 5.000 m³/ha.año para los invernaderos y 10.300 m³/ha.año para los cultivos tipo huerta. Los porcentajes de infiltración se obtuvieron en función de la técnica de riego utilizada para cada cultivo. Para la caña de azúcar se utiliza la inundación, que tiene porcentajes de infiltración muy elevados (30 %). Para el riego de los invernaderos se utiliza el riego por goteo, que minimiza la cantidad de agua que se filtra (5 %). Para los cultivos tipo huerta se considera una situación intermedia entre ambos (25 %) al igual que para los árboles subtropicales (20 %).

A partir de los datos cuantificados de superficie ocupada para cada tipo de uso del suelo, las dotaciones de riego asignadas a cada tipo de cultivo y finalmente, el porcentaje de infiltración de la dotación de riego asignada se puede hacer una estimación de la cantidad de agua

Año	Infiltración (hm ³ /año)
1956	15.27
1970	13.90
1998	8.25
2004	7.29
2007	3.82

Tabla I.- Volúmenes de agua que se infiltra debido al regadío para cada año.

Table I.- Infiltrated water volume due to the irrigation for each year.

que se filtra en el acuífero Motril-Salobreña. Además se pueden calcular las variaciones de la recarga en función de los cambios que han acontecido en la zona por las modificaciones de las actividades que han tenido lugar sobre la superficie del acuífero.

A partir de este cálculo se ha obtenido el volumen de agua que recarga el acuífero a partir de los excedentes de riego. Se observa una disminución muy importante desde más de 15 hm³ del año 1956 hasta menos de 4 hm³ del año 2007. Esta disminución, si bien es progresiva se acentúa de manera especial durante los años más recientes. Estos cambios están muy condicionados por el cultivo de caña de azúcar. Se trata de un cultivo que requiere grandes cantidades de agua con riego por inundación. Al reducirse su superficie, debido a la paulatina sustitución por cultivos más rentables, la infiltración se sitúa en torno a 7 hm³ para 1998, disminuyendo poco a poco hasta la desaparición total de su cultivo. El resto de cultivos aporta bastante menos cantidad de agua, no superando en ningún caso más de 2,5 hm³/año. De todos ellos el que más infiltración supone al acuífero es el de los árboles subtropicales, pasando de aportar 0,15 hm³/año en 1956 a 2,33 en 1998. En 2007 es el segundo cultivo que más agua aporta, 1,63 hm³/año, por detrás de la huerta (1,88 hm³/año)

La reducción de los cultivos regados por inundación y las mejoras en los sistemas de riego han provocado que la recarga que se producía al acuífero disminuya 11 hm³/año desde 1956 hasta 2007, lo que supone una reducción de las entradas por el excedente de riego de un 74,98 % en un periodo de 52 años. Sin embargo, esta situación no parece afectar a los niveles medidos en el acuífero. La causa de esto podría deberse a un descenso en los volúmenes extraídos asociados al abandono de algunas industrias importantes de la zona y a mejoras en la eficiencia del uso del agua de las restantes.

Conclusiones

Las transformaciones sufridas en la superficie de cultivo del acuífero Motril-Salobreña han provocado cambios significativos a lo largo de los últimos 50 años en el paisaje agrario con consecuencias para la hidrogeología local. Las modificaciones más importantes se deben al reemplazo de los cultivos tradicionales como la caña de azúcar por

otros más rentables como los invernaderos o los árboles subtropicales.

La superficie destinada al cultivo de caña de azúcar ocupaba más del 70% de la vega en 1956 desapareciendo totalmente en 2007. En cambio, tanto los invernaderos como los cultivos subtropicales han ido ganando en importancia a lo largo de los años aunque de manera distinta. Mientras que los invernaderos no han parado de crecer hasta representar el 28% de la superficie total de la vega en 2007 (es el uso más común a partir de este año en el sector estudiado), los cultivos subtropicales crecieron de manera importante hasta 1998 (pasando de un 2% en el año 1956 a un 32% en el 1998) y a partir de ahí comienzan a decrecer aunque siguen representando una parte importante de la superficie de la vega.

Los cambios producidos en los diferentes cultivos que hay en la zona, junto con sus distintas necesidades de agua y tipos de riego utilizados, han provocado que la recarga de agua al acuífero procedente del retorno por riego haya dismi-

nuido en los últimos 52 años un 74,98%. Esta disminución es debida principalmente a la desaparición de la caña de azúcar, ya que era el cultivo que más retornos de riego proporcionaba al acuífero (más de 15 hm³/año en 1956) incluso en los años en los que ocupaba una extensión menor (2,89 hm³/año en 2004).

La reducción de una de las principales entradas al acuífero Motril-Salobreña representa un riesgo muy importante para poder mantener en el futuro las buenas condiciones hídricas del sistema que se han mantenido hasta la actualidad.

Agradecimientos

La financiación de esta investigación se hizo mediante el proyecto CGL2008-05016 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y el grupo RNM-369 de la Junta de Andalucía. Los autores agradecen los comentarios de Irene de Bustamante y un revisor anónimo para mejorar la calidad final del trabajo.

Referencias

- Bourdem-Gómez, D. (2007). *Terralía*, 62.
- Duque, C. (2009) *Influencia antrópica sobre la hidrogeología del acuífero Motril-Salobreña*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 194p.
- Duque C. y Calvache M.L. (2010). *Geogaceta*, 48, 119-122.
- Gómez J.D., López J.A. y Garrido E., (2003). En: *Coastal aquifers intrusion technology: Mediterranean countries* (J.A. López-Geta, J.A. de la Orden, J.D. Gómez, G. Ramos, M. Mejías y L. Rodríguez, Eds.). I.G.M.E., Madrid, 169-186.
- I.G.M.E. (2000). *Actualización del conocimiento hidrogeológico de la U.H. 06.21 y modelo matemático del acuífero*. Documento 15.1: Memoria. Documento 15.2, Anexos.
- Salas Sanjuán, M^a C., Urrestarazu Gavilán, M., Martín Escribano, J.M., De Córdoba Fonollá, A. y Castillo Martínez, P. A. (2004). *El cultivo de la caña de azúcar en la costa granadina*. Manuales de la Universidad de Almería, 109p.