

Efecto del cambio climático en la recarga del acuífero del Ventós (Alicante)

Early research on the effect of climate change on groundwater recharge of Ventós (Alicante)

Issam Touhami¹, Esteban Chirino^{1,2}, José Miguel Andreu³, Juan Rafael Sánchez^{1,2}, Antonio Pulido-Bosch⁴, Ernesto García-Sánchez⁵ y Juan Bellot^{1,2}

¹ Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. Apdo. Correos, 99. E-03080 Alicante, España. issam_touhami@yahoo.fr, esteban.chirino@ua.es, jr.sanchez@ua.es, juan.bellot@ua.es

² Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, C/ Charles R. Darwin, 14, Parque Tecnológico, 46980 Paterna, Valencia, España.

³ Departamento de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Apdo. Correos, 99. E-03080 Alicante, España. andreu.rodas@ua.es

⁴ Departamento de Biología y Geología. Universidad de Almería. Campus de La Cañada. Almería, España. apulido@ual.es

⁵ Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández. Avda. Ferrocarril, s/n Elche, Alicante, España. ernesto.garcia@umh.es

ABSTRACT

Predictions of climate change have a high interest in regions like the province of Alicante whose economy is largely based on groundwater. It is expected that the decrease of precipitation and the increase of temperature according to climate change forecasts, could impact on the recharge to aquifers. In this context, the aim of this study was explore the possible impact of climate changes forecasts on recharge in a small aquifer. In order to achieve it downscaling techniques have been used from the HadCM3 Global Climate Model. Air temperature and precipitation data in two climate change scenarios, B2 and A2 have been estimated. These databases have been coupled to HYDROBAL a hydrological model, to determine the soil water balance. Results have showed increase of 4° C of temperature and decrease of 10% precipitation in both scenarios at the end century. The hydrological model shows a negative water balance in relation to baseline period (1961-1990), being the higher differences with the A2 scenario. It could produce an important impact on the recharge of the Ventós aquifer, but it must be checked in future studies.

Key-words: Climate change, downscaling, Hydrobal, recharge, Ventós aquifer.

RESUMEN

Las predicciones sobre cambio climático tienen un gran interés en regiones como la provincia de Alicante cuya economía está basada en gran medida en las aguas subterráneas. A priori un descenso en la precipitación y un aumento de la temperatura podría generar impactos sobre la recarga de los acuíferos. En este contexto, el objetivo de este estudio ha sido explorar el posible impacto sobre la recarga de un pequeño acuífero. Para lograr este objetivo, técnicas de regionalización han sido utilizadas a partir del modelo HadCM3. Se han estimado las series de precipitaciones y temperaturas para los escenarios de cambio climático A2 y B2. Estas bases de datos han sido introducidas en un modelo hidrológico HYDROBAL para establecer los balances de agua en el suelo. Los resultados han mostrado un aumento de la temperatura de 4°C y un descenso de la precipitación del 10% a final de siglo para ambos escenarios. El modelo hidrológico indica un balance de agua negativo en relación al periodo base (1961-1990), obteniéndose las mayores diferencias para el escenario A2. Esto podría producir un fuerte impacto sobre la recarga del acuífero Ventós, aspecto que deber ser corroborado en futuros estudios.

Palabras clave: Cambio climático, regionalización, Hydrobal, recarga, acuífero del Ventós.

Geogaceta, 56 (2014), 87-90.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 5 de febrero de 2014
Fecha de revisión: 29 de abril de 2014
Fecha de aceptación: 30 de mayo de 2014

Introducción

El cambio climático genera un impacto directo sobre el Ciclo Hidrológico, lo que afecta a los recursos hídricos. Las variaciones que se están produciendo sobre la precipitación y la temperatura en numerosas regiones del Planeta (IPCC, 2007) afectan, entre otros aspectos, a la recarga de los

acuíferos, y por consiguiente, a los recursos subterráneos. El efecto potencial del cambio climático sobre las aguas subterráneas debe ser investigado, especialmente sobre aquellas regiones cuya economía se basa en el aprovechamiento de las mismas.

La provincia de Alicante es una de las regiones de España en que las aguas subterráneas juegan un papel importante en su

economía. A título de ejemplo casi un 40% de la agricultura se riega con este tipo de aguas (DPA, 2007). Ello significa que bajo el actual escenario de cambio climático se hace necesario conocer el posible impacto que éste pueda originar sobre sus aguas subterráneas.

En este contexto, el principal objetivo de este trabajo ha sido investigar las posi-

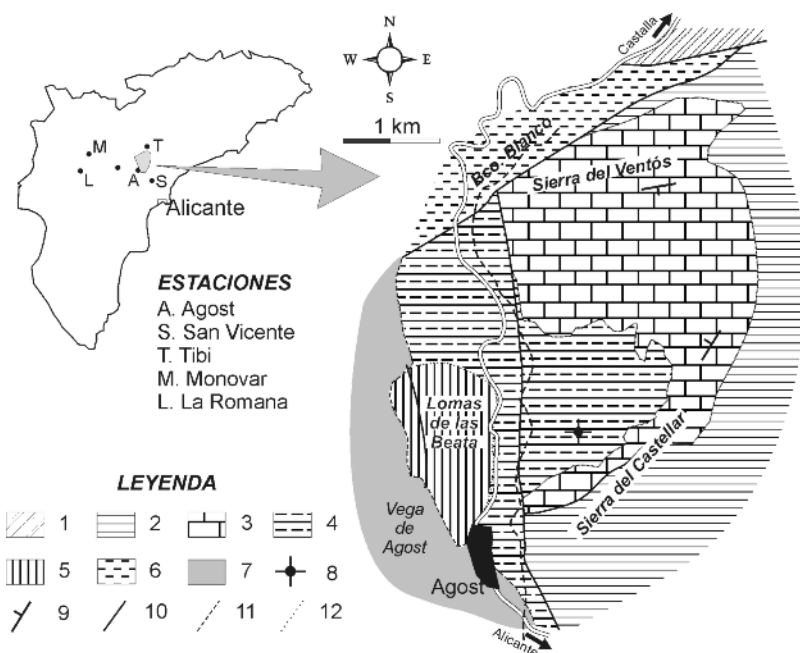


Fig. 1.- Situación geográfica del acuífero del Ventós, estaciones climáticas y esquema geológico. Leyenda: 1. Arcillas y yesos (Keuper); 2. Margas (Cretácico Inferior); 3. Calizas (Albiense-Cenomaniense); 4. Calizas y margas (Senoniense); 5. Margas (Paleógeno); 6. Margas (Mioceno); 7. Depósitos recientes; 8. Sondeo de abastecimiento; 9. Dirección y buzamiento; 10. Falla; 11. Contacto discordante; 12. Contacto concordante.

Fig. 1.- Location map of the Ventós aquifer, weather station and geologic scheme. Legend: 1. Clays and gypsum (Keuper); 2. Marls (Lower Cretaceous); 3. Limestones (Albian-Cenomanian); 4. Limestones and marls (Upper Cretaceous); Marls (Paleogene); 6. Marls (Miocene); 7. Recent deposits; 8. Supply well; 9. Strike and dip; 10: Fault; 11.Conformity; 12 Unconformity.

bles consecuencias que se producirían sobre la recarga de los acuíferos de la provincia partir de las previsiones simuladas para un escenario de cambio climático. Para ello se ha seleccionado el acuífero del Ventós, un acuífero del que se dispone de un buen conocimiento y puede ser considerado representativo del tipo de acuíferos existente en la provincia y se ha aplicado un modelo de balance de agua en el suelo *HYDROBAL* utilizado en este mismo contexto para el cálculo de la recarga con muy buenos resultados (Bellot y Chirino, 2013; Touhami *et al.*, 2013).

Características hidrogeológicas

El acuífero del Ventós es un pequeño acuífero de 7 km² constituido mayoritariamente por calizas del Cretácico dentro del dominio Prebético de la Cordillera Bética (Fig. 1). Se trata de un acuífero bien delimitado por margas cretácicas y terciarias, de forma que su extensión coincide con el relieve de la sierra del Ventós. Actualmente funciona en régimen influenciado, de forma que se explota únicamente por un solo sondeo destinado a abastecimiento de la po-

blación de Agost. Las extracciones medias anuales están en torno a 200.000 m³/año. Las entradas se producen únicamente por la recarga de la lluvia sobre los materiales permeables. Se estima que la recarga media está en torno a 150.000 m³/año (Touhami *et al.*, 2013).

Desde el punto de vista climático, el acuífero se emplaza en un ámbito mediterráneo de características semiáridas. La temperatura media anual es de 18,5 °C y la precipitación media anual es de 274 mm, lo que significa que este acuífero se ubica en una de las zonas más secas de la Península Ibérica. Conviene destacar que la frecuencia de precipitación en esta región muestra que el número de días de lluvia al año varía entre 20 y 70, si bien los días con lluvias superiores a 15 mm son muy pocos, variando entre 2 y 8.

Metodología

Para lograr los objetivos planteados, se han utilizado técnicas de regionalización capaces de elaborar las series de datos diarios. Este proceso se ha realizado mediante el *Statistical DownScaling Model (SDSM)*,

metodología utilizada con este mismo propósito en numerosas regiones con características climáticas diferentes. En este caso se han utilizado las bases de datos del proyecto PRUDENCE (AEMET, 2009) debido a que eran de libre acceso. El periodo base empleado ha sido el correspondiente a 1961-1990, mientras que las series climáticas futuras estimadas pertenecen a tres periodos de 30 años: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099. Estas series se establecieron para los escenarios de emisión A2 y B2 generados por el modelo HadCM3; siendo el escenario A2 la proyección de un aumento de la población con escaso crecimiento económico y desarrollo tecnológico, mientras que el escenario B2 es aquel en el que proyecta un crecimiento de la población lento y un rápido desarrollo económico con una mayor énfasis en la sostenibilidad y protección medioambiental.

Las series de datos (precipitaciones diarias y temperaturas máximas y mínimas diarias) del periodo base fueron obtenidas de 6 estaciones situadas en las proximidades del acuífero. Para corroborar las variaciones temporales los datos fueron analizados mediante un Modelo Lineal General (MLG) univariante ANOVA usando dos factores: escenarios de emisión y periodos establecidos.

Los datos meteorológicos diarios obtenidos por la regionalización fueron utilizados en el modelo de balance de agua en el suelo *HYDROBAL*. Su diseño conceptual se asemeja al modelo *VISUAL BALAN*, donde se introducen las variables climáticas, parámetros del suelo como capacidad de campo, punto de marchitez y humedad del suelo inicial y varios parámetros para el calibrado del modelo (consumo de agua de la vegetación, humedad inicial), el tipo de formación vegetal y porcentaje de cobertura vegetal. El modelo permite la estimación de la recarga, entre otros, a partir de un balance de agua en el suelo utilizando la vegetación existente en el área de estudio. A grandes rasgos las comunidades vegetales mejores representadas son espartales, matorrales conjuntamente con pinos de replantación y pastizales. El modelo fue validado con muy buenos resultados para el periodo 2002-2008 (Touhami *et al.*, 2013).

El proceso de cálculo fue realizado para el periodo base y para el periodo 2025-

2099, tomando 6 años elegidos de las futuras series considerando intervalos de tiempo regulares de 15 años. De esta forma los años seleccionados para realizar los balances fueron: 2025, 2040, 2055, 2070, 2085, y 2099.

Resultados

Efectos sobre las variables climáticas

Los resultados del análisis ANOVA para todo el periodo simulado (2011-2099) no muestran diferencias sobre la precipitación media entre ambos escenarios de emisión (Tabla I); mientras sí tiene un efecto significativo sobre las temperaturas medias mínimas y máximas. Por otro lado, el factor período mostró un efecto significativo indicando diferencias entre los períodos analizados en cuanto a precipitación y las temperaturas máximas y mínimas. Las predicciones sugieren un descenso de la precipitación anual media con respecto al periodo base, de forma que ésta decrecerá un 1% durante 2011-2040, un 5,6% durante 2041-2040 y un 12% entre 2071-2099.

De igual forma, las temperaturas medias máximas y mínimas experimentarán un aumento de casi 4°C al final del periodo simulado respecto al periodo base, lo que supone un incremento de 0,45°C por década. El incremento será de 1,3°C para 2011-2040, 2,5°C durante 2041-2070 alcanzado casi 4°C durante 2071-2099. El escenario A2 ofrece mayores aumentos de la temperatura (Tabla I) que el B2.

Efectos sobre la recarga

Las consecuencias sobre las componentes del balance tras el empleo de HYDROBAL están representadas en la figura 2. De forma general, se puede observar como para todo el periodo simulado, en ambos escenarios, existe una

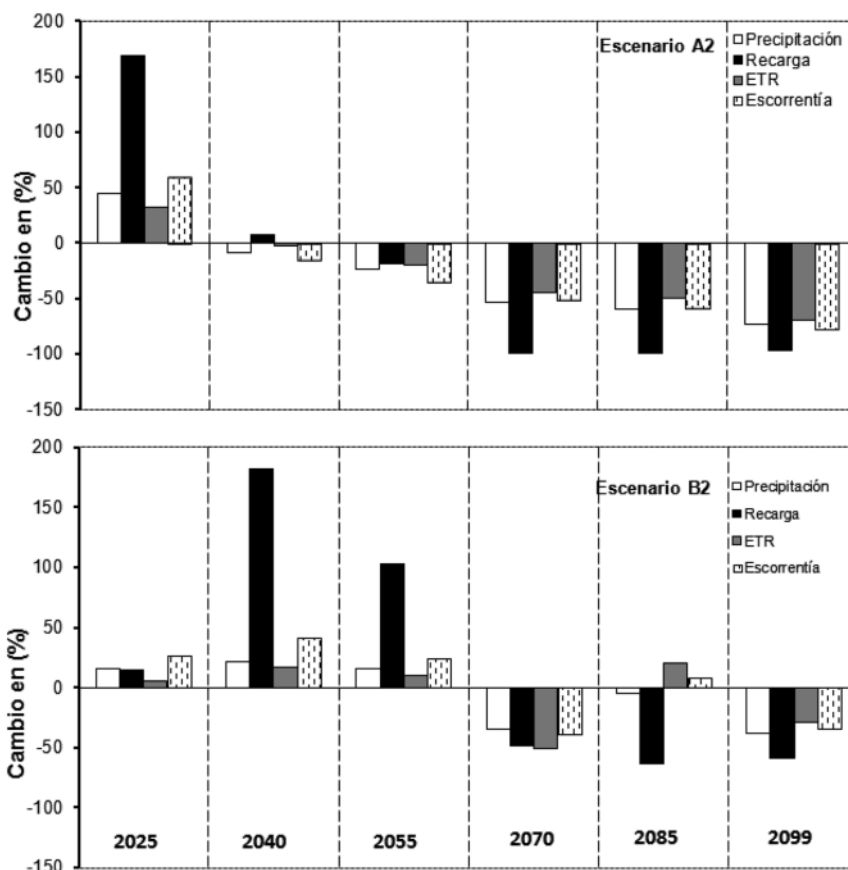


Fig. 2.- Resultados del balance de agua para los escenarios A2 (arriba) y B2 (abajo). Porcentaje anual de cambio respecto al periodo base de las variables obtenidas de Hydrobal para los años simulados. Balance del periodo base (1961-1990): P = 285,4 mm; Es = 4,39 mm; ETR = 204,7 mm, R = 32,6 mm

Fig. 2.- Results of water balance for A2 (above) and B2 (below) scenarios. Annual percentage change respect to the baseline period in the output variable of Hydrobal model for the simulated years. Balance for baseline period (1961-1990); P = 285,4 mm; Roff = 4,39 mm; Eta = 204,7 mm, R = 32,6 mm.

tendencia a la disminución de todas las componentes del balance hídrico (recarga, evapotranspiración real y escorrentía superficial) respecto al período base, siendo esta disminución mucho más acusada bajo el escenario A2.

En el caso concreto de la recarga, ésta experimenta un incremento hasta casi la mitad de siglo en el escenario A2, aumento que parece extenderse algo más en el tiempo en el escenario B2 (Fig. 2). En la segunda mitad de siglo sufre una pérdida

significativa hasta el punto que en el año 2099 se obtienen pérdidas del recarga del 96% con respecto al periodo base para el escenario A2 y del 59%, para el B2.

Discusión

Los resultados obtenidos, tanto para la precipitación como para la temperatura, son semejantes a los establecidos en estudios regionales para el sureste peninsular (MIMAN, 2000; IPCC, 2007; CEDEX, 2010).

	FACTOR PERIODO				FACTOR ESCENARIO	
	1960-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2099	A2	B2
Tmax (°C)	21,39 ± 0,11d	22,74 ± 0,11c	24,04 ± 0,11b	25,79 ± 0,12a	23,63 ± 0,13	23,31 ± 0,10
Tmin (°C)	10,25 ± 0,12d	11,59 ± 0,11c	12,71 ± 0,12b	14,23 ± 0,13a	12,33 ± 0,12	12,03 ± 0,10
P (mm)	273,58 ± 5,82a	270,81 ± 6,90a	258,10 ± 6,64ab	240,26 ± 7,54b	261,21 ± 4,67	260,51 ± 4,95

Tabla I.- Valores medios de precipitación, temperatura máxima y mínima del cuadro para los periodos 1961-1990 (periodo base), 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099 para ambos escenarios A2 y B2. Media ± error estándar ; valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes.

Table I.- Mean precipitation, air temperature maximum and minimum values for periods 1961-1990 (period linebase), 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099 and two scenarios A2 and B2. Mean ± standard error; values followed by the same letter are not significantly different.

Otros métodos diferentes a las técnicas de regionalización y aplicados posteriormente a modelos de recarga como el código ERAS empleado en el valle del Vinalopó (Aguilera y Murillo, 2009) estimaron descensos de la precipitación media anual del 1% y aumentos de la temperatura de 0,16°C por década. En ambientes climáticos semejantes como las islas Baleares y utilizando también HadCM3 se han establecido descensos de la precipitación entre 1-2% para el escenario A2 y B2 respectivamente e incrementos de la temperatura de 0,7°C para 2025 (Candela *et al.*, 2009). No obstante, para corroborar el efecto de las previsiones de cambio climático resulta recomendable contrastar los resultados con la aplicación de otros modelos de cambio climático (i.g. ECHAM4, CGCM3).

Respecto a la aplicación del modelo hidrológico, resultaría interesante ampliar el número de años seleccionados utilizando otros criterios de mayor representatividad o realizar una modelación de todo el periodo simulado, ya que la propia arbitrariedad de la elección de años concretos podría afectar las conclusiones obtenidas. Ello explicaría que las pérdidas de recarga obtenidas para la segunda mitad del siglo sean tan elevadas con respecto a otras previsiones para esta región y otros acuíferos de semejante naturaleza (CEDEX, 2010; Pulido-Velázquez *et al.*, 2014). Por ello, los resultados deben ser tomados con cierta prudencia, ya que la propia incertidumbre que presentan los modelos de cambio climático, podrían conllevar incertidumbres superiores a la variabilidad, en especial, para los periodos más alejados en el tiempo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de esta primera aproximación de carácter preliminar, sobre las posibles consecuencias que el cambio climático podría generar sobre el acuífero del Ventós, muestran una afección importante en todas los componentes del balance hídrico, situación que podría extrapolarse a otros acuíferos semejantes de la provincia.

La regionalización de las proyecciones utilizadas en los escenarios de emisiones A2 y B2 permiten estimar un aumento de la temperatura de 4 °C y una disminución de la precipitación media del 10% para finales de siglo respecto al periodo 1961-90. Estas afecciones en las variables climáticas repercutirán sobre la recarga del acuífero según indica la aplicación del modelo HYDROBAL. Si bien, esta afección puede incluso llegar a ser positiva a corto plazo aumentando su recarga, en la segunda parte del siglo, ésta se reducirá considerablemente, pudiendo llegar a producirse disminuciones en algunos años de casi un 90% según las previsiones en un escenario A2.

No obstante, estos resultados son una primera aproximación y han de ser tomados con mucha cautela y contrastados en futuras investigaciones.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con una beca del MAEC-AECID, y realizado en el marco de los proyectos ECOBAL CGL2011-30531-C03-01 y SURVIVE CGL 2011-30531-C02-02. Agradecemos a la AEMET

habernos permitido acceder a su base de datos. Agradecemos al Dr. Gavilán Jiménez y a otro revisor anónimo las sugerencias y comentarios que han mejorado el presente trabajo.

Referencias

- AEMET (2009). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid. 165 p.
- Aguilera, H. y Murillo, J.M. (2009). *Environmental Geology* 57, 963-974.
- Bellot, J., y Chirino, E. (2013). *Ecological Modelling* 266, 30-41.
- Candela, L., von Igel, W., Elorza, F.J. y Aronica, G. (2009). *Journal of Hydrology* 376, 510-527.
- CEDEX (2010). *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua*. Informe Técnico, 714 p.
- DPA (2007). *Mapa del agua provincia de Alicante*. Escala 1:150.000. Mapa y memoria. 78 p.
- IPCC (2007). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. Eds.) Ginebra, Suiza, 104 p.
- MIMAM (2000). *Libro blanco del agua en España*. Ed. Ministerio Medio Ambiente, 637 p.
- Pulido-Velázquez, D., García-Arostegüi, J.L., Molina, J.L. y Pulido-Velázquez, M. (2014). *Hydrological Processes*. DOI: 10/1002/HYP.10191.
- Touhami, I., Andreu, J.M., Chirino, E., Sánchez, J.R., Moutahir, H., Pulido-Bosch, A., Martínez-Santos, P. y Bellot, J. (2013). *Hydrological Processes*, 27, 165-174.