

Cartografía geológica de la Reserva Natural Lagunas de Campillos. Hidroquímica y dinámica hidrológica

Geological map of Lagunas de Campillos Natural Reserve. Hydrochemistry and hydrological dynamics.

M. Rodríguez-Rodríguez y F. Moral Martos

Universidad Pablo de Olavide. Carretera de Utrera, Km. 1. 41013. Sevilla.

ABSTRACT

In Campillos (Málaga, Spain) there exist a series of wet playas protected as Natural Reserves. The salinity and hydrochemical characteristics of the water of these playas are related to the lithology of their basins. The detailed geological mapping on the periphery of the protected area and the analyses of several hydrological and hydrochemical indicators has allowed us to establish the hydrological dynamics of this system. Infiltration is produced over the neogene and paleogene materials outcropping on a hill in the centre of the system; ground water recharge on the different playas constitutes an important fraction of the hydrological balance depending on the season.

Key words: *wet playas, hydrological regime, Triassic materials, hydrochemistry.*

*Geogaceta, 37 (2005), 87-90
ISSN:0213683X*

Introducción

La Reserva Natural Lagunas de Campillos se localiza al norte de la provincia de Málaga, junto a la población homónima. La Zona Periférica de Protección (Z.P.P.) de la Reserva tiene un área de 10.5 km² dentro de los cuales se sitúan 5 lagunas protegidas (Dulce, Salada, Cerrero, Capacete y Camuñas) y una sin proteger (Redonda). Existen, además, otras 2 lagunas (Tabla I) que se encuentran fuera de la Z.P.P. (Lobón y Marcela). Todas estas lagunas son endorreicas o arréicas, ya que no existen cauces definidos en sus cuencas. Según su hidroperiodo son temporales-estacionales y de aguas salobres o salinas. La cartografía geológica de detalle de la Z.P.P. pone en evidencia la presencia de una gran cantidad de rocas evaporíticas, que ocupan gran parte de las cuencas vertientes a las lagunas y que condicionan la composición química de sus aguas.

Objetivos

El objetivo de este estudio es establecer una relación entre la tipología hidroquímica de las aguas de las lagunas de Campillos y el sustrato geológico de las cuencas vertientes de cada una de ellas. Con este objetivo se ha realizado la cartografía geológica de detalle en la Z.P.P. de la Reserva Natural Lagunas de

Campillos. La existencia, en un área de dimensiones reducidas, de ocho lagunas con características hidroquímicas tan dispares hacía aconsejable disponer de una información geológica más detallada que la aportada por la hoja del Mapa Geológico Nacional (nº 1023: Antequera), de cuyos datos no se deducían con claridad las causas de tan marcada diversidad. La realización de perfiles de C.E. desde el año 97 hasta la actualidad en piezómetros instalados a tal efecto en las orillas de las lagunas de Campillos ha puesto de manifiesto la presencia de una interfase de salinidad bajo algunas de las lagunas estudiadas, por otra parte, el análisis de los datos de nivel de agua en estas lagunas durante un periodo de 5 años ha permitido definir el hidroperiodo de las mismas. La información obtenida en una serie de trabajos publicados relativos a balances hídricos e hidroquímica de las aguas en estos sistemas (Benavente y Rodríguez, 1997; Benavente *et al.*, 1998; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2000 y 2001 y Rodríguez-Rodríguez, 2002) junto con la información anteriormente mencionada, ha permitido establecer una hipótesis probable de la dinámica hidrogeológica en este sistema.

Metodología

La cartografía geológica de la Z.P.P. se ha realizado analizando la cartografía

(Baena *et al.* 1986; Martín Serrano, 1986) y fotografías aéreas (TRAGSA, 1999 y 2000; CEFTA, 1993; CMA, 2004) disponibles en la actualidad. Se realizaron campañas de instalación de piezómetros de investigación (años 1996, 1998 y 1999) y 62 sondeos someros. Para el establecimiento de la clasificación hidroquímica del agua de las lagunas se realizaron 14 muestreos durante el periodo 1997 – 2001. Las medidas de nivel de agua de las lagunas han sido suministradas por el Patronato de la Reserva Natural Laguna de Fuente de Piedra y los datos fueron medidos quincenalmente durante el mismo periodo.

Resultados

Las lagunas de Campillos se encuentran situadas al norte de la provincia de Málaga (Andalucía, España), en las Zonas Externas (Subbético) de la Cordillera Bética, integradas por materiales mesozoicos y terciarios. La litología predominante que aflora en el entorno de las lagunas corresponde a materiales del Trías en facies germano - andaluzas (Carrasco, 1986), estos materiales constituyen la formación tectónica denominada Trías o Manto de Antequera. En los lugares en los que estas litologías no afloran, se encuentran a escasa profundidad bajo recubrimientos poco potentes de materiales postorogénicos miocenos o pliocenos.

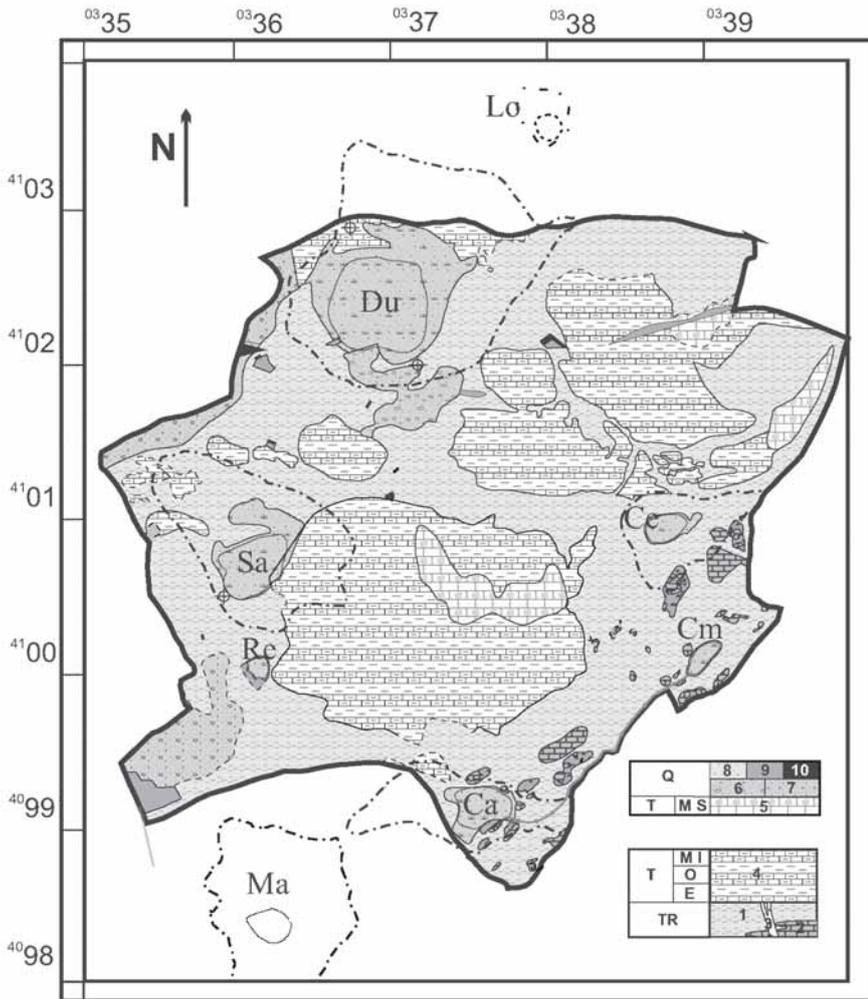


Fig. 1.- Cartografía geológica de la Zona Periférica de Protección de la Reserva Natural Lagunas de Campillos. 1 rocas clástico – salinas triásicas; 2 carbonatos triásicos; 3 ofitas triásicas; 4 calizas y margas del Paleógeno y del Mioceno Inferior (flysh); 5 calcarenitas y margas del Mioceno Superior (molosas); 6 depósitos de terraza; 7 depósitos aluviales; 8 depósitos lacustres; 9 escombreras; 10 áreas artificiales. Las líneas con punto y raya indican los límites de las cuencas vertientes.

Fig. 1.- Geological cartography of the Periphery of the Protected Area of the Campillos' Natural Reserve. 1 clastic – saline triassic rocks; 2 triassic carbonates; 3 triassic ofites; 4 limestone and marls from Paleogene and Lower Miocene (flysh); 5 calcareous sandstones and marls form Upper Miocene (molasses); 6 terrace deposits; 7 alluvial deposits; 8 lacustrine deposits; 9 dump waste deposits; 10 artificial areas. Dot and dash lines indicate limits of the lake basin.

Los materiales cuaternarios son depósitos de escasa potencia y de naturaleza detrítica.

La descripción de la estratigrafía y estructura geológica en la Reserva Natural Lagunas de Campillos se puede encontrar, de forma detallada, en Rodríguez-Rodríguez (2002). La formación 1 es la más interesante desde el punto de vista de la generación de las lagunas estudiadas y de la hidroquímica de sus aguas, se ha denominado «*rocas clástico - salinas triásicas*» (Fig.1), en ella predominan los materiales arcillosos, aunque también hay margas, areniscas y yeso. Las cuencas vertientes de las lagunas están ocupadas en su mayor parte por estos materia-

les, lo cual afecta a la salinidad y a la facies hidroquímica del agua. En la figura 1 se observa como la una única laguna cuya cuenca vertiente está parcialmente ocupada por otro tipo de materiales es la laguna Dulce, de aguas salobres (Tabla II). La existencia de estas lagunas salinas se relaciona directamente con la presencia de los materiales triásicos aflorantes en sus cuencas vertientes, situación que no se observaba claramente sobre la cartografía previa (Martín Serrano, 1986).

La facies hidroquímica del agua de las lagunas estudiadas es mayoritariamente clorurada-sulfatada sódico-cálcica, salvo en el caso de las lagunas Dulce y Camuñas en las que predomina el sulfa-

to (Tabla II). Los últimos trabajos (Toledano, 2004) en los que se presentan resultados analíticos recientes de las aguas de las lagunas de Campillos, no muestran diferencias significativas en la facies hidroquímica con respecto a trabajos anteriores, siendo ésta constante dentro de un rango desde que se comenzaron los trabajos de análisis sistemáticos en estos sistemas (Almécija, 1997). Tal y como se aprecia en la Tabla II, no es posible establecer una correlación clara entre porcentaje de cuenca ocupada por materiales triásicos y facies hidroquímica del agua. Esta situación se debe, probablemente, a que la facies hidroquímica del agua de cada laguna está relacionada, además, con el funcionamiento hidrogeológico de cada sistema en particular, concretamente con la recarga subterránea que reciben anualmente del acuífero sobre el que se sitúan. Este proceso alarga su hidroperiodo, es decir, las lagunas permanecerían secas durante un mayor periodo de tiempo si esta recarga no existiese. Este comportamiento se ha comprobado de hecho en estos sistemas tras la realización de balances hídricos a escala mensual (Benavente y Rodríguez, 1997) durante un periodo anual. La elevada evaporación sobre las lagunas (en torno a 1600 mm, suponiendo que hay disponibilidad de agua durante todo el año) no explica la permanencia de agua en las mismas si tenemos en cuenta la precipitación media anual de esta zona (400 mm) y las dimensiones de sus cuencas vertientes (Tabla II).

Las mediciones del nivel piezométrico realizadas en el borde de algunas de las lagunas estudiadas indican que dicho nivel se sitúa muy cerca de la superficie y que existe una interfase agua dulce-agua salada bajo las lagunas tal y como se ha puesto de manifiesto en la laguna de Fuente de Piedra (Benavente y Rodríguez, 1997; Benavente *et al.*, 1998 y Rodríguez-Rodríguez, 2002). Dicha interfase puede detectarse a lo largo de todo el borde de la laguna o sólo en ciertos sectores. En la laguna Dulce se han realizado perfiles de C.E. en varios piezómetros situados en sus bordes norte y sur (Fig. 2). En el sector sur se ha detectado la interfase en todos los perfiles realizados, sin embargo, no se detecta un incremento de la salinidad a lo largo del perfil situado en el norte de la laguna, probablemente debido a los materiales paleógenos aflorantes en este sector (Fig. 1). En cualquier caso, un índice que puede utilizarse para comparar la influencia relativa de la recarga subterránea en cada laguna es la relación existente entre el nivel medio del agua y el nivel máximo al-

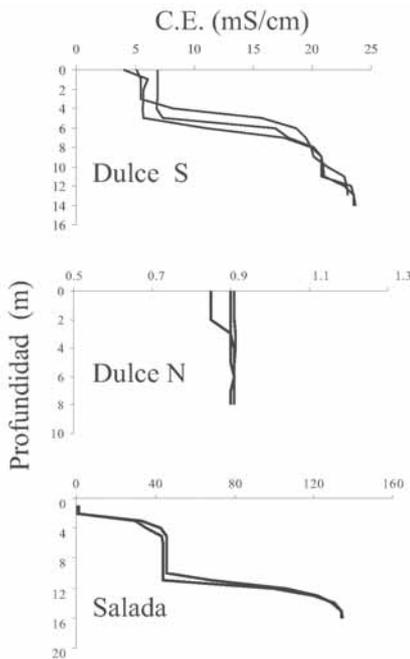


Fig. 2.- Perfiles de conductividad eléctrica realizados en los piezómetros norte y sur de la laguna Dulce y en la laguna Salada durante el año 1998.

Fig. 2.- Electric conductivity profiles in piezometers north and south of Dulce playa lake and Salada playa lake during year 1998.

canzado (Tabla II). Si este índice fuese del 100 %, la laguna sería completamente hipogénica, es decir, alimentada por aguas subterráneas (no habría fluctuaciones de nivel). Cuanto menor sea este índice, la importancia relativa de la recarga subterránea a la laguna será menor. Es necesario un periodo suficientemente largo de datos para poder obtener índices consistentes, ya que estos sistemas se caracterizan por ser muy fluctuantes, pudiendo recibir aportes subterráneos en algunos periodos y en otros no. Tras el aná-

HUMEDAL	CODIGO I.L.H.E.	UTM	MUNICIPIO	FIGURA DE PROTECCIÓN
Laguna Dulce	1023004	30S UG 369024	Campillos	Reserva Natural
Laguna Salada	1023005	30S UG 362007	Campillos	Reserva Natural
Laguna de Cerero	1023007	30S UG 387009	Campillos	Reserva Natural
Laguna de Camuñas	1023008	30S UG 389000	Campillos	Reserva Natural
Laguna de Capacete	1023009	30S UF 376991	Campillos	Reserva Natural
Laguna de Lobón	1023003	30S UG 380035	Campillos	
Laguna Redonda	1023006	30S UG 361000	Campillos	
Laguna de la Marcela	1023010	30S UF 362983	Campillos	

Tabla I.- Código I.L.H.E. (Inventario de Lagos y Humedales de España), coordenadas, municipio y figuras de protección de las lagunas de Campillos.

Table I.- I.L.H.E. code (Inventory of Spanish lakes and wetlands), coordinates, municipality and protection figures of Campillos' lakes.

lisis de un periodo de cinco años de mediciones del nivel de agua en las lagunas de Campillos se ha constatado que la laguna con un mayor índice es la laguna de Cerero, casi un 40 % (Tabla II). Este resultado se relaciona con el hecho de que es la laguna con un mayor contenido medio de cloruros (80 %) aún estando toda su cuenca vertiente situada sobre materiales triásicos. Este ión conservativo puede ser, por tanto, indicativo de una mayor permanencia de agua en lagunas o "playas húmedas" esteparias de este tipo, ya que los procesos evaporativos actuarían durante más tiempo frente a la deflación eólica (único mecanismo de salida superficial de sales del sistema). En este sentido, la laguna de Cerero tiene un índice similar a la laguna de Fuente de Piedra (41.4 %), que presenta un contenido medio de cloruros de 84 % (Rodríguez-Rodríguez, 2002) y que recibe también aportes subterráneos anuales desde su cuenca vertiente que varían según las características de cada año hidrológico (Linares, 1991). Por otra parte, es la laguna que menos veces ha permanecido seca durante todo el periodo de estudio (n = 4/70). La laguna Salada presenta un índice del 30.1 % (Tabla II) y un contenido en cloruros del 70 %, siendo la más salina del complejo si

exceptuamos Camuñas. Cabe señalar que Cerero y Salada son las lagunas que presentan mayores pendientes en dirección al cerro Romeroso (Fig. 3). En el otro extremo, la laguna de Capacete es la que presenta un % nivel menor (20 %), permaneciendo seca durante la mayor parte del año hidrológico 99/00.

El esquema de funcionamiento hidrológico en las lagunas de Campillos se puede observar en la figura 3. Por una parte, debe existir flujo de agua subterránea desde las zonas más elevadas, situadas en el Cerro Romeroso, hasta cada una de las lagunas, siendo ésta mayor o menor en función del área de recarga subterránea. En estos sistemas es difícil de determinar, debido a la baja permeabilidad de los materiales y a la topografía extremadamente llana de las cuencas de cada laguna. En segundo lugar, parte de las sales que no escapan del sistema por deflación se acumulan bajo las lagunas y se establece una interfase de salinidad bajo la superficie de las mismas o, al menos, en algunos sectores (Fig. 2).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, cada una de las lagu-

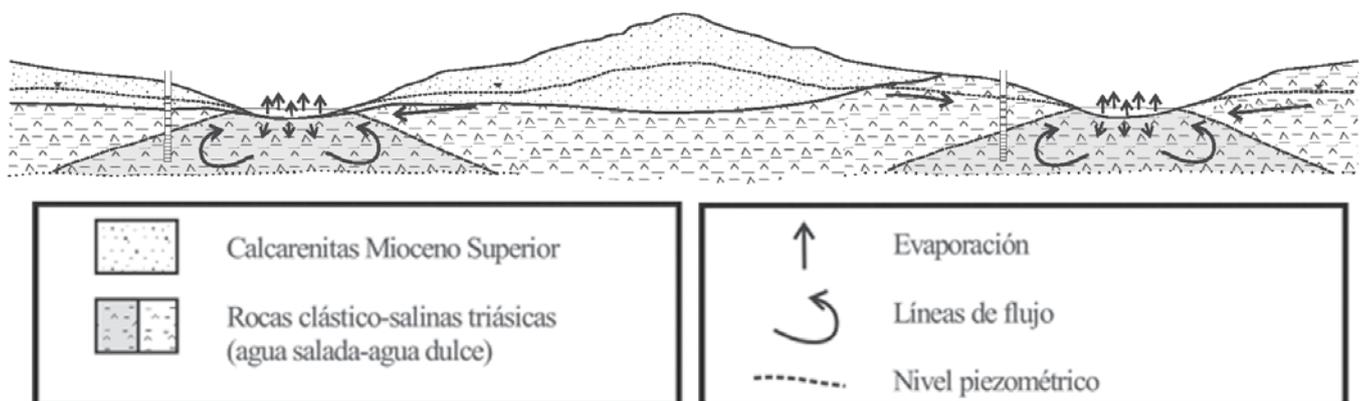


Fig. 3.- Esquema del funcionamiento hidrogeológico de los sistemas estudiados (modificado de Rodríguez-Rodríguez, 2002).

Fig. 3.- Hydrogeological sketch of the studied systems (modified from Rodríguez-Rodríguez, 2002).

Tipología	Humedal	Sal.Medía (g/l)	Máx.	Mín.	Area (Ha)	Ac/A	P.Medía/P.Máx. (%)	n = 0 / n	% Trias	% SO ₄	% Cl
Dulce - Subsalina	Lobón	0.95	2.43	0.31	1	1,0	-	-	0	10	68
Subsalina	Dulce	1.74	2.6	1.25	78	1.3	30.6	9/70	60	50	44
Subsalina - Hiposalina	Capacete	4.2	5.48	2.62	14	1.8	20.7	25/70	85	36	60
Hiposalina	Cerero	4.92	6.61	3.3	7	4.1	39.0	4/70	100	20	79
	Marcela	5.89	9.03	3.03	6.32	6.2	-	-	100	32	66
	Redonda	6.86	9.81	5.02	2	1,0	-	-	100	46	50
	Salada	10.6	17.2	6.11	18	3.9	30.1	9/70	70	26	70
	Camuñas	12.04	15.11	7.27	2	1,0	28.6	40/70	100	66	32

Tabla II.- Clasificación de las lagunas estudiadas en función de su rango de salinidad (g/l), parámetros morfométricos de las cuencas vertientes, relación de la profundidad media con la profundidad máxima (%), número de días con nivel = 0, porcentaje de superficie de la cuenca ocupado por materiales triásicos y porcentajes medios (meq/l) de sulfatos y cloruros en sus aguas.

Table II.- Classification of the studied lakes from salinity (g/l), morphometric, average - maximum depth index (%), number of days in which level = 0, percentage of the basin occupied with triassic materials and average percentage (meq/l) of sulphates and chloride on the water.

nas de la Reserva Natural Lagunas de Campillos presenta un patrón hidroquímico característico, de manera que la facies química de cada laguna depende de los materiales que constituyen su sustrato litológico y de las características hidrológicas y sedimentológicas de cada cuenca en particular. En este sentido, la cartografía de detalle de la Z.P.P de la Reserva ha puesto de manifiesto la presencia de una gran cantidad de rocas evaporíticas, si bien la facies hidroquímica de cada una depende también de otros factores, como el hidroperiodo.

La posición del nivel piezométrico es somera y hay conexión hidráulica entre el agua superficial de la laguna y el agua subterránea durante la mayor parte del año (playas húmedas) con lo cual reciben una cierta recarga subterránea como se ha constatado en trabajos previos. En este tipo de playas húmedas, la permeabilidad de los materiales del sustrato permite, en algunos casos, que se establezca una interfase de salinidad bajo las mismas. Este hecho ocurre también en la laguna de Fuente de Piedra y en un gran número de playas húmedas en todo el mundo cuando se cumplen las condiciones de aridez, conexión hidráulica y permeabilidad de los materiales infrayacentes anteriormente comentada.

Por último, se puede considerar al complejo endorreico de Campillos como un sistema hidrogeológico en el que la recarga de las lagunas es tanto superficial como subterránea, si bien en el primer caso el agua que llega a cada laguna es la que recibe cada cuenca ver-

tiente y en el segundo la recarga del sistema se produce en toda la superficie y en particular sobre los afloramientos neógenos permeables del centro de la Reserva (Cerro Romeroso) y del NE (Loma de Antequera). La descarga se produce por evaporación en cada una de las lagunas y evapotranspiración en las cuencas. Las sales disueltas desde que comienza la recarga hasta la descarga se acumulan en cada una de las lagunas, tanto en superficie formando costras salinas (se forman nuevos sedimentos evaporíticos) como bajo la superficie, mediante el establecimiento de una zona de aguas subterráneas de alta densidad bajo el área de inundación de cada laguna

Agradecimientos

Al Dr. M. Rendón Martos, Director - Conservador de la Reserva Natural Laguna de Fuente de Piedra y Lagunas de Campillos. A los investigadores Frank Dethlefsen y Volkmar Plagentz por su colaboración en la realización de la cartografía geológica. Este trabajo ha estado parcialmente financiado con cargo al proyecto suscrito entre la Universidad de Granada y la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía "Caracterización hidroquímica y cartografía de las zonas húmedas de Cádiz, Málaga y Almería".

Referencias

Almécija, C. (1997). *Estudio hidrológico de los enclaves lagunares del norte de la provincia de Málaga*. Tesis Docto-

ral, Univ. de Granada, 518 p.

Baena, J., Del Olmo, A. y Cruz San Julián, J.J. (1986). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 1022 (Campillos)*. IGME.

Benavente, J., Reyes, J. y Rodríguez, M. (1998). *Geogaceta*, 24, 51-53.

Benavente, J. y Rodríguez, M. (1997). *Limnética*, 13, 1, 15-23.

Carrasco, F. (1986). *Contribución al conocimiento de la cuenca alta del río Guadalhorce el medio físico; hidrogeoquímica*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 435 p.

Linares, L. (1990). *Hidrogeología de la laguna de Fuente de Piedra (Málaga)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 343 p.

Martín Serrano, A. (1986). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 1023 (Antequera)*. IGME.

Rodríguez-Rodríguez, M., Benavente Herrera, J., Cruz San-Julián, J.J. y Torres Ruiz, F. (2000). *Geogaceta*, 28, 125-128.

Rodríguez-Rodríguez, M., Cruz Pizarro, L., Cruz-Sanjulian, J.J., Benavente Herrera, J. y Almécija Ruiz, C. (2001). *Limnética*, 20, 2, 233-243.

Rodríguez-Rodríguez, M. (2002). *Contribución hidrogeológica y limnológica a la caracterización ambiental de zonas húmedas de Andalucía oriental*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 205 p.

Toledano Cuéllar, T. (2004). *Karstificación de materiales triásicos de la depresión de Antequera y su relación con la génesis de lagunas temporales salinas de la provincia de Málaga*. Proyecto Fin de Carrera. Univ. Pablo de Olavide, 150 p.