



# PROYECTOS FIN DE GRADO. CURSO 2017-18

---

*Francisco Moral Martos*  
*Responsable del Área de*

## GEODINÁMICA EXTERNA

Asignaturas relacionadas:

**2º Hidrología y Edafología**

**3º Gestión, Conservación y Explotación de Aguas y Suelos**

**4º Geomorfología, Técnicas de Campo en Medio Físico**

Para más información, escribe un email a:

[fmormar@upo.es](mailto:fmormar@upo.es)



# INVESTIGACIÓN EN GEODINÁMICA EXTERNA

---

Hidrología superficial → Ríos, Humedales

Hidrología subterránea → Acuíferos

Geomorfología → Neotectónica

Gestión y Planificación Hidrológica

PROFESORADO:

**Miguel Rodríguez Rodríguez**

**Víctor Cifuentes Sánchez (CHG)**

**Joaquín Delgado Rodríguez**

**Francisco Moral Martos**

# Métodos de trabajo

## DATOS DE CAMPO:

- Litología y estructura geológica
- Geomorfología
- Características hidrogeológicas de los materiales
- Inventario de puntos de agua
- Piezometría

## LABORATORIO:

- Hidroquímica:
  - Iones mayoritarios
  - Nitratos

## GABINETE:

- Cartografía
- Climatología: (precipitación, temperatura y evaporación)
- Modelización numérica



MODELO CONCEPTUAL  
DEL HIDROSISTEMA  
(Funcionamiento y dinámica)

**Proyecto 1: Hidrogeología y evolución piezométrica en el acuífero de las arenas del entorno del PN de Doñana (Huelva)**

**Proyecto 2: Seguimiento de la superficie cultivada de arroz en el bajo Guadalquivir mediante técnicas de teledetección (1986-2016)**

**Proyecto 3: Seguimiento hidrológico de la laguna de Los Tollos (Cádiz-Sevilla) después de su restauración**

**Proyecto 4: Hidrogeología de humedales interiores de la provincia de Málaga: las lagunas kársticas de Archidona**

**Proyecto 5: Los sustratos alcalinos en la remediación del drenaje ácido de minas**

**Proyecto 6: Uso de residuos industriales para la retención de metales en aguas contaminadas**

**Proyecto 7: Caracterización hidrogeológica del acuífero del Aljarafe (Sevilla)**

**Proyecto 8: Caracterización hidrológica del río Jandulilla y su cuenca vertiente (Sierra Mágina, Jaén)**

**26 11:43**

# Hidrogeología del acuífero de las arenas de Doñana

---



- Caracterización hidrogeológica
- Evolución de niveles piezométricos
- Explotación de las aguas subterráneas

# Evolución de la superficie cultivada por arroz en el Bajo Guadalquivir

---



Imagen aérea de los cultivos de arroz del Bajo Guadalquivir



Arrozales y canal de riego

- **Gestión del agua de riego**
- **Problemática ambiental**

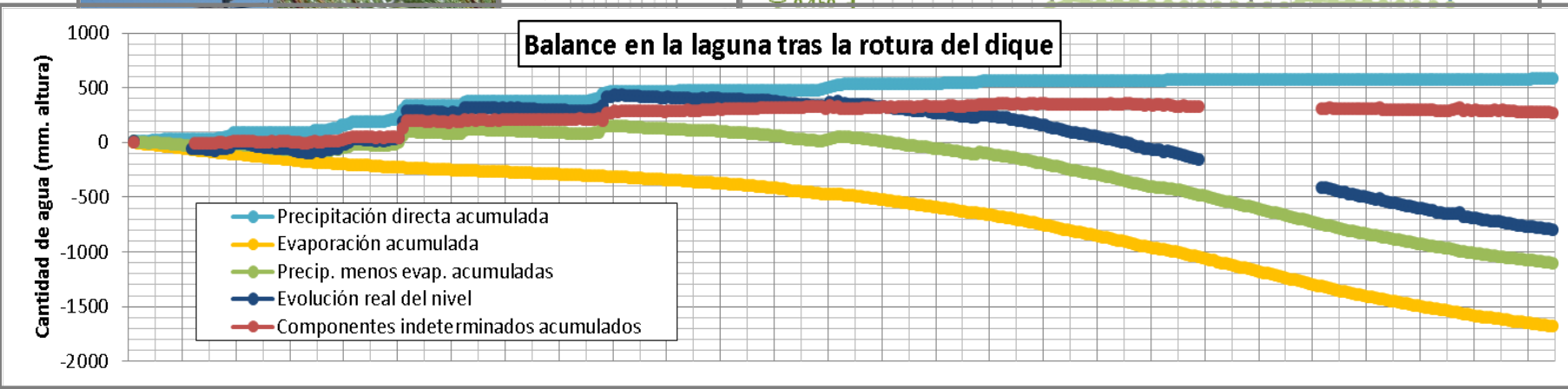
# Restauración de la laguna de Los Tollos Seguimiento hidrológico

- Tratamiento de datos meteorológicos, niveles de agua, humedad del suelo
- Balances hídricos

Cortas mineras Larga y Grande



**Balance en la laguna tras la rotura del dique**



# Remediación de la contaminación por drenaje ácido de minas



Aguas contaminadas por drenaje ácido de mina (Río Tinto)



- La contaminación por drenaje ácido de mina
- Tratamiento del agua



# Caracterización hidrológica: acuífero de El Aljarafe y río Jandulilla

- Contexto hidrológico
- Régimen de caudales
- Funcionamiento hidrogeológico

Confederación Hidrográfica Guadalquivir			5024 Horno del Vidrio	
<b>Identificación</b>				
Estado: <b>Alta</b>	Inicio: <b>1928</b>	Cota (m): <b>697</b>		
Cód. RDEA: <b>5024</b>	Cód. SAIH:	Cód. SAICA:		
UTM X: <b>468431</b>	Y: <b>4177939</b>	Huso: <b>30</b>		Datum <b>ED50</b>
UTM X: <b>468320</b>	Y: <b>4177733</b>	Huso: <b>30</b>		Datum <b>ETRS89</b>
Río: <b>Jandulilla</b>				
Cuenca receptora ( Km <sup>2</sup> ) : <b>136</b>				
Sistema de explotación: <b>Regulación General</b>				
T. municipal: <b>Bélmez de la Moraleda</b>				
Provincia: <b>Jaén</b>				
Hoja 1:50.000: <b>Torres (948)</b>				
Tipología		Sección tipo		

Estación de aforos de Horno del Vidrio (Río Jandulilla)



Calcareenitas miocenas y río Pudio  
(Mairena del Aljarafe)



Manantial del Gargantón (Bélmez de la Moraleda)

# Difusión de resultados

## Revistas especializadas

**PEREA, R.** y RODRIGUEZ-RODRIGUEZ, M. (2009) **“Water quality for different uses in the main Groundwater Bodies of the Guadalquivir River Watershed. Atlantic Basin, Spain”**. Environmental Earth Sciences. DOI: 10.1007/s12665-009-0005-9

## ○ Capítulos de libros

- S. MARTOS-ROSILLO, F. MORAL, M. RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, y A. OCAÑA (2006) **“Evaluación de los recursos hídricos de la cabecera del río Múrtigas. Sierra de Aracena (Huelva)”**. Karst, cambio climático y aguas subterráneas. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie Aguas Subterráneas (18): 91-99. Madrid. ISBN: 84-7840-628-X

Environ Earth Sci  
DOI 10.1007/s12665-009-0005-9

ORIGINAL ARTICLE

**Water quality for different uses in the main groundwater bodies of the Guadalquivir River Watershed, Atlantic Basin, Spain**

Rocio Perea · Miguel Rodríguez-Rodríguez

Received: 26 March 2008 / Accepted: 19 December 2008  
© Springer-Verlag 2009

**Abstract** This work was made to assess the groundwater quality in relation to agricultural uses and/or public supply in the main groundwater bodies (GWB) of the Guadalquivir River Basin (southern Spain) according to the recommendations of the Water Framework Directive. The study was made for both carbonate and sedimentary-rock/alluvial GWBs of the Basin in order to detect variations in the groundwater quality as a function of the hydrogeological functioning, among others. Groundwater samples were collected from selected and representative wells and drills in each GWB. The results obtained from the analyses of major ions, pH,  $SC_{25}$  and nitrate reveal that the groundwater in carbonate aquifers is suitable for both agricultural and domestic uses according to the FAO classification. The quality of water from sedimentary-rock and alluvial GWBs is medium for agricultural purposes and inappropriate for human supplies in most cases due to excessive content of chloride, sulphate and nitrate. The use of well-known hydrochemical indicators such as SAR, RSC or Gibb's ratio allowed us to predict groundwater quality in the main GWBs of the Guadalquivir watershed. Therefore, this methodology proves to be a useful tool to correctly manage and find strategic water reservoirs in an area that is going to be particularly threatened by climate change in the near future.

**Keywords** Geochemistry · Water management · Southern Spain

R. Perea · M. Rodríguez-Rodríguez (✉)  
University Pablo de Olavide, Seville, Spain  
e-mail: mrodr@upo.es

Published online: 29 January 2009

### Introduction

Management of water resources and, in particular, groundwater, is still among the more complex tasks in natural resources studies. The correct knowledge of the quality of groundwater resources plays a central role in certain areas in promoting both the standard of agricultural production and human health (Alley 1993). Water quality may differ depending upon variations in geological formations (e.g. carbonate vs. sedimentary-rock aquifers) and human activities such as intense agriculture, mining or urbanization.

The situation in Europe, regarding groundwater resources is as follows: carbonate terrains occupy one-third of the land surface, and in some countries, groundwater from carbonate aquifers contributes to about a half of the total drinking water supply. At the same time, such aquifers are particularly vulnerable to contamination due to the fact that processes of contaminant attenuation often do not work effectively in carbonate aquifers because residence times of contaminants are often short due to karstification.

Up to date information and research about groundwater resources in the Mediterranean basin is abundant and solid (Andreo and Duran 2008), but in the Atlantic basin of southern Spain, more investigation about this subject matter is still needed. In southern Spain, there are important carbonate aquifers with a great deal of groundwater resources that offer high quality water. Such aquifers are often underutilised although others are being over-exploited mainly for agricultural use and for human consumption. This new situation has led to an increase in the number of aquifers where intensive use of groundwater is made (Candela et al. 1991; Custodio 2003; López-Camacho et al. 1992). In some cases, groundwater flow volumes have decreased and some springs have even ceased to flow; in addition, other environmental and socioeconomic effects

Springer

# Presentación de posters en simposios y congresos



2009th Congress - Environment - 1028 pp in Milan, 2009

## Anthropogenic alterations and hydrological functioning of a semi-arid playa-lake complex and related detrital aquifer (Seville province, Spain)

Miguel RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, Francisco MORAL, José Benavente

\*Universidad Pablo de Olavide, Carrera de Utrera, km 1, 41013 Sevilla, mrodri@pao.es, fmmoral@pao.es, jbenavente@pao.es  
 †Instituto de Agua de la Universidad de Granada, Raton y Cañal, 4, 18071 Granada, jbenav@ugr.es

**ABSTRACT:** The hydrogeological unit Ombra-La Lantejuela (Seville, Spain) comprises detrital deposits of Pliocene and Quaternary age (Fig. 1). The northern sector contains the endogenic complex of La Lantejuela, which consists of eight playalakes and other smaller wetlands; the main water inputs to this complex are surface runoff from the Soledad de Ombra River and groundwater contributions from the aquifer. At present, the only well documented alterations are those of Calderón and La Lantejuela, which have been detected through the channeling of the stream, drainage works and groundwater pumping. The main purposes to be addressed in this work are to describe the hydrological alterations made in the detrital aquifer Ombra-La Lantejuela and to establish the hydrological relations between this aquifer and La Lantejuela playalakes, influenced and modified by the above mentioned anthropogenic alterations.

**Fig. 1.** Localización de las lagunas estudiadas (aquífero) y modelo conceptual (detrital).

**Fig. 2.** Ortofotografía (1956-59) de CVU de la laguna de Calderón. Se incluye el AMI actual de la laguna. IPI = 3,2.

**Fig. 3.** Diagrama de humedales que se aplica a cada uno de los tres modelos de funcionamiento hidrológico propuestos: lagunas C (parte C-E), lagunas E y lagunas R (parte R-R).

**Fig. 4.** Campes de humedales que se aplican a cada uno de los tres modelos de funcionamiento hidrológico propuestos: lagunas C (parte C-E), lagunas E y lagunas R (parte R-R).

**CONCLUSIONES**  
 Estas lagunas se alimentan fundamentalmente de la escorrentía superficial y subterránea generada en sus cuencas vertientes. Todas ellas se relacionan con las aguas subterráneas, ya que el acuífero de fondo de cada una de ellas tiene un modo conceptual de funcionamiento hidrológico similar. En ese sentido, las lagunas estudiadas son acuíferos dependientes de las aguas subterráneas de las cuencas vertientes de las aguas subterráneas en sus cuencas vertientes. Todos ellos se relacionan con las aguas subterráneas, ya que el acuífero de fondo de cada una de ellas tiene un modo conceptual de funcionamiento hidrológico similar. En ese sentido, las lagunas estudiadas son acuíferos dependientes de las aguas subterráneas de las cuencas vertientes de las aguas subterráneas en sus cuencas vertientes. Todos ellos se relacionan con las aguas subterráneas, ya que el acuífero de fondo de cada una de ellas tiene un modo conceptual de funcionamiento hidrológico similar. En ese sentido, las lagunas estudiadas son acuíferos dependientes de las aguas subterráneas de las cuencas vertientes de las aguas subterráneas en sus cuencas vertientes.

**CONCLUDING REMARKS:** La Lantejuela lakes are related to the groundwater body (CU) aquifer, probably confining local discharge zones and inducing a continental groundwater flow in the east. However, drainage works in these wetlands and intensive groundwater pumping have considerably modified the hydrological relations between the aquifer and the above lakes. Water balances, hydrodynamics and related hydrogeology are fundamental tools to establish the hydrological regime in this type of water systems of great ecological importance.

JORNADA: EL PAPEL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS HUMEDALES. ZARAGOZA, jueves 27 de Octubre 2008

## Grado de dependencia de las aguas subterráneas e índice de funcionamiento hidrológico en los principales humedales continentales de la Depresión del Guadalquivir

Miguel Rodríguez-Rodríguez\* · Francisco Moral† · José Benavente‡

\* Universidad Pablo de Olavide, Carrera de Utrera, km 1, 41013 Sevilla, mrodri@pao.es, fmmoral@pao.es, jbenavente@pao.es  
 † Instituto de Agua de la Universidad de Granada, Raton y Cañal, 4, 18071 Granada, jbenav@ugr.es

**Objetivos, métodos y modelo propuesto**

**Objetivos:**  
 Es el objetivo principal de este estudio comprobar, mediante el análisis de las variables básicas que influyen en su funcionamiento hídrico, el grado de dependencia de las aguas subterráneas en humedales relacionados con los materiales subyacentes de la Depresión del Guadalquivir. Para ello, se ha partido de un modelo conceptual de funcionamiento hidrológico y se han analizado conjuntamente las variables climáticas, morfométricas e hidrogeológicas que intervienen en este funcionamiento.

**Métodos:**  
 Se ha realizado un análisis climático con objeto de cuantificar las recursos hídricos medios anuales en cada zona. La lluvia útil (LU) se ha cuantificado a partir de balances de agua en el suelo en cada uno de los sistemas estudiados. La metodología de este caso el estudio de estas variables está disponible en la bibliografía (Moral et al., 2005). Para el análisis hidroquímico se han empleado series temporales en las lagunas estudiadas desde el año 1997 hasta la actualidad. Las áreas medias de inundación (AMI) y cuencas vertientes (CV) se han determinado mediante el análisis de Modelo Digital del Terreno de Andalucía (M.M.A., 2005) y posterior revisión en campo. El Índice de Funcionamiento Hidrológico (IFH) se ha calculado a partir de las variables morfométricas y climáticas mediante la ecuación  $IFH = CVU / AMI \cdot LU / 1000$ . Finalmente, la metodología estadística ha consistido en un análisis cluster, mediante el método de agregación de Ward y utilizando la distancia euclídea de las principales variables morfométricas.

**Origen de las cuencas y modelo conceptual:**  
 El origen de estas cuencas es discutido, si bien los procesos genéticos deben estar relacionados con fenómenos tectónicos y de tipo hidroclimático (Calderón y Pardo-Boscá, 1999) en los materiales evaporíticos de origen ídrico o con la karstificación de estos materiales, que constituyen el sustrato de las cuencas en la mayor parte de las zonas. Las 26 lagunas estudiadas (Fig. 1) se sitúan en relación con los materiales del frente subyacente y los materiales del complejo albitarónico de la Depresión del Guadalquivir. La mayoría de las cuencas, económicas, se formaron en un medio continental sobre materiales poco permeables (arcillas o margas), siendo rellenadas progresivamente con materiales fluvio-lacustres. Estos materiales tienen una cierta porosidad y constituyen acuíferos de pequeño tamaño denominados "acuífero de fondo de cuenca". Así, el modelo de laguna de campaña empleado en este trabajo y que se puede observar en la figura, se basa en la existencia de estos acuíferos bajo las lagunas (Moral et al., 2005).

**Parámetros morfoclimáticos y salinidad del agua**

Laguna	AMI (m <sup>2</sup> )	CVU (mm)	LU (mm)	IFH
1	10000	100	100	0.1
2	15000	150	150	0.15
3	20000	200	200	0.2
4	25000	250	250	0.25
5	30000	300	300	0.3
6	35000	350	350	0.35
7	40000	400	400	0.4
8	45000	450	450	0.45
9	50000	500	500	0.5
10	55000	550	550	0.55
11	60000	600	600	0.6
12	65000	650	650	0.65
13	70000	700	700	0.7
14	75000	750	750	0.75
15	80000	800	800	0.8
16	85000	850	850	0.85
17	90000	900	900	0.9
18	95000	950	950	0.95
19	100000	1000	1000	1.0
20	105000	1050	1050	1.05
21	110000	1100	1100	1.1
22	115000	1150	1150	1.15
23	120000	1200	1200	1.2
24	125000	1250	1250	1.25
25	130000	1300	1300	1.3
26	135000	1350	1350	1.35

**CONCLUSIONES**  
 Si el IFH es mayor de 3, esto sugiere indicar que la laguna pierde buena parte de su reserva hídrica subterránea a la laguna a través de la evaporación desde la cuenca. Así, la laguna sufre un "resque" y recarga al acuífero (agua Aranjá). En otros casos, los recursos pueden estar siendo captados mediante evaporación interna de las aguas subterráneas (agua de cenizas) o por el IFH entre 2 y 3 indica o confirma lagunas que no están recibiendo agua de la cuenca superficial. Para las 26 lagunas estudiadas, entre 310 (Aranjá) y 0,31 (Ballester). El 70% de las lagunas tienen un IFH cercano al máximo entre 1 y 2.

**El IFH propuesto permite la caracterización de estado de cada humedal**

**Referencias**  
 Calderón, J. y Pardo-Boscá, J. (1999). Evolución de los humedales de la Depresión del Guadalquivir. *Revista de Geografía de Sevilla*, 23, 1-14.  
 Moral, F., Rodríguez-Rodríguez, M., Benavente, J. (2005). Metodología para el estudio de las variables morfométricas e hidrogeológicas que intervienen en el funcionamiento hídrico de los humedales. *Revista de Geografía de Sevilla*, 29, 1-14.  
 Rodríguez-Rodríguez, M., Moral, F., Benavente, J. (2008). Grado de dependencia de las aguas subterráneas e índice de funcionamiento hidrológico en los principales humedales continentales de la Depresión del Guadalquivir. *Revista de Geografía de Sevilla*, 32, 1-14.



*Francisco Moral Martos*  
*Edificio 22, segunda planta, despacho 11*  
*fmormar@upo.es*

**GRACIAS !**

Nacimiento del río Castril (Granada)