

# Análisis del hidroperíodo de tres lagunas de la Reserva Biológica de Doñana (2018-2020)

*Hydroperiod analysis of three coastal ponds of Doñana Biological Reserve (2018-2020)*

María José Montes-Vega y Miguel Rodríguez-Rodríguez

Universidad Pablo de Olavide. Carretera de Utrera km 1. 41013 (Sevilla), [mjmonveg@upo.es](mailto:mjmonveg@upo.es), [mrodrrod@upo.es](mailto:mrodrrod@upo.es)

## ABSTRACT

*This study analyses the changes produced in the hydroperiod of the Santa Olalla, Taraje and Zahillo ponds, located on the coastal aquifer of the Doñana littoral aeolian mantle, to detect their degree of alteration. The water level was recorded from 2018 January 1<sup>st</sup> to 2020 June 26<sup>th</sup>. The 2019 was an exceptionally dry year, with a record of less than 200 mm/year of accumulated precipitation. It is worth noting the different degree of dependence of these ponds to rainfall. Although the Santa Olalla pond is resilient against dry periods, thanks to groundwater discharge, Zahillo pond is highly dependent on rainfall and has remained dry most of the study period. The lockdown caused by Covid-19 pandemic during the spring of 2020, has not implied any significant change in the withdrawal of groundwater close to the study area. Therefore, no positive hydrological changes have been detected in the ponds during such period.*

**Key-words:** coastal ponds, pumps, Doñana aeolian mantle.

## RESUMEN

*En este estudio se analizan los cambios producidos en el hidroperíodo de las lagunas de Santa Olalla, Taraje y Zahillo, situadas sobre el acuífero costero del manto eólico litoral de Doñana, con el fin de detectar su grado de alteración. Se registró el nivel de la lámina de agua desde el 1 de enero de 2018 hasta el 26 de junio de 2020. El 2019 fue un año excepcionalmente seco, con un registro de menos de 200 mm/año de precipitación acumulada. Cabe destacar el diferente grado de dependencia de estas lagunas de las precipitaciones. Si bien la laguna de Santa Olalla es resiliente frente a los períodos secos, gracias a los aportes de agua subterránea, la laguna de Zahillo es muy dependiente de las lluvias y ha permanecido seca la mayor parte del período de estudio. El período de confinamiento debido a la pandemia del Covid-19 en la primavera del año 2020 no ha supuesto ningún cambio significativo en los caudales bombeados en los sondeos cercanos a la zona de estudio. Por tanto, no se han detectado cambios hidrológicos positivos en las lagunas durante dicho período.*

**Palabras clave:** lagunas costeras, bombeos, manto eólico de Doñana.

*Geogaceta*, 70 (2021), 43-46  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 22/11/2020  
Fecha de revisión: 23/04/2021  
Fecha de aceptación: 28/05/2021

## Introducción

Las lagunas peridunares de Doñana han sido objeto de numerosos estudios de tipo hidrogeológico en los últimos años (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2017; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2018; Fernández-Ayuso *et al.*, 2018; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2020). Dichos estudios han puesto de manifiesto la importancia de la descarga subterránea hacia estas lagunas desde el acuífero costero del manto eólico litoral de Doñana (MASb 0055104) y la alteración del régimen hidrológico en dos de estos sistemas: la laguna de Zahillo y la laguna de Taraje (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2020).

Esta alteración, producida por la explotación del acuífero en sondeos cercanos (Fernández-Ayuso *et al.*, 2018), ha tenido como consecuencia una reducción del hidroperíodo y de la superficie media de inundación en ambas lagunas.

Por otro lado, el reciente anuncio por

parte de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) del cese de los bombeos en los sondeos más cercanos (sondeos 9 y 10) a las lagunas peridunares, con objeto de revertir esta alteración hidrológica (ABC, 2020), hace conveniente llevar a cabo un seguimiento mediante la monitorización y modelización hidrológica de estos sistemas para poder detectar así futuras tendencias en su dinámica.

El objetivo de este trabajo es analizar el grado de alteración actual en las lagunas de Zahillo y Taraje a lo largo del período de estudio 2018-2020, así como los posibles cambios hidrológicos que hayan podido producirse durante la primavera de 2020, período en el que transcurrió el confinamiento de la población a causa de la emergencia sanitaria por Covid-19. Esta información será comparada con un sistema que no parece estar alterado por la presencia de los bombeos, como es la laguna de Santa Olalla (Fernández-Ayuso *et al.*, 2019).

## Zona de estudio

Las lagunas objeto de estudio se localizan en el sistema dunar o manto eólico litoral de Doñana (Fig. 1). La laguna de Santa Olalla, con más de 25 hectáreas de superficie (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2020), es la única laguna permanente de las tres estudiadas (Fernández-Ayuso *et al.*, 2018). La laguna de Taraje, en cambio, tiene un comportamiento estacional, mientras que la laguna de Zahillo, presenta un comportamiento temporal.

En la figura 1 se puede ver la localización de los pozos de extracción de agua subterránea para el abastecimiento de la población de Matalascañas. La mayoría de estos pozos bombean agua de forma intermitente, coincidiendo con el aumento poblacional debido a festividades, como Semana Santa, o el incremento del turismo en temporada estival.

### Metodología

Para llevar a cabo el estudio hidro-lógico se han utilizado datos trihorarios de sensores (CTD-Diver en la Laguna de Santa Olalla, Levellogger en la Laguna de Taraje y Mini-Diver en la Laguna de Zahillo) que han sido instalados en piezómetros y regletas de estas lagunas.

Las precipitaciones (mm) se han obtenido de la base de datos climáticos de la estación meteorológica de la Estación Biológica de Doñana (EBD) (Fig. 2).

El período de estudio abarca desde el 1 de enero de 2018 hasta el 26 de junio de 2020, fecha en la que se realizó la última descarga de datos.

En cuanto a la información relacionada con los bombeos, estos datos han sido facilitados por Aqualia, entidad encargada del suministro a Matalascañas.

### Resultados

La figura 2 representa la evolución del nivel de las lagunas entre 2018 y 2020.

La laguna de Zahillo ha permanecido seca la mayor parte del tiempo, a excepción de la primavera del año 2018, en la que llegó a alcanzar un nivel de 50 centímetros.

La laguna de Taraje suele secarse en verano; en los años secos, como el año 2019, también se seca en otoño.

La laguna de Santa Olalla ha permanecido inundada durante todo el período de estudio, sin embargo, se observa un ligero descenso del nivel a partir de la primavera del año 2019.

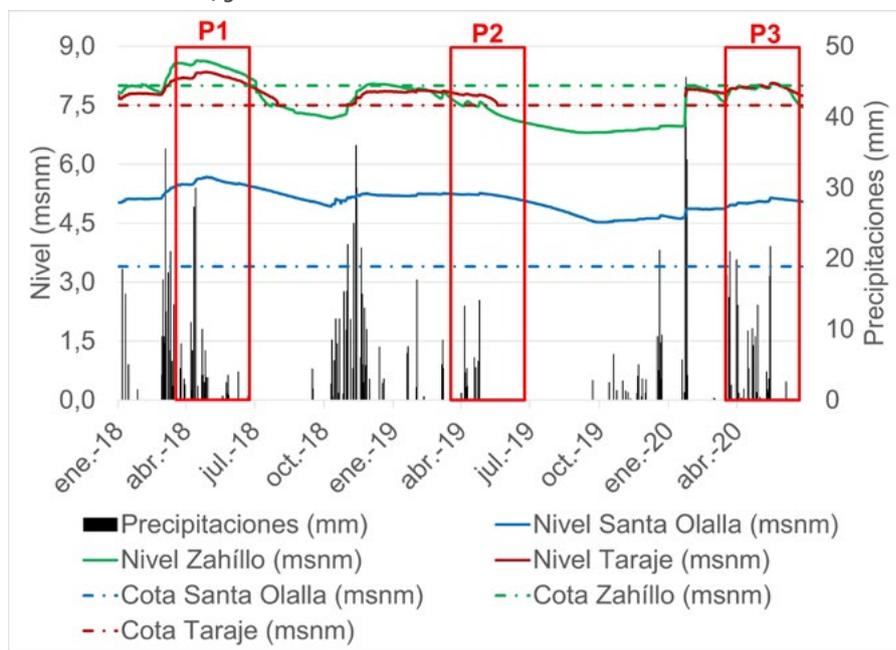
En la tabla I se puede observar la precipitación acumulada anual y el número de días que han permanecido inundadas estas tres lagunas.

En la figura 3 se compara la evolución del hidrograma (Nivel) de las lagunas con la Desviación Acumulada respecto a la media de la Precipitación (DAP) en cada uno de los períodos de primavera de 2018 a 2020. Esta figura muestra una alta similitud entre las variables "Nivel" y "DAP" durante el año 2018, lo cual indica la dependencia que presentan estos ecosistemas de las precipitaciones. La precipitación produce la recarga del acuífero de los mantos eólicos y el acuífero descarga agua subterránea hacia las lagunas. Sin embargo, en el año 2019 que, como se mencionó anteriormente, fue muy seco, la evolución del nivel en las la-



**Fig. 1. Localización geográfica de la zona de estudio y ubicación de los pozos de bombeo para el abastecimiento de Matalascañas. Ver figura en color en la web.**

*Fig. 1. Geographic location of the study area and location of the pumping wells for water supply in Matalascañas. See figure in colour on the web.*



**Fig. 2. Hidrograma del período de estudio (2018-2020) de las lagunas de Santa Olalla, Taraje y Zahillo. Marcados en rojo los tres períodos de primavera de 2018, 2019 y 2020 (P1, P2 y P3), coincidiendo el último con el período del confinamiento por la emergencia sanitaria (Covid-19). Ver figura en color en la web.**

*Fig. 2. Hydrograph of the study period (2018-2020) of Santa Olalla, Taraje and Zahillo ponds. In red, the three springs periods of 2018, 2019 and 2020 (P1, P2 and P3), where the last one coincides with the confinement by Covid-19. See figure in colour on the web.*

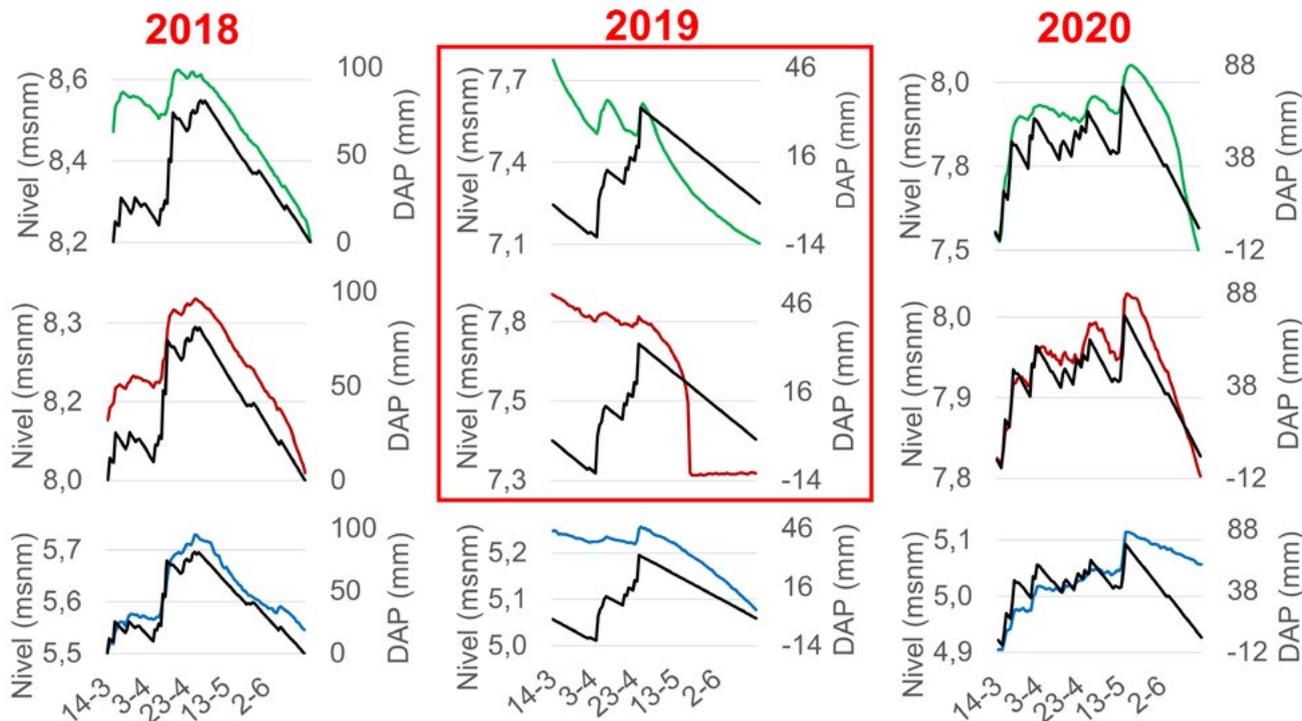
Año	Número de días inundada			Precipitaciones (mm)
	Santa Olalla	Taraje	Zahillo	Total
2018	365	270	163	681,5
2019	365	139	0	198,2
2020*	178	156	15	347,2

**Tabla I. Número de días en los que las lagunas de estudio se encontraron inundadas a lo largo del período de estudio y precipitación total (mm) de cada año.**

**\*Para el caso de 2020 únicamente se dispone de datos hasta el día 26 de junio.**

*Table I. Number of days in which the study ponds are flooded throughout the study period and total precipitation (mm) of each year.*

*\*In the case of 2020, data are available until June 26<sup>th</sup>.*



**Fig. 3.** Representación gráfica del nivel de cada una de las lagunas de estudio en el período de primavera (Fig. 2, P1, P2 y P3) y la Desviación Acumulada respecto a la media de la Precipitación (DAP) durante dicho período. Laguna de Zahillo (verde), laguna de Taraje (rojo) y laguna de Santa Olalla (azul). El recuadro rojo (primavera 2019) representa períodos de recarga desde las lagunas al acuífero. La laguna de Zahillo se encuentra seca en 2019 (el fondo de la laguna está a una cota de 8 msnm). Ver figura en color en la web.

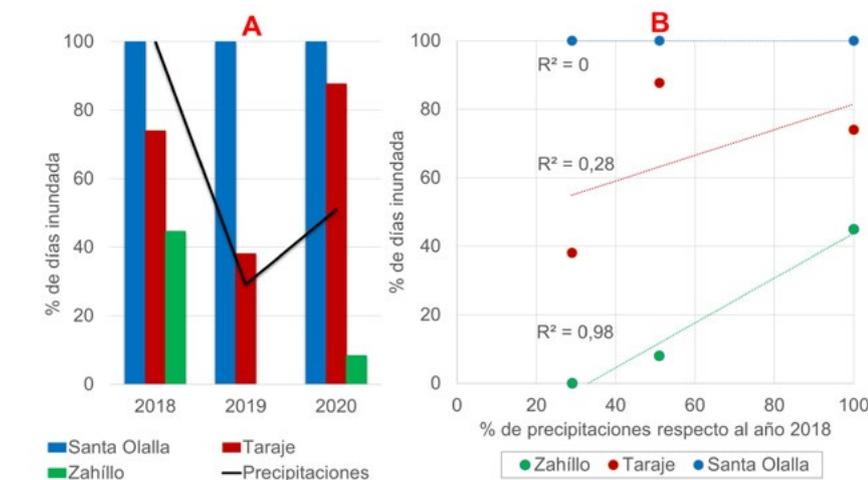
Fig. 3. Plot of the level of the studied ponds during spring (Fig. 2, P1, P2 and P3) and the Accumulated Deviation with respect to the mean Precipitation (DAP) during this period. Zahillo pond (green), Taraje pond (red) and Santa Olalla pond (blue). The red box (spring 2019) represents recharge periods from the ponds to the aquifer. The Zahillo pond is dry in 2019 (the bottom of the pond is located 8 masl). See figure in colour on the web.

gunas de Zahillo y Taraje no muestra una correlación con el DAP. Esto es indicativo de una alteración del régimen hidrológico. En la laguna de Santa Olalla la correlación DAP-Nivel durante el año 2019 es mayor que en las otras dos lagunas.

La figura 4 muestra el grado de dependencia entre el número de días que cada laguna está inundada al año con el tanto por ciento de precipitaciones respecto al año 2018 (el más lluvioso de la serie).

La  $R^2$  de este diagrama de dispersión (figura 4-B) se puede interpretar como un proxy de la dependencia de cada laguna con respecto a las precipitaciones. Se puede apreciar que la laguna de Zahillo muestra una  $R^2$  de 0,98, es decir, una alta dependencia de las precipitaciones. La laguna de Taraje muestra una  $R^2$  de 0,28 y la laguna de Santa Olalla no muestra correlación, ya que estuvo inundada todo el período de estudio, lloviese o no lloviese.

Por otra parte, la figura 5 muestra el volumen de agua extraída de los sondeos de Matalascañas en  $m^3/día$ . La evolución durante el año 2020 es muy similar a la de años anteriores (2015 y 2016). No se produjo un cese de las extracciones durante el período de confinamiento, aunque la población durante dicho período tuvo que ser mínima, por tanto, no se ha constatado que el confinamiento poblacional haya supuesto una mejora coyuntural del hidropérido de las lagunas durante esas fechas.

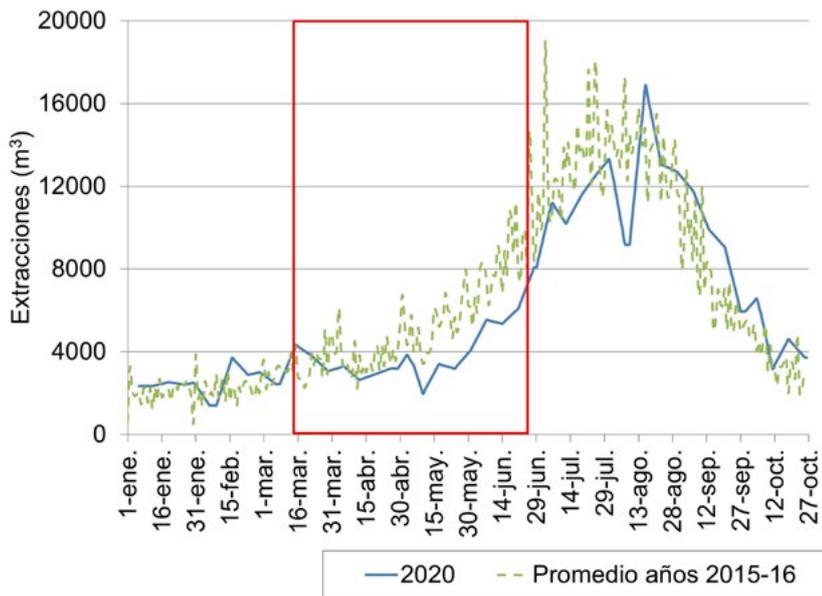


**Fig. 4.** (A) Representación gráfica del porcentaje de días en los que las lagunas permanecen inundadas en relación con la precipitación acumulada anualmente durante el período 2018-2020. (B) Gráfico de dispersión en el que se muestra la dependencia de cada una de las lagunas con las precipitaciones. Ver figura en color en la web.

Fig. 4. (A) Plot of the percentage of days in which the ponds remain flooded in relation to the annual accumulated precipitation during the 2018-2020 period. (B) Scatter plot showing the dependence of each of the ponds to the rainfall. See figure in colour on the web.

## Discusión y conclusiones

En este trabajo se ha analizado la información hidrológica de las lagunas pe-



**Fig. 5. Evolución de los bombeos de agua realizados en el año 2020 en Matalascañas frente a la explotación media producida en años anteriores (2015 y 2016). En rojo está marcado el período correspondiente al confinamiento por Covid-19. Ver figura en color en la web.**

*Fig. 5. Evolution of the groundwater pumped in 2020 in Matalascañas compared to the average exploitation produced in previous years (2015 and 2016). The period corresponding to confinement by Covid-19 is marked in red. See figure in colour on the web.*

riduñares de Doñana durante un período que incluyó un año excepcionalmente seco, como fue el 2019. Durante ese año, la laguna de Zahillo estuvo seca todo el tiempo, en contraste con la laguna de Santa Olalla, que se mantuvo inundada. Por otra parte, la laguna de Taraje mantuvo agua de enero a junio.

Otros autores (Serrano, L., *et al.*, 1996; Rodríguez-Rodríguez, M., *et al.*, 2020) han señalado la alteración antrópica de las lagunas de Zahillo y Taraje. Con este estudio, se ha corroborado dicha alteración y la alta dependencia de las precipitaciones de la laguna de Zahillo, en particular durante los años secos.

Con el cese de las extracciones previsto en los sondeos 9 y 10, sería previsible un ascenso del nivel piezométrico en el entorno y una recuperación de las lagunas más cercanas. Por tanto, sería de especial interés continuar con el seguimiento y la monitorización de estos sistemas dependientes de las aguas subterráneas.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias al convenio de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y la Universidad Pablo de Olavide para el

“Estudio de la monitorización hidrológica y modelización de la relación laguna-acuífero en los mantos eólicos de Doñana. Seguimiento y ampliación del inventario”.

Se agradece la colaboración de J.M. Bruque Carmona, técnico de laboratorio, por el tratamiento de datos de los bombeos y el apoyo logístico y técnico de la Infraestructura Científico-Técnica Singular de la Reserva Biológica de Doñana (RBD-ICTS).

Agradecemos a los revisores C. Guardiola-Albert y A. Fernández-Ayuso los comentarios y modificaciones sugeridas, las cuales han mejorado sustancialmente el presente manuscrito.

### Referencias

ABC, Andalucía, Huelva (2020). *Revista ABC* (versión digital, 05/10/2020).

Fernández-Ayuso, A., Aguilera, H., Guardiola-Albert, C., Rodríguez-Rodríguez, M., Heredia, J. y Naranjo-Fernández, N. (2019). *Groundwater* 57, 895-906.

Fernández-Ayuso, A. y Rodríguez-Rodríguez, M. (2018). *Geogaceta* 64, 51-54.

Fernández-Ayuso, A., Rodríguez-Rodríguez, M. y Benavente, J. (2018). *Hydrological Sciences Journal* 63 (15-16), 2048-2059.

Rodríguez-Rodríguez, M., Fernández-Ayuso, A. y Moral, F. (2017). *Geogaceta* 61, 47-50.

Rodríguez-Rodríguez, M., Martos-Rosillo, S., Fernández-Ayuso, A. y Aguilar, R. (2018). *Geogaceta* 63, 27-30.

Rodríguez-Rodríguez, M., Fernández-Ayuso, A., Moral, F. y Caro, R. (2020). *Geogaceta* 67, 87-90.

Serrano, L. y Serrano, L. (1996). *Journal of Environmental Management*, 46, 229-238.