

Un paseo hidrogeológico por el Parque Nacional de Doñana:

Las aguas subterráneas del Parque Nacional de Doñana



23 de marzo de 2024



EXCURSIÓN GRATUITA

Plazas limitadas: 50
25 plazas desde Sevilla
25 plazas desde Huelva

Se recomienda llevar: ropa y calzado cómodo, agua y comida.

IMPRESCINDIBLE!!
RESERVA PREVIA AQUÍ
Plazo: 15 de marzo 2024



PUNTO DE ENCUENTRO desde Sevilla:(Hora: 8.45 h)
Autobus desde la Avenida de Portugal, cerca del antiguo bar Citroën en frente de la Plaza de España/Sevilla

PUNTO DE ENCUENTRO desde Huelva: (Hora: 8.45 h)
Autobus desde Facultad de Ciencias Experimentales, Campus El Carmen, Av. del Tres de Marzo, s/n, 21071 Huelva

PUNTO DE ENCUENTRO para personas que van con coche privado: (Hora: 10.00 h)
Centro de visitantes de Acebuche

Hora llegada en Sevilla/Huelva (estimada): 15.00 h

Información detallada y folleto de la excursión en: <https://www.iah-ge.org/hidrogeodia-2024/>
e-mail de contacto: jlyancon@upo.es

EL HIDROGEODÍA 2024

El Hidrogeodía es una jornada de divulgación de la Hidrogeología y de la profesión del hidrogeólogo, con motivo de la celebración del Día Mundial del Agua (22 de marzo), promocionada por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE). La jornada consta de actividades gratuitas, guiadas por hidrogeólogos y abiertas a todo tipo de público, sin importar sus conocimientos en la materia.

En las provincias de Sevilla y Huelva, el Hidrogeodía 2024 se celebra en el Parque Nacional de Doñana, el sábado 23 de marzo.

CÓMO LLEGAR

Nuestra ruta comenzará en el Centro de Visitantes El Acebuche a unos 3 km de Matalascañas, por la carretera A-483. Desde el desvío, una pista de acceso de unos 2 kilómetros lleva hasta el Centro de Visitantes. Ofrecemos un autobús desde Sevilla y otro desde Huelva para llegar al punto de encuentro, pero también es posible de acercarse con coches privados. La ruta hasta el punto de encuentro se puede descargar pinchando [aquí](#). Desde el Centro de Visitantes El Acebuche entramos con los dos autobuses en el Parque Nacional de Doñana para hacer una primera parada en el Observatorio Científico del CN Instituto Geológico y Minero de España del CSIC (Fig.1).



Figura 1: Observatorio Científico del Instituto Geológico y Minero de España (CN IGME-CSIC).

La segunda parada será en la laguna Santa Olalla (Fig. 2). Desde la pista transitable nos acercamos andando por un camino arenoso de unos 10 minutos hasta la Laguna.



Figura 2: Laguna Santa Olalla.

Desde la Laguna Santa Olalla regresamos al punto de encuentro Centro de Visitantes El Acebuche y se inicia el regreso a Sevilla y Huelva mediante los autobuses contratados.

Que veremos

El objetivo de esta visita es conocer el sistema hídrico del Parque Nacional de Doñana que es altamente dependiente del acuífero Almonte Marismas. El acuífero Almonte-Marismas, con una extensión de unos 2.700 km², se localiza en el SO de España, en la margen derecha y

tramo final del río Guadalquivir, entre las provincias de Huelva y Sevilla. Administrativamente, la gestión de sus recursos se realiza entre las demarcaciones hidrográficas del Guadalquivir y del Tinto-Odiel-Piedras. Se trata de un acuífero con altas implicaciones ambientales, ya que sobre su superficie se localiza el Parque Nacional de Doñana, una de las reservas biológicas más importantes de la Península Ibérica. Para mejorar el entendimiento actual de la renovación de los recursos hídricos y el funcionamiento de uno de los sistemas lagunares más importantes del Parque Nacional de Doñana se han realizado varios estudios mediante la instalación de un observatorio científico y también mediante la investigación del sistema lagunar Dulce – Santa Olalla – Pajas. Ambos sitios se visitarán en esta excursión.

Parada 1: En la primera parada se explicará el Observatorio Científico del CN Instituto Geológico y Minero de España del CSIC. que consiste en 4 lisímetros de alta precisión y una estación meteorológica. El motivo de la instalación fue la determinación el balance hídrico del suelo, es decir la cantidad de precipitación, infiltración, evaporación y evapotranspiración de las plantas. Mediante un lisímetro de precisión se puede pesar directamente los componentes del balance hídrico del suelo. Estos parámetros son esenciales para estimar la renovación anual de los recursos hídricos subterráneos de la cual dependen tanto los ecosistemas de los humedales como los usuarios, municipios, agricultura y turismo. Aparte de la determinación del balance hídrico del suelo también se pretende estudiar su dependencia del cambio climático con temperaturas más elevadas, diferentes patrones y cantidades de precipitación.

La actual instalación consiste en 4 lisímetros de precisión (dos grandes de 1 m² de superficie y 1.5 m de profundidad, y dos pequeños, denominados Smart Field Lysimeter (SFL), de

0.07 m² de superficie y 0.9 m de profundidad), un pluviómetro de pesada de la marca comercial OTT (Pluvio2) y un tanque de evaporación Clase-A en el lugar de estudio. (Fig. 3 y 4)

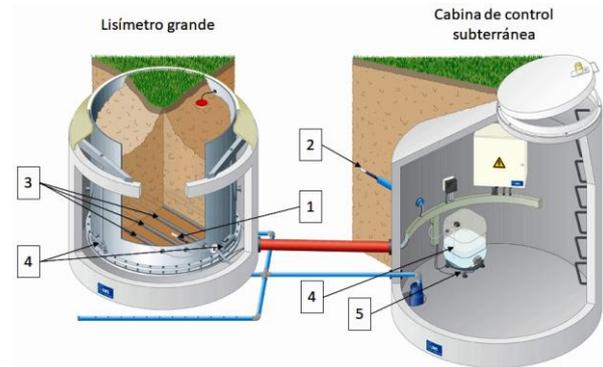


Figura 3: Esquema de instalación de los lisímetros grandes. 1) tensiómetro T8 en la base del lisímetro, 2) tensiómetro T8 en campo, 3) cápsulas de succión cerámicas, 4) balanza que controlan el peso del lisímetro, 5) balanza que controla el peso del recipiente de drenaje 6) recipiente de drenaje.

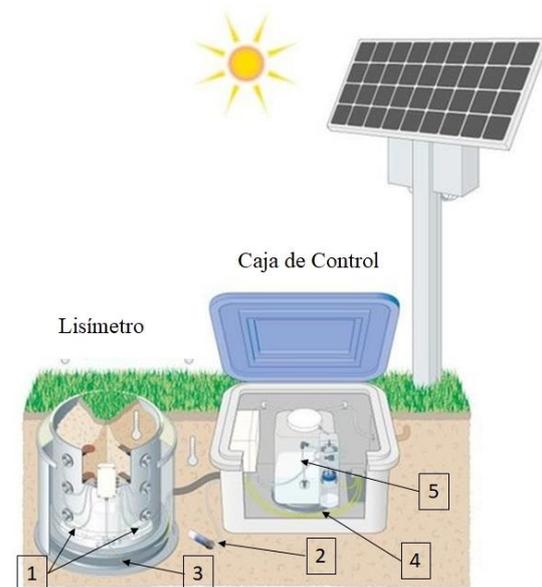


Figura 4: Esquema de instalación de los lisímetros pequeños (SFL). 1) cápsulas de succión y VTENS, 2) tensiómetro T8 en campo, 3) balanza que controlan el peso del lisímetro, 4) balanza que controla el peso del recipiente de drenaje 5) recipiente de drenaje. Fuente: <https://www.hoskin.ca/manufacturers/meter-group.html>

En la figura 5 se pueden observar los diferentes volúmenes de la renovación de recursos hídricos en los diferentes emplazamientos de los lisímetros en función de su cobertura vegetal.

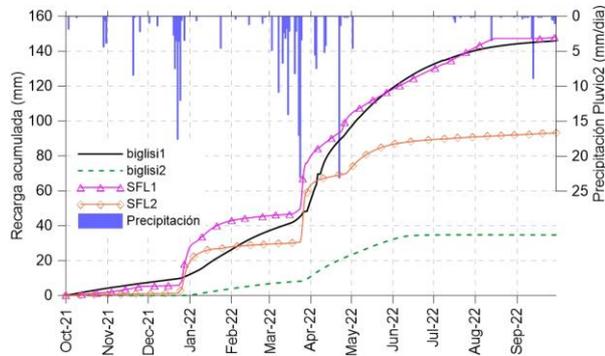


Figura 5: Representación de la recarga acumulada (mm/m^2) en cada uno de los lisímetros para el periodo de estudio (1 de octubre de 2021 a 30 de septiembre de 2022). La precipitación se corresponde con la registrada en el pluviómetro de pesada (Pluvio2).

Parada 2: Laguna Santa Olalla

La laguna de Santa Olalla forma parte de las denominadas lagunas peridunares de Doñana (Figura 6). Dichas lagunas se encuentran ubicadas dentro de los límites de la Reserva Biológica de Doñana a una altitud comprendida entre los 2 m s.n.m. (Sopetón) y los 10 m s.n.m. (Charco del Toro). La mayoría de estas lagunas son de tipo temporal, como es el caso de la laguna de Taraje, Zahillo o Sopetón. La laguna de Santa Olalla, a cota 4,6 m s.n.m., es la única semipermanente. Tan solo se ha secado completamente en los estiajes de 1983, 1995, 2022 y 2023. Es, por tanto, la primera vez que la laguna se seca durante dos estiajes consecutivos desde que hay registros.

La laguna tiene una superficie máxima de 23,5 ha. En épocas muy lluviosas se puede llegar a unir con la cercana laguna Dulce, al W, y la laguna de Las Pajas, situada al E. La laguna tiene instalada una regleta de 2 m de altura en

su zona más profunda. En la regleta hay instalados sensores de medida del nivel y la C.E. del agua con registros horarios desde el año 2015. En las orillas de la laguna hay varios piezómetros, construidos en diferentes fechas, algunos de los cuales están instalados con sensores de nivel y temperatura en continuo, lo cual ha permitido una caracterización precisa del funcionamiento hidrogeológico de ésta y otras lagunas peridunares (Fig. 6).

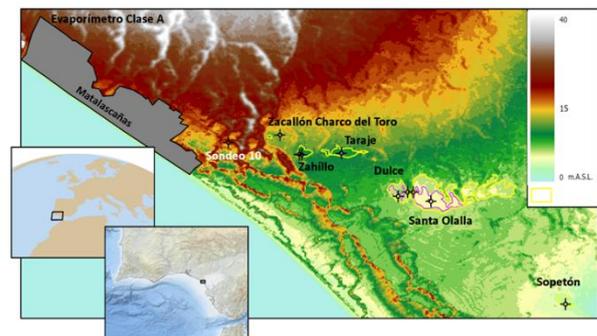


Figura 6: Localización de la laguna de Santa Olalla y otras lagunas peridunares. Los símbolos indican sensores de nivel y temperatura en las lagunas o en piezómetros cercanos.

Funcionamiento hidrogeológico:

El sistema Dulce – Santa Olalla – Pajas es un sistema hidrogeológicamente complejo, que forma parte del acuífero de los mantos eólicos de Doñana. Gracias a medidas horarias de nivel en piezómetros adyacentes, que registran variaciones semidiurnas coincidentes con las oscilaciones mareales (Figura 7) se ha constatado que la dinámica de las lagunas Dulce y de Santa Olalla está en estrecha relación con la dinámica del acuífero de los mantos eólicos (Fernández-Ayuso y Rodríguez-Rodríguez, 2018).

En este sistema, la laguna Dulce, a mayor cota, actúa como una laguna de tránsito o flow-through durante todo el año (Sacks et al., 1992). En la laguna Dulce se produce descarga de aguas subterráneas dulces desde el acuífero

de los mantos eólicos hacia la laguna, por su orilla W. Por otra parte, en el sector E se produce recarga desde la laguna al acuífero, y desde el acuífero hacia la laguna de Santa Olalla.

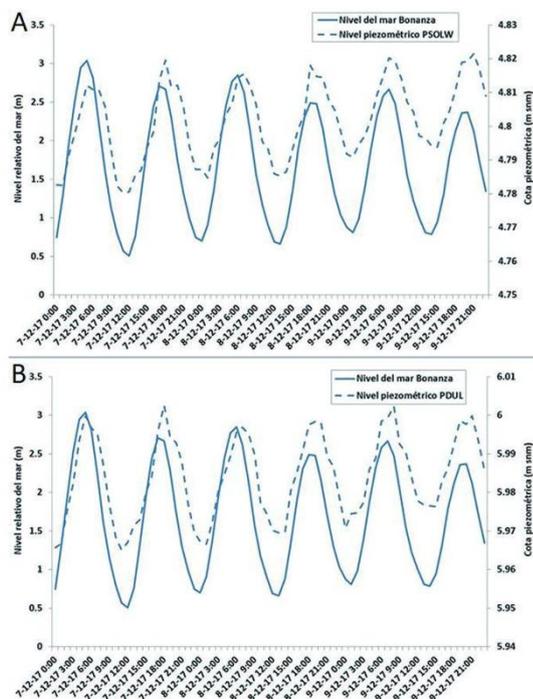


Figura 7: Registros horarios del nivel relativo del mar y el nivel piezométrico en piezómetros instalados en las orillas de las lagunas Dulce y Santa Olalla (Fernández-Ayuso y Rodríguez-Rodríguez., 2018).

La laguna de Santa Olalla constituye un sistema de flujo local de descarga de aguas subterráneas del acuífero de los mantos eólicos (Figura 8). Durante la temporada de lluvias, cuando los niveles están altos, la laguna recibe aguas subterráneas por todo su perímetro. En estiaje, el flujo puede llegar a revertirse y se puede producir la recarga desde la laguna hacia el acuífero en algunos sectores.

La vegetación freatofítica entre la laguna Dulce y Santa Olalla y la vegetación perilagunar también puede disminuir el nivel

freatico poco profundo y afectar a la dinámica hidráulica (Sacks et al., 1992).



Figura 8: Croquis del funcionamiento hidrogeológico del sistema Dulce-Santa Olalla-Pajas (Fernández-Ayuso et al., 2023; Rodríguez-Rodríguez et al., 2021)

Los balances hídricos realizados en la laguna de Santa Olalla indican que los aportes subterráneos son del orden del 78% del total de los aportes hídricos (Rodríguez-Rodríguez et al., 2017). El resto de las entradas se produce por precipitación directa sobre la superficie inundada. Las salidas se producen principalmente por evaporación directa, salvo en los momentos en los que se revierte el flujo, como ya se ha comentado.

El agua de la laguna de Santa Olalla tiene carácter salobre. La CE del agua en los últimos años ha oscilado entre 4,7 mS/cm (mayo de 2018) y 18,8 mS/cm (junio de 2022). La laguna Dulce presenta una CE del agua que oscila entre 1,8 mS/cm (abril de 2022) y 5,1 mS/cm (noviembre de 2020). El pH en el agua de ambas lagunas es básico. El agua subterránea es de muy baja mineralización y carácter neutro o ligeramente ácido (pH entre 6,5 y 7,1). La CE del agua de los piezómetros someros en la laguna Dulce (PDUL) es de 0,17 mS/cm y en la laguna de Santa Olalla (PSOLW) de 0,23 mS/cm. La facies hidroquímica del agua, tanto superficial como subterránea, es clorurada – sódica.

Dada la alta transmisividad de los materiales del acuífero, se han registrado gradientes de salinidad y pH en las aguas subterráneas y las

aguas superficiales en la orilla W de la laguna de Santa Olalla (Figura 9) lo cual, de nuevo, es indicativo de la elevada descarga de aguas subterráneas que tiene lugar en las orillas de esta laguna

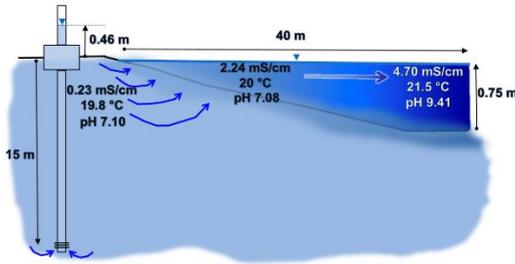


Figura 9: Esquema de los flujos hídricos hacia la laguna de Santa Olalla por su sector W y gradientes de salinidad y pH registrados en mayo de 2018 (Rodríguez-Rodríguez et al., 2018). *El piezómetro representado en el esquema es el PSOLW.

Influencia de las extracciones del acuífero en las lagunas:

Las lagunas más cercanas al complejo turístico de Matalascañas (Charco del Toro, Zahillo y Taraje) han visto reducido significativamente su superficie inundada y su hidroperiodo como consecuencia de las extracciones en Matalascañas (Fernandez-Ayuso et al., 2019). Esta alteración está modificando el funcionamiento hidrológico de las lagunas, pasando de ser lagunas de descarga de flujos locales a lagunas de recarga. La vegetación terrestre está colonizando las cubetas lacustres de estas tres lagunas, alterando su funcionamiento drásticamente. La disminución de las precipitaciones, que desde el año 2011 son menores a la media histórica, unido a lo anterior, ha provocado una intensa degradación en todos estos ecosistemas.

CONSIDERACIONES SOBRE EL HIDROGEODÍA SEVILLA 2024

PUNTO DE ENCUENTRO desde Sevilla:(Hora: 8.45 h). Autobús desde la Avenida de Portugal, cerca del antiguo bar Citroen en frente de la Plaza de España/Sevilla

PUNTO DE ENCUENTRO desde Huelva:(Hora: 8.45 h) Autobús desde Facultad de Ciencias Experimentales, Campus El Carmen, Av. del Tres de Marzo, s/n, 21071 Huelva

PUNTO DE ENCUENTRO para personas que van con coche privado: (Hora: 10.00 h): Centro de visitantes de Acebuche

Hora de regreso a Sevilla/Huelva (estimada): 15.00 h

Los participantes en la actividad serán las personas **inscritas y aceptadas con confirmación de envío de un correo electrónico.**

Se recomienda llevar: ropa y calzado cómodo, protección solar y repelente de mosquitos, agua y comida.

LOS MONITORES DEL HIDROGEODÍA SEVILLA 2024

La actividad estará guiada por los investigadores y profesores Claus Kohfahl (IGME-CSIC), Miguel Rodríguez Rodríguez (Universidad Pablo Olavide), Jose Luis Yanes Conde Rodríguez (Universidad Pablo Olavide) y Maria Dolores Basallote Sánchez (Universidad de Huelva).

Literatura (publicaciones)

Claus Kohfahl, Maarten W Saaltink, Fernando Ruiz Bermudo (2021). Vapor flow control in dune sediments under dry bare soil conditions. *Science of The Total Environment* 786. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147404 .

Kohfahl, C., Saaltink, M. (2020). Comparing precision lysimeter rainfall measurements against rain gauges in a coastal dune belt, Spain. *Journal of Hydrology*, 591. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.125580 .

Kohfahl, C.; Fonseca Rodríguez, R.; Ruiz Bermudo, F.; & Vadillo, I. Vapour source and spatiotemporal variation of precipitation isotopes in Southwest Spain. *Hydrological Processes* 2021, 35(12), e14445. Doi: 10.1002/hyp.14445 .

Fernández-Ayuso A, Kohfahl C, Aguilera H, Rodríguez-Rodríguez M, Ruiz-Bermudo F, Serrano-Hidalgo C, Romero-Álvarez C. Control of trace metal distribution and variability in an interdunal wetland. *Sci Total Environ.* 2022 Oct 12:159409. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.159409. Epub ahead of print. PMID: 36243073.

Saaltink, M. W., Kohfahl, C., Molano-Leno, L. (2020). Analysis of water vapor adsorption in soils by means of a lysimeter and numerical modeling. *Vadose Zone Journal*, 19(1). Doi: 10.1002/vzj2.20012.

Fernández-Ayuso, A. y Rodríguez-Rodríguez, M. (2018). Cálculo de parámetros hidrogeológicos mediante métodos de influencia mareal en el acuífero de arenas de Doñana (Huelva, España). *Geogaceta*, 64, 51-54.

Fernández-Ayuso, A., Aguilera, H., Guardiola-Albert, C., Rodríguez-Rodríguez, M., Heredia, J., & Naranjo-Fernández, N. (2019). Unraveling the hydrological behavior of a coastal pond in Doñana National Park (Southwest Spain). *Groundwater*, 57(6), 895-906.

Rodríguez-Rodríguez, M., Martos-Rosillo, S., Pedrera, A., & Benavente-Herrera, J. (2015). Ratosá playa lake in southern Spain. Karst pan or compound sink? *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(4). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4364-2>.

Rodríguez-Rodríguez, M., Aguilera, H., Guardiola-Albert, C. y Fernández-Ayuso, A. (2021). Climate influence vs. local drivers in surface water-groundwater interactions in eight ponds of Doñana National Park (southern Spain). *Wetlands*, 41(2), 25.

Rodríguez-Rodríguez, M., Fernández-Ayuso, A. y Moral, F. (2017). Cuantificación de los aportes hídricos subterráneos a la laguna de Santa Olalla a partir de balances hídricos diarios (Parque Nacional de Doñana, Huelva). *Geogaceta*, 61, 47-50.

Rodríguez-Rodríguez, M., Fernández-Ayuso, A., Hayashi, M. y Moral-Martos, F. (2018). Using water temperature, electrical conductivity, and pH to Characterize surface-groundwater relations in a shallow ponds system (Doñana National Park, SW Spain). *Water*, 10(10), 140.

Sacks, L. A., Herman, J. S., Konikow, L. F., & Vela, A. L. (1992). Seasonal dynamics of groundwater-lake interactions at Doñana National Park, Spain. *Journal of Hydrology*, 136(1-4), 123-154.