

EL HIDROGEODÍA

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 Almería, el **Hidrogeodía 2025** se celebra en **las Albuferas de Adra**. Una albufera (lagoon en inglés) es una laguna costera de escasa profundidad, semicerrada, conectada con el océano y protegida por algún tipo de barrera generalmente arenosa (flecha), donde existe un aporte de agua dulce regular, cíclico o eventual. Albufera significa, según su origen árabe *al-buhayra*, el marecito o el pequeño mar.

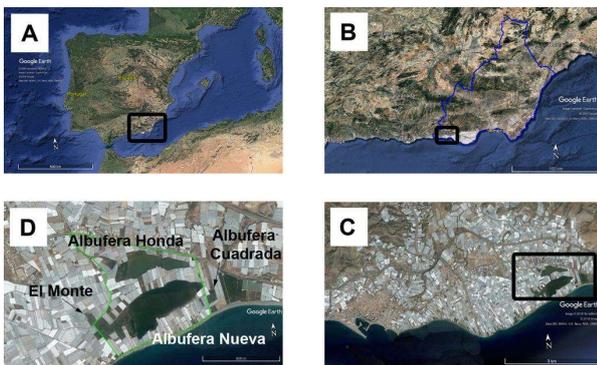


Figura 1: Localización geográfica de las albuferas de Adra, en la margen izquierda del delta del río Adra, al suroeste de la provincia de Almería. A: península ibérica; B: provincia de Almería; C: delta del río Adra; D: albuferas.

Las albuferas están constituidas por tres lagunas: Honda, más alejada de la costa, Nueva, más cercana, y Cuadrada, en una posición intermedia. Las dos primeras lagunas constituyen una reserva natural, la tercera queda fuera de la zona de protección.

Desde el punto de vista de la Directiva Marco de Aguas pertenecen a la Masa de Agua ES060MSPF0634500 que, además, es Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), Zona Especial de Conservación (ZEC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA, código ES6110001) y Sitio Ramsar.

La superficie total de las lagunas no supera las 45 hectáreas y, aunque se trata de humedales permanentes, su profundidad máxima es de unos 4 metros en laguna Nueva y unos cerca de 3 metros en laguna Honda. Ninguna laguna tiene conexión directa con el mar, y sólo la albufera Honda recibe muy ocasionalmente aportes de aguas superficiales a través de dos pequeñas ramblas por encima de ella.

CÓMO LLEGAR

El sábado 22 de marzo de 2025 partiremos en autobús que tendrá su salida a las 10 horas desde la puerta de la Biblioteca Villaespesa de Almería, y que nos llevará hasta las albuferas al punto indicado a continuación: <https://maps.app.goo.gl/Ku2obVxdUQymd2fY7>. Las personas que quieran ir en vehículo propio pueden dirigirse directamente a ese punto, donde llegaremos a las 11 horas aproximadamente.

QUÉ VEREMOS

Una vez llegados al punto de encuentro se realizará un recorrido de campo a pie alrededor de las lagunas hasta llegar a la costa, donde podremos acceder a la laguna Nueva bien por su sector oriental o por la zona de anillamiento en su borde occidental.

Los principales elementos que comentaremos en las paradas que se realizarán en el recorrido serán:

- **Características del acuífero** del delta del río Adra.
- **Origen** de las albuferas.
- **Dependencia de las aguas subterráneas:** Relación con el acuífero del delta del Adra.
- **Calidad de las aguas** de cada laguna y evolución temporal.
- Algunos aspectos **ecológicos y biodiversidad** asociada.
- **Problemática** hidrológica de la masa de agua.

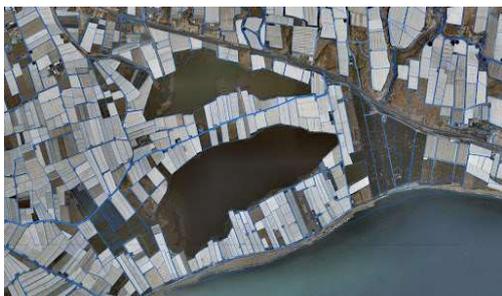


Figura 11: Arriba, línea blanca, límite de la Reserva Natural, línea roja, zona de amortiguación. Abajo, situación real de las lagunas, "prisioneras" por la presión de las actividades agrícolas.

¿QUÉ ES LA HIDROGEOLOGÍA?

Una definición clásica de Hidrogeología podría ser la dada por Castany y Margat (1977):

“**Hidrogeología** es la ciencia de las aguas subterráneas comprendida en las ciencias de la Tierra que persigue el conocimiento de las condiciones geológicas e hidrogeológicas y de las leyes físicas que rigen el origen, la presencia, los movimientos y las propiedades de las aguas subterráneas. Se ocupa también de las aplicaciones de estos conocimientos a las acciones humanas sobre las aguas subterráneas, sobre todo a su prospección, captación y protección”.

En definitiva, se trata de la disciplina geológica que estudia las aguas subterráneas, las que se encuentran en el subsuelo contenidas en rocas capaces de almacenar y transmitir agua, es decir, **acuíferos**.

Los acuíferos se les denomina también embalses subterráneos y, más recientemente tras la Directiva Marco del Agua europea, masas de agua subterráneas (MAS).

Aunque esté oculta bajo la superficie de la Tierra, el agua subterránea constituye el 99% del agua dulce líquida de la Tierra y juega un papel importante en el ciclo del agua. Los ríos, lagos y humedales son manifestaciones superficiales de las aguas subterráneas, intercambiando el flujo con el depósito de agua subterránea que las alimenta cuando necesitan agua y tomando parte de su flujo cuando el agua de la superficie está presente en exceso.

Las aguas subterráneas también controlan muchas características de la superficie de la Tierra (vegetación, paisaje, ecosistemas, etc.).

ENTORNO GEOLÓGICO

El delta del río Adra se encuentra en el extremo final de la cuenca río Adra. Dicha cuenca tiene su cabecera en las cumbres de Sierra Nevada, a menos de 40 km de distancia y más de 2300 m s.n.m., lo que supone un gradiente altitudinal muy elevado.

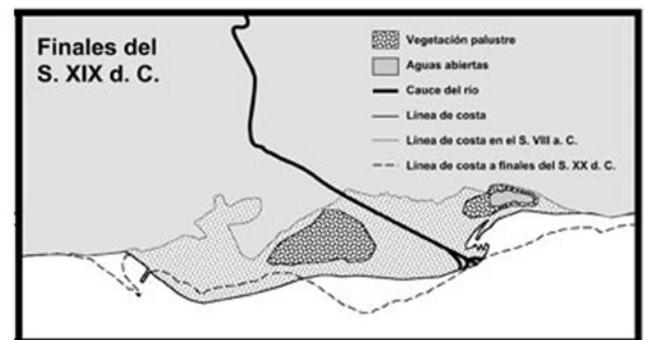
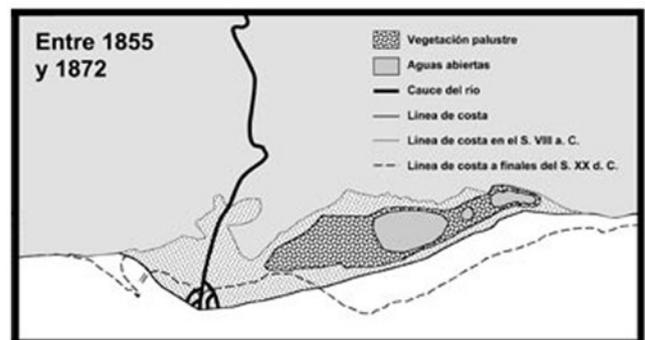
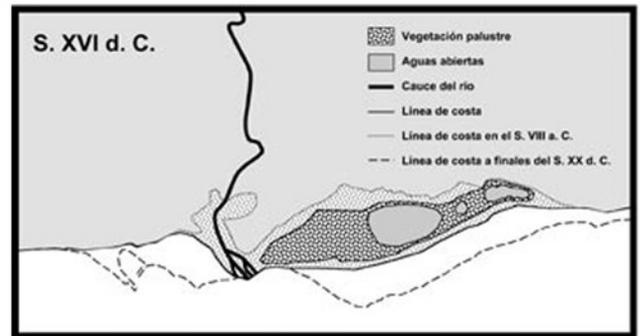
Esta geomorfología junto con un clima mediterráneo que en cumbres puede acumular nieve en invierno, convierte a la cuenca en extremadamente torrencial.

En la cuenca afloran materiales metamórficos (poco permeables) en cabecera, carbonatos alpujárrides en la cuenca media y baja (muy permeables), y materiales detríticos terciarios-cuaternarios a lo largo del río, delta y en las cuencas intramontañosas como la de Berja (permeables).

La formación y evolución geomorfológica del delta del río Adra y la aparición de las albuferas han estado condicionadas desde su formación hace varios miles de años hasta la actualidad por el régimen del río, la acción del mar y las actividades antrópicas (deforestación, minería, actividad agrícola, cambio del curso del río, construcción de un puerto en Adra, construcción de la presa de Benínar, entre otras). Se pueden distinguir varias fases de modo resumido:

- Una primera etapa de formación de un delta triangular asimétrico (delta antiguo u occidental) 4000 a.C. a 1872 con influencia antrópica.
- Etapa de construcción de un delta triangular (delta nuevo u oriental) (1872 a 1974) debido a sucesivos desvíos artificiales del cauce del río.
- Por último, una tercera etapa (1974 a la actualidad) de erosión generalizada tras la construcción de la presa de

Benínar aguas arriba y puerto de Adra.



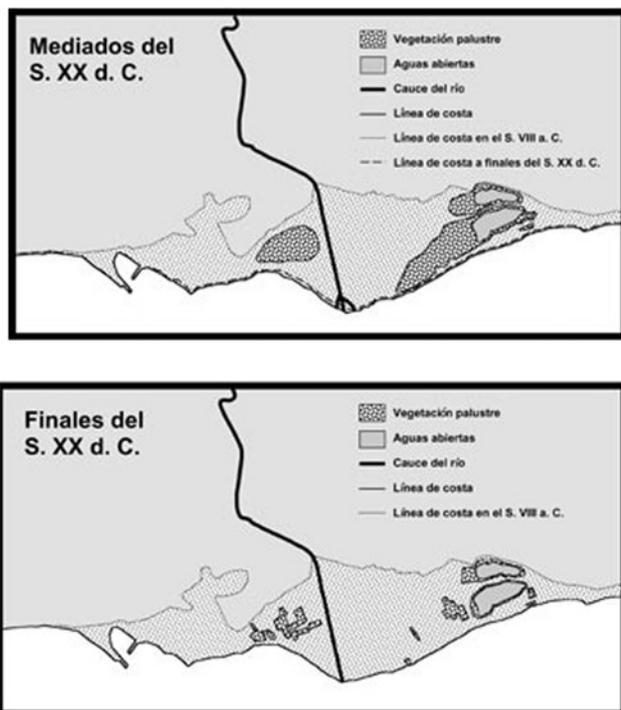


Figura III: Esquemas sucesivos de la evolución del delta del río Adra y las albuferas.

EL ACUÍFERO DEL DELTA Y SU FUNCIONAMIENTO

Las albuferas se encuentran situadas en la margen izquierda del delta del río Adra. Este delta constituye un acuífero detrítico de tipo costero.

Sus límites laterales en los bordes son impermeables y están constituidos por los materiales metamórficos alpujárrides (filitas y esquistos), al sur el límite es permeable con el mar, y el sustrato en profundidad lo constituyen los mismos materiales metamórficos de borde.

El espesor de este acuífero en general libre puede llegar a unos 150 metros y en profundidad los detríticos aluviales cuaternarios y pliocenos (limos, gravas, areniscas) dan paso a calcarenitas y calizas arrecifales miocenas.

Las áreas de recarga del acuífero son fundamentalmente dos: los escasos contactos

con rocas permeables en los bordes, y sobre todo el agua circulante por el río (río perdedor). En general el flujo subterráneo sale del río y de las áreas de borde y se dirige hacia el mar. Existen zonas de menor permeabilidad en la margen izquierda del delta, mientras que en la derecha las isopiezas dibujan la presencia de una zona de alta permeabilidad asociada, tal y como se comprueba en la foto II, con la posición del río a finales del siglo XIX.

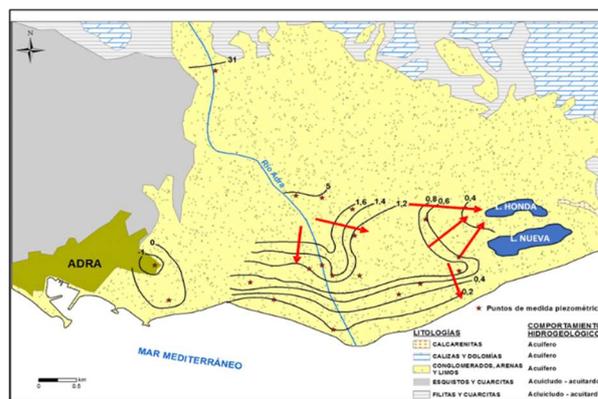


Figura IV: Cartografía hidrogeológica (arriba) y corte E-O (abajo) del acuífero del delta del río Adra. Materiales morados son metamórficos de sustrato, el relleno detrítico que constituye el acuífero aparece en amarillo.

Asimismo, se puede comprobar la relación entre el acuífero y las albuferas, en el sentido de que éste las alimenta, principalmente por el sector de cabecera de las lagunas (Honda) (ver figura IV), mientras que la laguna Nueva debe estar más influenciada por la presencia del mar cercano. La laguna Cuadrada está entre las anteriores, con lo cual debe compartir influencia de ambas procedencias, acuífero y mar. Esta situación es la causante de que las albuferas sean un humedal permanente con pocas variaciones en el nivel de las lagunas, y que sobre todo en Honda estemos presenciando el nivel freático.

TIPOS DE AGUAS Y PROCEDENCIA

A continuación, presentaremos las facies hidroquímicas del agua del acuífero (sondeo) y de las lagunas donde aparecen la contribución de los iones disueltos más relevantes a las aguas en relación porcentual entre ellos (Diagramas de Piper). De estos gráficos podemos obtener una aproximación al origen de las aguas, así como su evolución temporal.

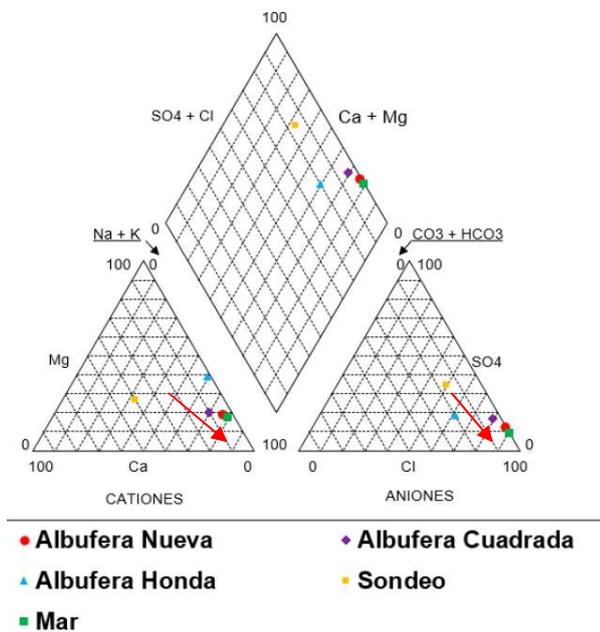


Figura V: Diagrama de Piper con las facies hidroquímicas del agua en 2024. Las flechas rojas representan la evolución espacial de estas facies.

Tanto en los cationes como en los aniones existe una evolución espacial desde las aguas del acuífero (sulfatadas) a las del mar, con un gradiente de salinización progresivo que pasa por laguna Honda, Cuadrada y finalmente Nueva, ésta última con valores en la actualidad semejantes a los del agua del mar.

En relación a la evolución temporal, la conductividad eléctrica del agua de las lagunas ha sufrido en los últimos años una patente salinización en el caso de la laguna Nueva, y comienzan síntomas en laguna Honda. La procedencia de la salinidad deriva de la

intrusión marina, tal y como se muestra en la gráfica de la figura VI.

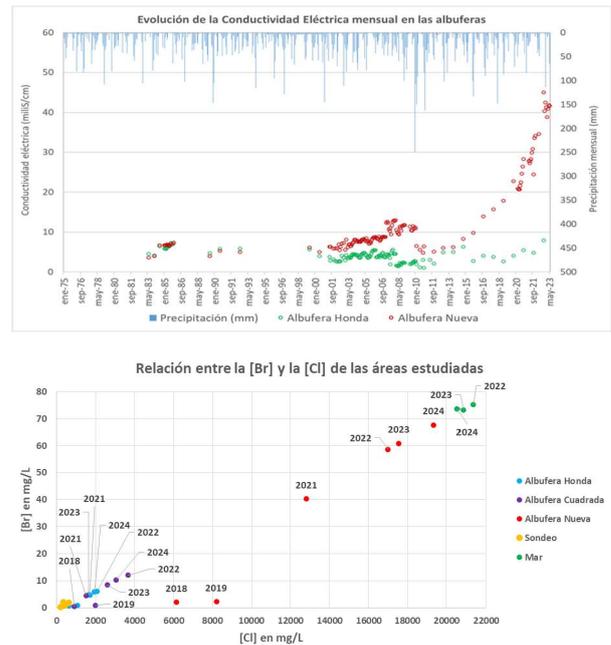


Figura VI: Evolución temporal de las precipitaciones y de la CE en las lagunas (arriba). Relación entre la concentración de cloruros y bromuros en las distintas lagunas, acuífero y mar, por años.

AGUA Y SOCIEDAD

Esta zona ha sufrido grandes transformaciones en los últimos 70 años, con una expansión de los regadíos agrícolas bajo plástico muy relevante, que ha supuesto cambios en los usos del suelo (figura VII).

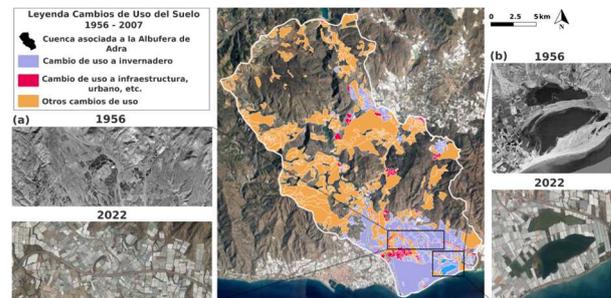


Figura VII: Cambios de uso del suelo durante el periodo 1956-2007 en la cuenca hidrográfica de la Albufera de Adra. (a) Transformación masiva de matorral y cultivo extensivo (1956) hacia horticultura de invernadero (2022) al noroeste de la Albufera. (b) Albufera Honda (norte) y Albufera Nueva (sur) libres de invernaderos en 1956 y completamente rodeadas 50 años después.

Por otro lado, la dependencia de las aguas subterráneas para este desarrollo agrícola ha sido fundamental, dado que el embalse de Benínar aguas arriba de esta cuenca no llegó a suministrar nunca agua a esta zona por diversos problemas de construcción. El sector donde actualmente se capta el agua es en la zona apical del delta a través de galerías en el propio lecho del río o bien a través de sondeos. Los sondeos en el sector bajo del delta se suelen usar en épocas de estío o bajo caudal del río.

Existe, por tanto, una infraestructura abundante de acequias, canales, balsas, y depósitos de cabecera que cubren todo el delta y dan servicio a las necesidades de regadío aglutinadas en la Comunidad de Regantes del canal de San Fernando y del río Adra.

CONCLUSIONES RELATIVAS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los humedales dependientes de aguas subterráneas suponen masas de agua permanentes que albergan ecosistemas ricos y biodiversos que cumplen además otros servicios socio-ecosistémicos útiles para la sociedad, entre otros:

- Conservación de la biodiversidad.
- Regulación y protección hidrológica y climática.
- Almacenamiento de Carbono.
- Sumideros de nitratos.

El humedal de las albuferas de Adra fue declarado Reserva Natural mediante la Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de los Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen normas adicionales para su protección (BOJA núm. 60, de 27/07/1989), no obstante, desde

entonces y desde el punto de vista hidrológico se puede concluir:

- La cuenca hidrográfica de la Albufera de Adra ha experimentado desde el año 1956 una transformación masiva de sus ecosistemas naturales (~50% de su superficie), mayoritariamente por agricultura de invernaderos, que en la actualidad encorsetan a las lagunas.
- El nivel del agua (profundidad) de Laguna Honda parece estar disminuyendo por falta de recarga del acuífero (exceso de extracciones y escasa recarga del río), y ninguna entrada superficial en los últimos años.
- La Laguna Nueva muestra un aumento exponencial de salinidad debido a la intrusión de agua de mar, que puede estar contribuyendo asimismo al inicio de un incremento de salinidad en la Laguna Honda.
- Se ha detectado una disminución de la calidad del agua y aumento del estado trófico (hipereutrofia) en las Albuferas, especialmente en Laguna Honda, debido al aumento de las cargas externa e interna de nutrientes (i.e. fósforo). Revertir esta degradación pasa por reducir las entradas de nutrientes, i.e. por las ramblas que descargan en la laguna Honda, y atenuar la liberación de P desde los sedimentos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Delegación territorial de la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía por el permiso para realizar la visita.



LOS MONITORES DEL HIDROGEODÍA ALMERÍA 2025

- *Juan M. Gisbert Gallego. Profesor titular del Departamento de Biología y Geología de la Universidad de Almería y director del CECOUAL-PHN.*
- *Fernando Sola. Profesor titular del Departamento de Biología y Geología de la Universidad de Almería.*

PARA SABER MÁS

<https://www.ual.es/universidad/departamentos/biologiaygeologia>

NOTAS

RECORRIDO DEL HIDROGEODÍA ALMERÍA 2025

Los números corresponden con las paradas potenciales en orden secuencial según el recorrido a realizar. Tras la última parada (6) se volverá por el mismo camino carretero de la ida hacia el punto de encuentro para tomar el autobús de vuelta a Almería capital.



PARADAS

1. Al otro lado de la carretera del punto de encuentro: panorámica de las lagunas.
2. Laguna Honda.
3. Casa de observación de Laguna Nueva (opcional según obras de remodelación).
4. Laguna Cuadrada.
5. Instalación de anillamiento de aves en el borde occidental de Laguna Nueva.