

Un paseo hidrogeológico por el Valle Bajo del Ebro, entre Tortosa y el Delta.

23 de marzo de 2024



EXCURSIÓN GRATUITA Y GUIADA

Plazas limitadas.

Se recomienda llevar ropa y calzado cómodo.

Desplazamiento en minibus (gratuito).

PUNTO DE ENCUENTRO:

Passeig de Ribera, 11. Tortosa

(Auditori Felip Pedrell - Puerta Escola
Municipal de Teatre)

IMPRESCINDIBLE RESERVA PREVIA

e-mail de contacto: mpbarrero@gencat.cat

Las reservas serán por orden de inscripción,
hasta un máximo de 25 participantes.

Hora de encuentro: 9:00

Hora de llegada (estimada): 14:30

Información detallada y folleto de la excursión en: <https://www.iah-ge.org/hidrogeodia-2024/>

EL HIDROGEODÍA

El **Hidrogeodía** es una jornada de divulgación de la Hidrogeología (rama de la geología que estudia las aguas subterráneas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas, químicas y sus interacciones con el medio físico, biológico y la acción del hombre), que se celebra con motivo del **Día Mundial del Agua** (22 de marzo).

Esta jornada está promovida por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE) y para su realización se ha contado con la colaboración de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) y del Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Tarragona (CETIT). La jornada consta de **actividades gratuitas**, guiadas por hidrogeólogos/as y abiertas a todo tipo de público, sin importar sus conocimientos en la materia.

En la **provincia de Tarragona**, el **Hidrogeodía 2024** se celebra en el Valle bajo del río Ebro, entre las poblaciones de Tortosa y Amposta. Se llevará a cabo una visita guiada por varios puntos representativos, siendo el hilo argumental de la visita las aguas subterráneas de esta zona y las particularidades de la descarga de los acuíferos de este sector visitando 2 zonas de "ullals" (surgencias). Se realizarán cuatro paradas temáticas:

- 1) Explanada exterior del Parador de Tortosa (contexto general).
- 2) Las captaciones de aguas subterráneas y la importancia de las buenas prácticas en su construcción.
- 3) Ullal de la Carroba.
- 4) Ullals de Baltasar.

ITINERARIO

El punto de encuentro de nuestro recorrido es la puerta de l'Escola Municipal de Teatre – Auditori Felip Pedrell, en Passeig de Ribera, 11 de Tortosa.

Los participantes tienen amplias zonas para aparcar sus coches en esta parte de la ciudad.

Recepción. 9:00 h

Sobre las 9:10 salida en minibús hacia el Parador de Tortosa.

Parada 1. EXPLANADA EXTERIOR DEL PARADOR DE TORTOSA. Se explicará el contexto geológico e hidrogeológico del tramo final del río Ebro, donde el río ha depositado un gran volumen de sedimentos de carácter lineal-fluvial que constituyen el acuífero aluvial del Ebro. El substrato geológico del sistema son las calizas mesozoicas que forman las sierras colindantes, como el Massís dels Ports o la Serra del Montsià, y que corresponden al acuífero Regional de la Plana de la Galera.



Figura 1. Vista del Massís dels Ports y del valle bajo del Ebro desde el exterior del Parador de Tortosa

Parada 2. FINCA DE CÍTRICOS EN VINALLOP CON UN POZO EN EXPLOTACIÓN. Se explicará la importancia de las prácticas constructivas adecuadas en la construcción de captaciones de aguas subterráneas y sus componentes básicos. También mediremos el nivel del agua en el pozo de la finca y explicaremos qué es una piezometría y para qué sirve su trazado.



Figura 2. Captación de aguas subterráneas en una finca de cítricos de Vinallop.

Parada 4. ULLALS DE BALTASAR. Surgencias de aguas subterráneas distribuidas entre las poblaciones de Amposta y La Ràpita, en la zona de contacto con los materiales del Delta del Ebro. Explicaremos las características hidrogeológicas del sector sur del Delta del Ebro y el esquema de funcionamiento de estos “ullals”.



Figura 4. Vista de uno de los “ullals” de Baltasar, laguna de forma redondeada.

Parada 3. ULLAL DE LA CARROBA. Es una surgencia de agua subterránea situada en el término de Amposta. Explicaremos el funcionamiento hidrogeológico de este ullal y las particularidades de la descarga de los acuíferos en este sector.



Figura 3. Zona del Ullal de la Carroba.

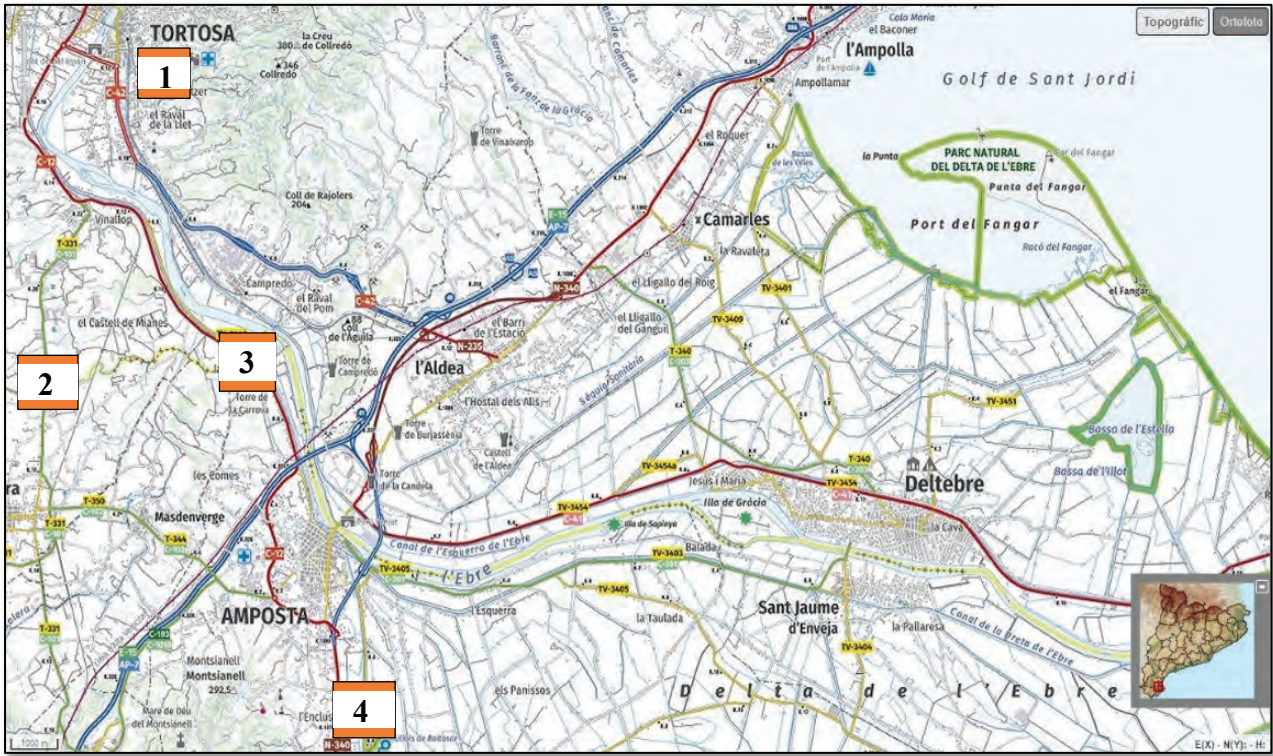


Figura 5. Mapa con la ubicación de las paradas del Hidrogeodia de la provincia de Tarragona 2024. (E: 1:100.000, ICGC).

INTRODUCCIÓN PARADA 1

El objetivo del Hidrogeodía es acercar a la sociedad la ciencia y la profesión hidrogeológica. Por ser una actividad dirigida a todos los públicos, al inicio de la jornada (en la Parada 1) y antes de hablar de hidrogeología, se explicarán unas nociones básicas de geología: qué es la Tabla Cronoestratigráfica Internacional, cómo se interpreta un mapa geológico y cómo y para qué se realizan los cortes geológicos.

PARADA 1. PARADOR DE TORTOSA. CONTEXTO GEOLÓGICO – HIDROGEOLÓGICO

Nos encontramos en el sur de la comunidad autónoma de Cataluña (provincia de Tarragona, comarca del Montsià), en el denominado Dominio Ibérico Maestrazgo-Catalánides según la delimitación de las unidades hidrogeológicas de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

Estamos en un área de marcado carácter tectónico que puede dividirse en dos grandes bloques: los Ports de Tortosa-Beceite y la fosa tectónica de la Plana de la Galera. La explicación de su contexto geológico puede hacerse en el marco geológico de la cuenca mediterránea occidental durante el Terciario. Una de las características de esta cuenca mediterránea son los bordes recortados montañosos que la circundan. La actividad tectónica ha sido muy activa hasta nuestros días de tal forma que la neotectónica es omnipresente en casi todas las costas y eso hace que la configuración morfológica haya

evolucionado rápidamente en las últimas edades geológicas.

Los Ports de Tortosa-Beceite se formaron en la etapa compresiva del Paleógeno. En esta etapa compresiva (orogenia alpina) se forman también los Alpes, los Pirineos y la Cordillera Ibérica durante el intervalo de tiempo comprendido entre el Cretácico superior y el Oligoceno, con las últimas fases en el Mioceno medio. La geometría de los Ports está definida por una compleja tectónica de pliegues y escamas de cabalgamiento de orientación NE-SO y de vergencia norte, formadas por materiales del Triásico (Facies Muschelkalk y Facies Keuper), Jurásico (calizas y dolomías del Lias, Dogger y Malm) y Cretácico inferior (calizas y calizas margosas del Barremiense-Aptiense). El cretácico superior en esta zona está reducido a pequeños afloramientos, mientras que el Jurásico aflora en los Ports principalmente como calizas y dolomías del Dogger. El despegue de los planos de cabalgamiento se realiza fundamentalmente en los materiales arcillosos del Triásico.

A finales del Oligoceno comenzó un periodo distensivo que provocó el adelgazamiento de la corteza y una acusada subsidencia, formándose la fosa tectónica conocida como Surco de Valencia. La fracturación de esta fase distensiva fue muy importante durante el Mioceno, generándose la fosa tectónica de la Plana de la Galera con una estructura de horst y grabens controlada por fallas y desarrollada en los materiales carbonatados del Mesozoico. Los bloques elevados de esta estructura están representados por los Ports de Tortosa-Beceite y por las sierras de Montsià y Godall. Esta fosa tectónica se prolonga decenas de kilómetros bajo el Mediterráneo de tal forma que se sitúa en el borde occidental de la fosa tectónica del Surco de Valencia.

Los materiales de relleno de la fosa de la Plana de la Galera son de edad cuaternaria y pliocuaternaria. Son depósitos aluviales y coluviales procedentes de la erosión de los relieves adyacentes.

Bajo la actual superficie del mar, el relleno de la fosa lo constituye el Neógeno marino. Su estratigrafía se conoce a través de las investigaciones petrolíferas y de la sismica marina. Estos materiales tienen su origen en las distintas pulsaciones tectónicas y subsidencias, así como en las oscilaciones del nivel del mar que ocasionaron diferentes ciclos de sedimentación en las subcuencas independientes del Surco de Valencia.

En el sector de estudio se distinguen 3 unidades aloestratigráficas del Neógeno marino:

- El Grupo Alcanar: constituido por brechas y conglomerados depositados desde el inicio del Mioceno, en régimen progradante.
- El Grupo Castellón: se depositó durante el Mioceno tardío y está constituido por una importancia secuencia clástica progradante sobre la cuenca.
- El Grupo Ebro: para explicar su génesis, hay que hacer referencia a la gran regresión marina que tuvo lugar antes de finalizar el Mioceno, concretamente en el Messiniense. Se produjo una rápida desecación del mar Mediterráneo que produjo un descenso brutal del nivel de base y el depósito de potentes formaciones evaporíticas en las partes más deprimidas de la cuenca. A este episodio se le ha dado el nombre de “Crisis de Salinidad” y terminó con la misma brusquedad al sobrevenir la transgresión pliocena y el subsiguiente relleno marino de

la cuenca. En este ambiente progradante se depositaron sobre la discordancia erosiva intra-mesiniense las Lutitas del Grupo Ebro al inicio del Plioceno, y a continuación la formación Areniscas del Ebro que corresponden al frente deltaico (Delta del Ebro).

Las dos grandes unidades Ebro y Castellón construyen la amplia plataforma continental.

En la Figura 6 se muestra el mapa geológico y la traza del corte geológico realizado dirección NO-SE, desde la divisoria hidrogeológica situada en los Ports de Tortosa-Beceite (el Tossal del Rei con una altitud de 1356 metros sobre el nivel del mar) hasta el sondeo petrolífero denominado Castellón D-2 en el mar Mediterráneo.

La Figura 7 corresponde a un corte geológico-hidrogeológico que representa la síntesis del contexto geológico regional de la zona del valle bajo Ebro. Representa una longitud de 80 km y 4000 metros de profundidad y se ha elaborado a partir de columnas litológicas de pozos, piezómetros y sondeos petrolíferos, además de la cartografía geológica correspondiente. Los pozos y piezómetros en él representados están proyectados sobre la línea que define la orientación del corte geológico.

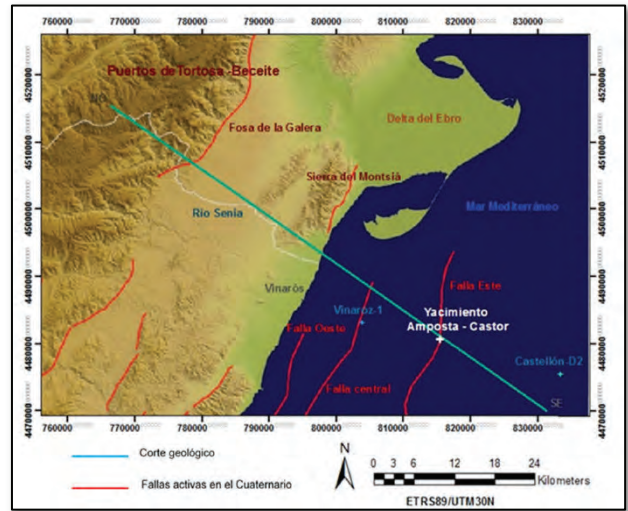
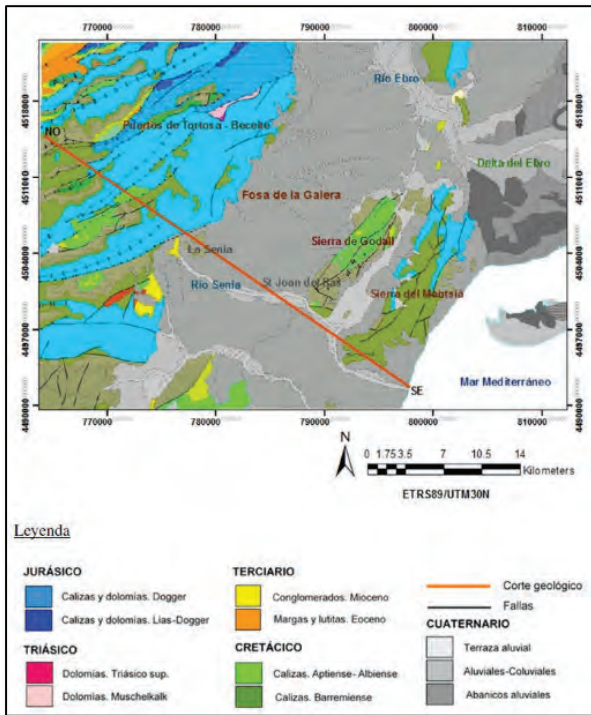


Figura 6. Mapa geológico y traza del corte geológico realizado dirección NO-SE (Barrero, P. 2015).

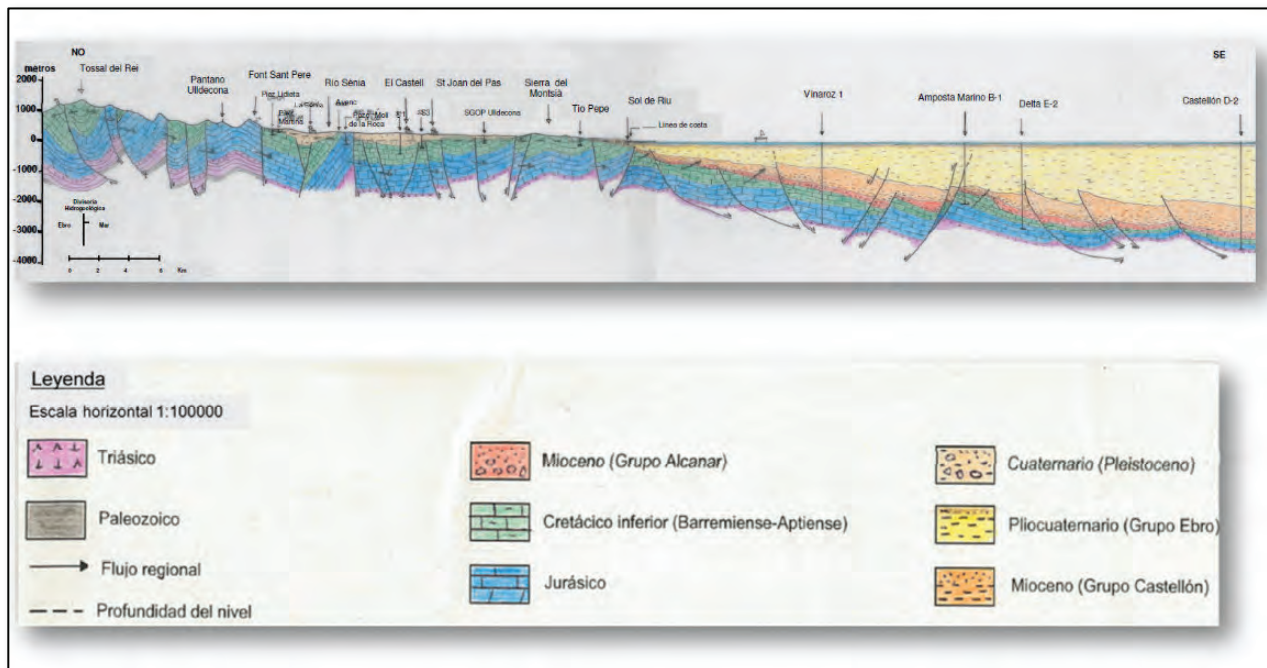


Figura 7. Corte geológico – hidrogeológico (Barrero P, 2015).

Los materiales mesozoicos de la fosa tectónica de la Plana de la Galera limitada por los Ports de Tortosa-Beceite y las sierras de Godall y del Montsià, constituyen el **acuífero Regional de la Plana de la Galera**.

Es un acuífero permeable por carstificación, cuya heterogeneidad y anisotropía se reflejan en la gran variación de sus propiedades hidrodinámicas, de tal forma que puede ser considerado como un acuífero cárstico multicapa. La zona de recarga más importante se sitúa en los Ports de Tortosa-Beceite, y su descarga natural tiene lugar por transferencia profunda hacia la zona costera y hacia el acuífero aluvial del Ebro.

PLANA DE LA GALERA

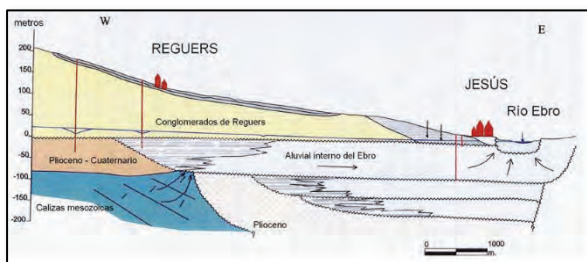


Figura 8. Esquema del funcionamiento hidrogeológico en la zona de Tortosa (Confederación Hidrográfica del Ebro).

Los materiales de relleno de la fosa tectónica de la Plana de la Galera constituyen el **acuífero Cuaternario**, formado por abanicos aluviales de gravas calcáreas que alternan con arcillas. Pueden alcanzar espesores de hasta 300 metros y se indentan con los depósitos aluviales de los antiguos cauces del Ebro constituidos por gravas poligénicas con abundantes cantos silíceos.

Estos depósitos aluviales corresponden al **acuífero Aluvial Interno del Ebro**, de gran permeabilidad y con potencias de hasta 300 metros.

En la Figura 8 se muestra el funcionamiento hidrogeológico en la zona de Tortosa y la relación entre los depósitos cuaternarios de piedemonte, el acuífero Aluvial Interno del Ebro y las calizas mesozoicas subyacentes del acuífero Regional de la Plana de la Galera.

ALUVIAL DEL EBRO

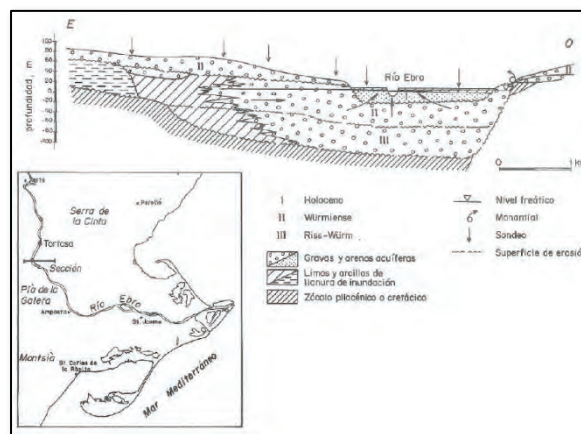


Figura 9. Sección del valle bajo del Ebro, 2 km aguas abajo de Tortosa donde se ve la disposición de las terrazas (Revista de Obras Públicas, 1997).

Las primeras definiciones de Cuaternario se realizaron en base a consideraciones climáticas y antropológicas, situándose su comienzo en hace 1.8 Ma, y considerándose su inicio en el momento de la instalación de los casquetes polares.

La correlación entre los depósitos glaciares y los depósitos fluviales de distintos afluentes del Danubio en la región alpina, dio lugar al establecimiento de las seis glaciaciones clásicas utilizadas como escala cronoestratigráfica en Europa: Biber (Plioceno superior-Pleistoceno inferior), Donau (Pleistoceno inferior), Günz, Mindel, Riss (Pleistoceno medio) y Würm (Pleistoceno superior).

En la génesis de los materiales depositados por el Ebro en su curso bajo, nos interesan dos de estas glaciaciones: Riss y Würm (ver Figura 9).

Pleistoceno inferior: Se caracteriza por la alternancia rápida de eventos climáticos extremos (episodios glaciares e interglaciares). Hay un momento en el que estos eventos climáticos extremos se producen con una ciclicidad de 100.000 años.

Pleistoceno medio (Riss): Misma ciclicidad de fases glaciares e interglaciares que en el Pleistoceno inferior, es decir, ciclos de unos 100.000 años.

Pleistoceno superior (Würm): Oficialmente, y a escala global, este límite coincide con el momento en el que el nivel del mar alcanza una posición superior a la actual de unos 6 metros. Se inicia con el último interglaciario (diferentes periodos de calentamiento y enfriamiento global).

La última glaciación del Cuaternario es el ciclo glaciario Würmiense, que comienza hace 74.000 años y finaliza hace 10.000 años (se da una alternancia de crecimiento de casquetes polares con periodos de fusión).

Y el material más reciente depositado por el río Ebro es el correspondiente al Holoceno que es la época geológica que comenzó hace 10.000 años hasta la actualidad. Se trata de los limos y arenas que constituyen la llanura de inundación.

En la Figura 9 vemos la disposición de las terrazas fluviales encajadas (I, II, y III). El Ebro ha depositado en su tramo final un gran volumen de sedimentos con un carácter lineal-fluvial, con anchuras de hasta 4 km y espesores de más de 100 metros sobre los que se encaja el actual curso de este. El substrato geológico que limita el conjunto fluvial son las calizas del Mesozoico que forman las sierras de Godall y del Montsià y los Ports de Tortosa-Beceite.

Y aquí encontramos las dos grandes formaciones acuíferas de la zona: en las calizas encajantes el acuífero Regional de la Plana de la Galera y en los depósitos fluviales el acuífero Aluvial Interno del Ebro.

El funcionamiento hidrogeológico del aluvial reciente (Holoceno) está íntimamente ligado al río, siendo el principal receptor de sus recursos. Está separado del aluvial interno por una notable capa de limos.

La principal zona de recarga de todo el sistema acuífero se encuentra en los Ports de Tortosa-Beceite y en la Sierra del Montsià y de Godall. Su descarga natural se realiza por transferencia profunda hacia la zona costera y hacia el acuífero Aluvial interno del Ebro. Podemos decir que el río actúa como una zanja de drenaje de todo el sistema.

PARADA 2. FINCA DE CÍTRICOS EN VINALLOP. POZO EN EXPLOTACIÓN.

La excavación de pozos para la extracción de agua es una de las primeras técnicas de construcción realizadas por los humanos. Los pozos más antiguos que se conocen se encontraron en la isla de Chipre y tienen unos 11.000 años de antigüedad.

La construcción de pozos empezó a aumentar en el planeta de forma gradual hasta que en la segunda mitad del siglo XX el crecimiento pasó a ser exponencial. Este rápido aumento se debió a cuatro factores fundamentales:

- Las condiciones climáticas se volvieron cálidas y secas.
- Adquirimos conocimientos científicos y tecnológicos del medio subterráneo que no habíamos tenido hasta entonces.

- Se comenzaron a comercializar las electrobombas sumergibles.
- Se produce un notable avance y gran reducción de costes de las técnicas de perforación.

Se comenzaron a construir perforaciones de mucho menos diámetro y mucho más profundas que los antiguos pozos abiertos tipo noria excavados a pico y pala.

- Sello sanitario: Placa de acero o losa de hormigón en masa, solidaria con la tubería de emboquillado del pozo y una superficie mínima de 3 m².
- La tubería de descarga, la de medida del nivel piezométrico y la entrada de los cables eléctricos en el pozo, deben tener un cierre estanco mediante la utilización de juntas adecuadas o soldaduras.
- Una arqueta de obra con cierre con candado.

Con estos tres simples elementos instalados en una captación de aguas subterráneas se evita la entrada de contaminantes en el pozo y por tanto en el acuífero. Además, protegemos la captación de actos vandálicos y de los efectos de posibles inundaciones, y facilitamos las operaciones de mantenimiento del pozo pudiendo realizarlas además de forma más segura.

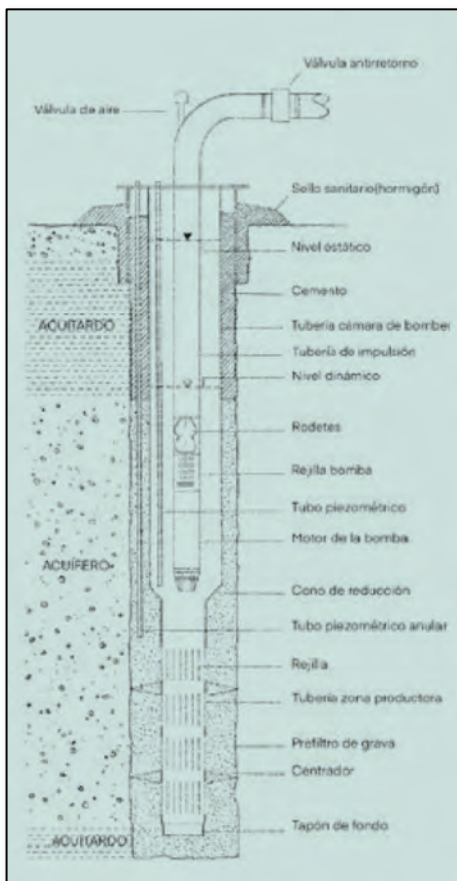


Figura 10. Componentes básicos de una captación de aguas subterráneas (AIH-GE).

Muchos de los problemas de contaminación y de mantenimiento de un pozo para la extracción de aguas subterráneas se pueden minimizar con una **adecuada protección sanitaria**. Esta protección consiste en tres elementos:

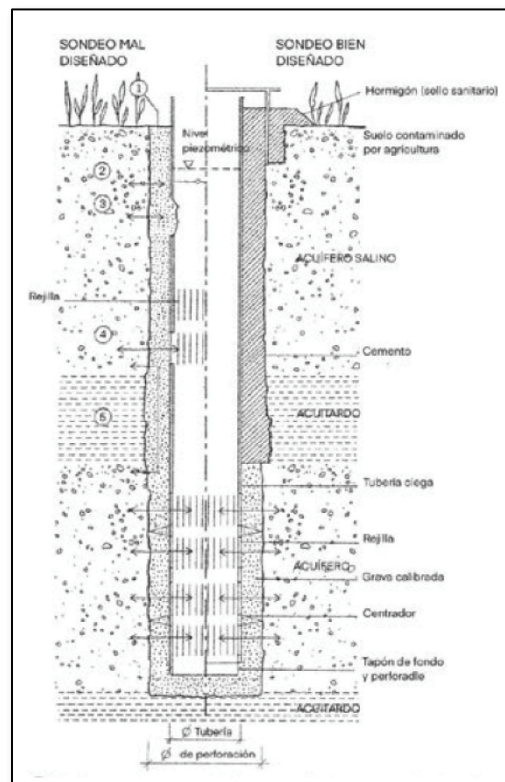


Figura 11. Problemas por el mal diseño de una captación de aguas subterráneas (AIH-GE).

En la Figura 11 podemos ver las posibles causas por las que el mal diseño constructivo de una captación puede provocar la entrada de agua contaminada en el pozo o la conexión de acuíferos con distinta calidad de agua:

1. Entrada de aguas de escorrentía o de aguas contaminadas por actividades agrícolas.
2. Entrada de agua en la captación por uniones defectuosas en las tuberías de revestimiento del pozo.
3. Corrosión de la tubería.
4. Vías de entrada de agua contaminada en el pozo.

CLAUSURA DE CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA.

Los pozos, tienen una vida útil, y cuando llega este momento, se han de sellar o clausurar para evitar accidentes y para que no se conviertan en una vía de contaminación de las aguas subterráneas.

Los materiales de relleno para el sellado del pozo deben ser químicamente inertes por sí mismos y en contacto con las aguas subterráneas o con las formaciones geológicas atravesadas. Tampoco deben suponer un riesgo para la salud de los operadores.

Pueden utilizarse para el sellado materiales permeables (áridos) o impermeables. Los materiales permeables serán arenas, gravas, fragmentos de roca o materiales similares que pueden emplearse mezclados, o no, y que procederán de canteras o graveras en activo. Los materiales impermeables serán hormigón, cemento, mortero, arcilla y bentonitas comerciales.

En una misma captación se pueden utilizar de forma combinada distintos materiales, de tal forma que los más específicos se aplicarán en tramos con requerimientos especiales de resistencia, penetración y estanqueidad, mientras que los materiales más económicos podrán utilizarse en el resto de los tramos. Hay que indicar que la función principal de los materiales de relleno impermeables es impedir la circulación al exterior del agua subterránea y la mezcla de aguas de diferentes acuíferos.

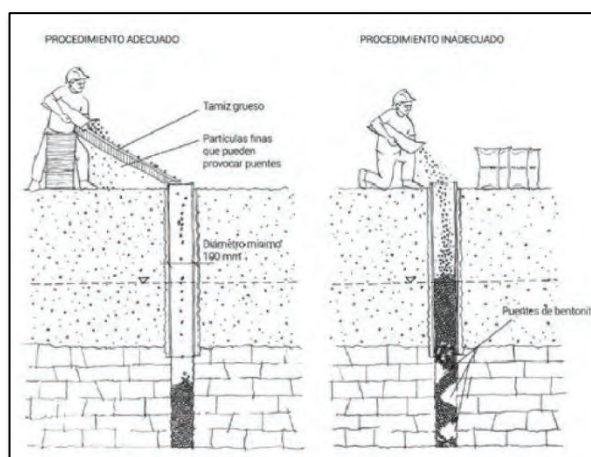


Figura 12. Sellado de captaciones con bentonita de grano grueso mediante tamizado (AIH-GE).

En la Figura 12 se muestra un ejemplo de las tareas de sellado de un pozo con bentonita. La bentonita se comercializa en sacos para preparar lechadas, pero también se puede encontrar en virutas para verterla directamente en el sondeo o como bentonita granulada (pellets de bentonita). Cuando se utiliza bentonita en virutas para el sellado de un pozo se recomienda el uso de cedazos o mallas durante su vertido para evitar la formación de puentes en el interior de la perforación (ver Figura 12).

Independientemente del procedimiento y del material de sellado que se aplique, existen una serie de operaciones comunes a seguir:

- Extracción total o parcial de tubería de revestimiento (cuando sea posible).
- Corte y apertura de la tubería si no se ha extraído.
- Relleno de la perforación con materiales sellante y agregados.
- Instalación de un sello superficial

TOMA DE MUESTRAS DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA CAPTACIÓN.

La perforación de un sondeo es una oportunidad de acceso a información real del subsuelo. El análisis de esta información permite al hidrogeólogo/a tomar decisiones sobre si continuar la perforación o detenerla, sobre el diseño constructivo de la captación, sobre el tipo de material de revestimiento o sobre otras muchas cuestiones.

Durante la obra de perforación, se recomienda tomar una muestra por cada metro de avance de la perforación. Estas muestras se deben introducir en bolsas de plástico transparente, que deben ser guardadas y numeradas según profundidad. Además, deberán quedar protegidas de las inclemencias meteorológicas.

Con las muestras que se toman, de su descripción y de su análisis, se puede dibujar la **columna litológica** atravesada (ver Figura 13). Se trata de una descripción gráfica de los materiales encontrados en una zona determinada. Con la interpretación y correlación de diferentes columnas litológicas de pozos situados en un área concreta se pueden dibujar cortes geológicos e hidrogeológicos que permiten identificar la distribución y geometría de las formaciones acuíferas existentes de cara a la ubicación y gestión de los recursos hídricos subterráneos (ver Figura 14).

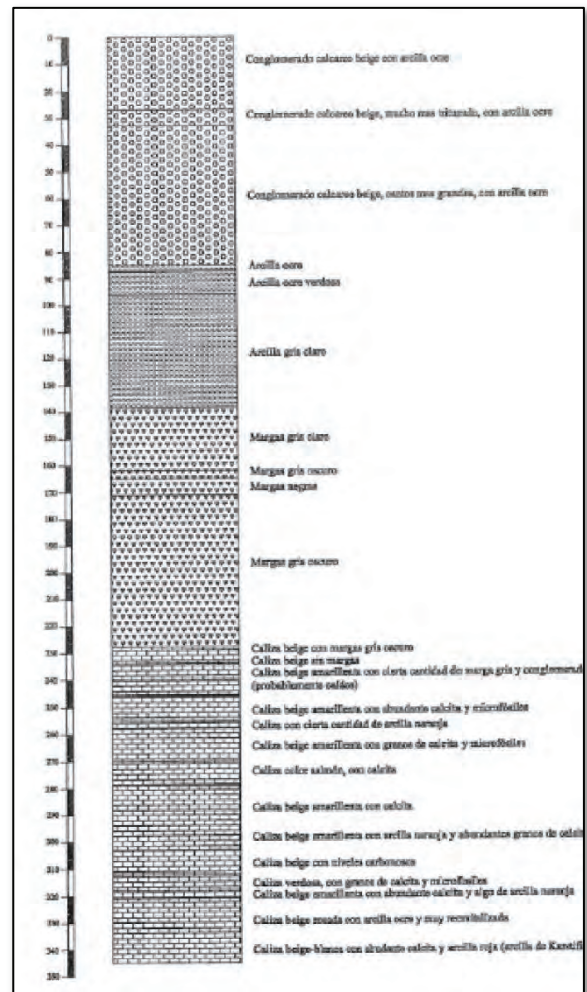


Figura 13. Ejemplo de columna litológica realizada mediante de la toma de muestras en una perforación en la Plana de la Galera (Barrero, P. 2000).

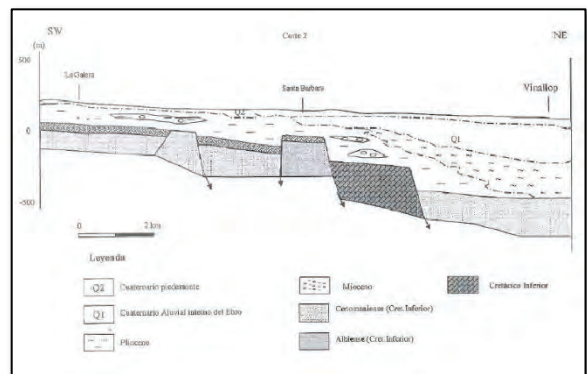


Figura 14. Corte geológico de la Plana de la Galera realizado a partir de columnas litológicas de captaciones de aguas subterráneas (44 CIHS, 2010).

TUBO PIEZOMÉTRICO Y TRAZADO DE SUPERFICIES PIEZOMÉTRICAS.

La instalación de un tubo piezométrico en una captación de aguas subterráneas sirve para medir a qué profundidad se encuentra el nivel del agua en el acuífero, y a partir de esta profundidad, determinar a qué cota está respecto al nivel del mar (cota piezométrica).

Los **tubos piezométricos** son tubos rígidos, verticales y con un diámetro suficiente para que la sonda con la que se mide el nivel descienda y ascienda por su interior sin roces excesivos. Suelen ser un tubo roscado de PVC con un diámetro de 2.5 mm y se instalan paralelamente a la tubería de la bomba.

Los niveles piezométricos son un parámetro clave para evaluar los recursos disponibles y el estado cuantitativo de las aguas subterráneas. La explotación de aguas subterráneas y el cambio climático son los principales causantes del descenso de los niveles piezométricos, lo cual implica una disminución de los recursos disponibles y un empeoramiento de estos.

A partir de campañas de medición de niveles piezométricos, se trazan las **superficies piezométricas** que permiten obtener información básica sobre el movimiento y el comportamiento del agua subterránea, como la dirección de flujo, la ubicación de la zona de recarga y de descarga del acuífero, la existencia de heterogeneidades hidráulicas, la existencia de flujos laterales o verticales entre formaciones distintas, etc.

Con los valores de los niveles piezométricos se trazan las **isopiezas** (similares a curvas de nivel) cuyo trazado requiere dos cosas:

1. Que los valores de nivel medidos correspondan a un mismo acuífero.
2. Que estén expresados en cotas absolutas (metros sobre el nivel del mar). Como lo

que se mide en los pozos y sondeos es la profundidad del agua desde un punto concreto del terreno o del borde de la entubación, ese punto debe estar correctamente nivelado para poder transformar la profundidad en cota.

Una vez comprobado el requisito 1 y realizada la transformación 2, se trazan las isopiezas mediante interpolación.

Vemos el ejemplo de dos superficies piezométricas trazadas: una corresponde al acuífero **Regional de la Plana de la Galera**, (Figura 15) y la otra al acuífero **Aluvial interno del Ebro** (Figura 16):

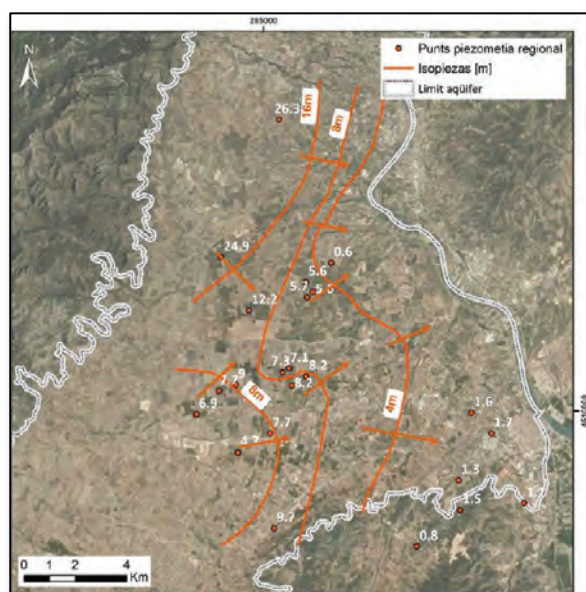


Figura 15. Piezometría del acuífero Regional de la Plana de la Galera (ACA, 2021).

En la piezometría del acuífero Regional (Figura 15) se observa que el flujo del agua subterránea tiene un sentido W-E hacia el río Ebro, lo que indica que es una de las zonas de descarga de este acuífero.

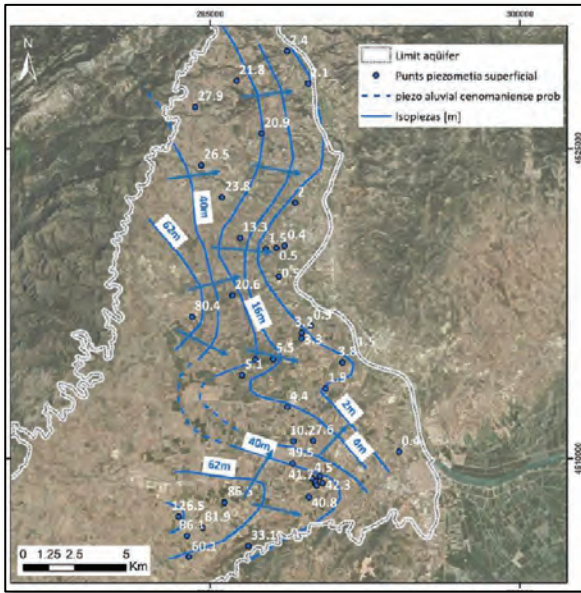


Figura 16. Piezometría del acuífero Aluvial interno del Ebro (ACA, 2021).

En la piezometría del acuífero Aluvial (Figura 16) se ve que se mantiene la tendencia del flujo hacia el Ebro, lo cual muestra que el río recibe en su tramo bajo la recarga de las aguas subterráneas del Aluvial y del Regional.

Como resumen de esta segunda parada, hay que indicar que los/as hidrogeólogos/as realizan minuciosos trabajos de campo para conocer e interpretar las estructuras geológicas existentes. Es básico conocer las zonas de estudio y para ello se realiza trabajo de gabinete (recopilación bibliográfica, climatología, etc.) y trabajo de campo (inventarios de puntos de agua, muestreos, medidas de niveles piezométricos etc.).

PARADA 3. ULLAL DE LA CARROBA

La palabra “ullal” procede de “ull” (ojo en catalán) y hace referencia a la forma redondeada de estas balsas.



Figura 17. Foto del ullal de la Carroba (2024).

El ullal de la Carroba aparece en el único punto del margen derecho del Ebro en el que la descarga del acuífero carbonatado mesozoico (Regional de la Plana de la Galera) hacia el acuífero Aluvial interno, y de este hacia el Ebro se ve taponado por los materiales cuaternarios correspondientes a abanicos aluviales antiguos y los cursos antiguos del valle del Ebro (Figura 18).

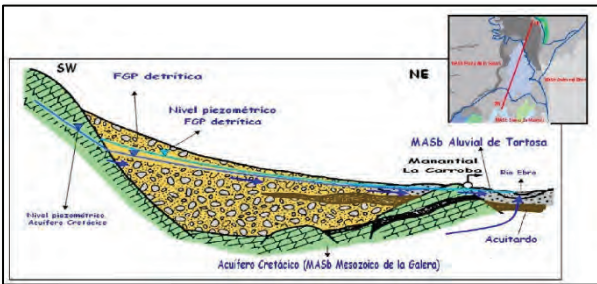


Figura 18. Esquema del funcionamiento hidrogeológico en el área de la Carroba (Confederación Hidrográfica del Ebro).

Los materiales que hacen de tapón están representados en gran forma por un acuitardo correspondiente al depósito de los materiales de progradación deltaica (Delta del Ebro) que convierte el flujo en vertical y ascendente, dando lugar a este tipo de descargas. Se muestra el corte geológico de la zona de la Carroba (Figura 19), donde se aprecia la potencia del acuitardo existente.

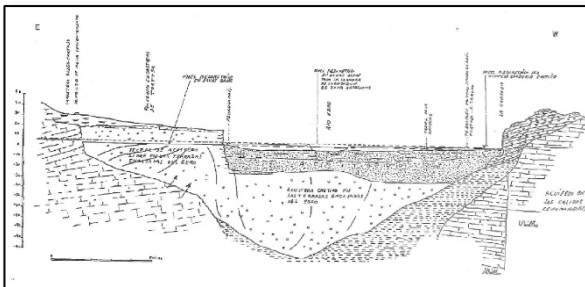


Figura 19. Corte geológico del área de la Carroba (Bayó, A.)

El caudal del ullal de la Carroba varía notablemente en función de la pluviometría. La confederación Hidrográfica del Ebro midió en los años 90 del siglo pasado la aportación de este ullal (5 medidas entre 1990 y 1991) y se calculó un aporte de 29.9 hm³/año.

Sin embargo, actualmente debido al incremento de la explotación de las aguas subterráneas y a la transformación de grandes superficies de cultivos de secano en explotaciones básicamente de cítricos, ha

hecho que el caudal se haya reducido considerablemente y que haya empeorado la calidad de sus aguas porque ha aumentado el contenido en nitratos.

El ullal de la Carroba merece una parada durante el Hidrogeodía por la singularidad e importancia de estos mecanismos de descarga del acuífero carbonatado mesozoico.

PARADA 4. ULLALS DE BALTASAR



Figura 20. Cartel del itinerario de los Ullals de Baltasar (2024).

En 2009 el Parc Natural del Delta de l'Ebre adquirió la finca de los Ullals de Baltasar. Ese mismo año se inició el proyecto "Restauración del espacio natural de los Ullals de Baltasar" con el objetivo de limpiar el lugar de elementos antrópicos y de especies vegetales no propias de los ullals. El proyecto contó con el apoyo de la Diputación de Tarragona, de la Obra Social de la Caixa y de la Fundación Pere Mata.

En el año 2010 y con el apoyo de las anteriores entidades se establecía el proyecto "Creación de un itinerario interpretativo en los Ullals de Baltasar".

Los Ullals de Baltasar son un ejemplo de la importancia de las aguas subterráneas en la

creación de este humedal, con una gran riqueza en cuanto a flora y a fauna.



Figura 21. Cartel del itinerario de los Ullals de Baltasar indicando la importancia de los peces en estas aguas (2024).

Las aguas que se ven en estos ullals representan la salida de los acuíferos continentales, que incorporan pequeñas cantidades de agua salada que procede de los propios sedimentos del Delta del Ebro o incluso del mar Mediterráneo, y cuya lenta circulación está asegurada por la baja elevación de la zona de Amposta y de la disminución de densidad del agua que allí se produce. En la Figura 22 se muestra el funcionamiento hidrogeológico.

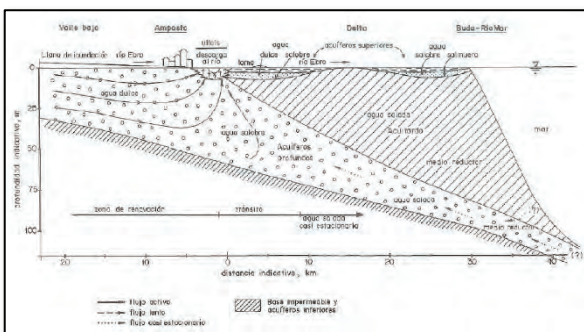


Figura 22. Esquema del funcionamiento de los niveles permeables y acuitardo intermedio del Delta del Ebro (Revista de Obras Públicas, 1997).

El agua subterránea que se recarga en las terrazas fluviales del Ebro y en las elevaciones carbonáticas de la sierra del Montsià, es

forzada a descargar en este vértice el Delta a causa de la poca permeabilidad de los materiales del Holoceno que confinan al Pleistoceno. Lo vemos en la Figura 23.

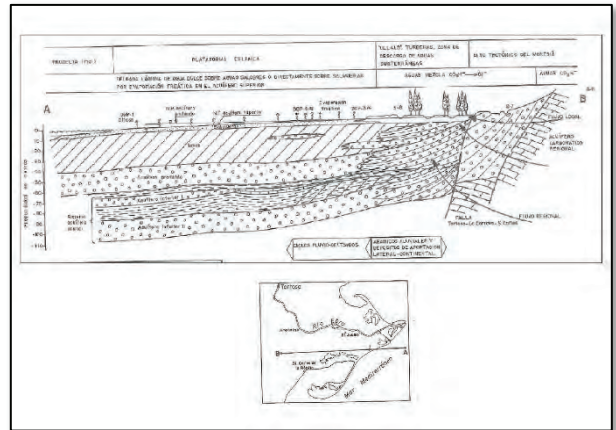


Figura 23. Características hidrogeológicas del sector sur del Delta del Ebro (Revista de Obras Públicas, 1997).

En la Figura 23 se representa una sección que pasa por los ullals de Baltasar y se muestran los materiales y el flujo de agua subterránea. Los acuíferos son:

1. Acuífero superior sobre la plataforma deltaica: llega hasta los 10 metros de profundidad y está formado por arenas finas. Es un acuífero discontinuo, desaparece en el centro del Delta y se confina en las zonas de discos naturales ("levees") a ambos lados del canal de drenaje principal, río Ebro y antiguas desembocaduras.
2. Acuífero profundo, de gravas y arenas de aportación lineal. Se sitúa entre 20 y 100 metros de profundidad, y llega a manifestarse ligeramente surgente en algunas zonas. Se trata de la base fluvial del ciclo deltaico.
3. Sistema acuífero inferior multicapa que se sitúa entre 70 y más de 500 metros de profundidad, con los mayores espesores hacia el hemidelta derecho. Los niveles

acuíferos son las gravas fluviales que se intercalan en los sedimentos deltaicos que corresponden a los diferentes ciclos superpuestos.

Para los acuíferos carbonatados, los depósitos deltaicos son una especie de tapón y el agua descarga en forma de ullals (lagunas redondeadas de poco calado). Se distribuyen a modo de franja irregular entre las poblaciones de Amposta y la Ràpita.

En la margen izquierda del Ebro los ullals ya prácticamente desaparecieron por la disminución de las precipitaciones y el aumento de la explotación de las aguas subterráneas. Así que hay que seguir conservando los Ullals de Baltasar para poder seguir disfrutándolos.



Figura 24. Ullals de Baltasar con nenúfares (2024).

COLABORADORES DEL HIDROGEODÍA TARRAGONA 2024

Pilar Barrero Justes (ACA)

Joan Gabriel Talarn Maigí (CETIT)

PARA SABER MÁS....

Agència Catalana de l'Aigua (2021). *Estudi hidrogeològic de l'aqüífer al luvial del marge dret del riu Ebre entre les poblacions de Xerta i Amposta.*

Ansón Oseñalde, M. y Yañez López, J. (2010). *Estudio hidrogeológico de la Plana de la Galera (Montsià, Baix Ebre – Tarragona).* Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea. 44 edición CIHS.

Barrero Justes, P. y Beraza Améztegui, A. (1998). *Estudio hidrogeológico de los depósitos fluviales lineales del Ebro. Xerta-Amposta.* Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea. 32 edición CIHS.

Barrero Justes, P. (2015). *Evaluación de los posibles efectos del almacenamiento de gas en el antiguo yacimiento petrolífero Amposta (Proyecto Castor) sobre el sistema acuífero regional de la Plana de La Galera en el ámbito de las comarcas del Montsià y del Baix Maestrat (Tarragona-Castellón).* Máster profesional en hidrología subterránea, 3ª Edición (2014-2015). FCIHS y UPC.

Bermejo Santos, L. (2008-2009). *Estudio hidrogeológico del aluvial de Tortosa (Baix Ebre, Tarragona).* Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea. 7ª edición CIHS-d.

Confederación Hidrográfica del Ebro (2015). *Masas de aguas subterráneas de la cuenca del Ebro.*

Martos Rosillo, S., Barón Périz, A., Guardiola-Albert, C., Martínez Parra, M., García Ruiz, T., Domínguez Sánchez, J., Cantudo Muñoz, A., Hernández Bravo, J., Iglesias López, A., Comino Martínez, D., Iglesias Carreras, M.,



Carceller Layel, T., Martínez Sánchez de la Nieta, A., Pérez-Paricio, A., Pujadas Ferrer J., Sahuquillo, A. (2022). *Guía de Buenas Prácticas para el diseño, construcción, sellado y clausura de pozos de captación de agua subterránea*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español. 258 p.

Órgano Profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (1997). *Revista de Obras Públicas*. N.º 3368. 130 p.