



Universitat de Lleida



Asociación Internacional de Hidrogeólogos
Grupo Español

EXCURSIÓN:

**MANANTIALES DE LOS ACUÍFEROS CARBONATADOS DE LOS
PIRINEOS ENTRE EL RÍO SEGRE Y LA RIBERA SALADA (LLEIDA)**

23 DE MARZO DE 2024




GUÍA DE LA EXCURSIÓN



AUTORES DE LA GUÍA

PARADA 1. Cal Petit (Oliana). Introducción, situación geográfica y geológica. (J.M. MÀSICH, J.M. PASCUAL y C. BALASCH)

PARADA 2. El acuífero cuaternario de Oliana y les Fonts de Peramola. (J.M. PASCUAL)

PARADA 3. La Font Bordonera. (J.M. PASCUAL y C. BALASCH)

PARADA 4. La Font de Sant Quintí. (J.M. MÀSICH)

PARADA 5. Anticlinal d'Alinyà y Salí de Cambrils. (J.M. MATA-PERELLÓ) y Tartera de Cambrils (A. MONTSERRAT)

INSCRIPCIÓN PREVIA (GRATUITA)

- **Imprescindible reserva previa** por correo electrónico a: **mpd6655@gmail.com**
- En el correo se debe indicar nombre, apellidos, teléfono de contacto y opción de comida en restaurante.
- La aceptación será por riguroso orden de recepción de los correos hasta un máximo de 30 participantes.
- Más información en:
<https://www.aih-ge.org/hidrogeodia-2024/>

HORARIO Y TRANSPORTE (GRATUITO)

- **Hora y lugar de salida:** 8.00 h. Camp d'Esports (Lleida).
- **Comida:** Cambrils de Muntanya. La inscripción no incluye la comida que ira a cargo de cada participante (opción de picnic). Indicar en el mail de inscripción.
- **Hora y lugar de regreso:** 19.30 h. Camp d'Esports (Lleida).



DÍA MUNDIAL DEL AGUA

Asociación Internacional de Hidrogeólogos - Grupo Español (AIH - GE)

22 de marzo de 2024 - Día Mundial del Agua

¿Hay agua subterránea cerca de ti?

Concurso del Agua Subterránea, 2024

(PARTICIPA)





Universitat de Lleida
Vicerectorat de Cultura i Extensió Universitària



III Concurso de Fotografia hidrogeològica AIH- Hidrogeodia 2024





Universitat de Lleida
Departament de Química, Física i Ciències Ambientals i del Sòl



Universitat de Lleida
Biblioteca i Documentació Biblioteca del CAFIV



SIGMADOT

EL HIDROGEODIA

El **HIDROGEODIA** en Lleida es una de las actividades que se celebrarán para conmemorar el **DIA MUNDIAL DEL AGUA**. Durante una jornada se organizará una excursión gratuita guiada por hidrogeólogos para divulgar el trabajo de estos profesionales y la *hidrogeología* como ciencia útil para la sociedad por lo que va a ser una jornada destinada a todo tipo de público interesado en el conocimiento de esta, independientemente del nivel o tipo de formación de los participantes.

El **HIDROGEODIA** se celebra con el amparo del **Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos** que lo coordina todos los años y promueve la participación de numerosas provincias del Estado, y al que se ha querido sumar la **Universitat de Lleida** por tercer año consecutivo.

La presente guía resume el contenido de la excursión que se realizará el día **23 de marzo de 2024** y estará organizada por el **“Departament de Ciències del Sòl, Medi Ambient i Química” de la “Universitat de Lleida”**.

LA EXCURSIÓN

La ruta se realizará íntegramente en autocar o similar exceptuando alguna caminata para acceder al lugar de interés. El transporte en autocar y el disfrute de las explicaciones son gratuitas, no así el desayuno y comida que se abonarán en los establecimientos donde se consuma. A las 8'00 h se saldrá del aparcamiento del Camp d'Esports de Lleida. Se parará a

desayunar en el Hotel Cal Petit de Oliana donde se hará la presentación de la jornada.

A las 15'00 h se parará a comer en el restaurante Ca l'Agustí de Cambrils (Termino Municipal de Odèn). Quien lo desee podrá comer en el restaurante previamente reservado (hay que indicarlo expresamente en la inscripción); no obstante, quien lo prefiera podrá hacer picnic por las cercanías.

La organización NO dispone de seguro de accidentes ni de responsabilidad civil, por lo que no se responsabiliza de la pérdida o desperfecto que pueda producirse en los objetos personales ni de cualquier accidente que puedan sufrir los asistentes a la jornada.

Aunque los accesos a los puntos de explicación son relativamente fáciles, se recomienda usar ropa y calzado cómodo de campo y estar informados de la previsión meteorológica y adecuar la ropa de abrigo a la misma.

La jornada de 2024 se presenta bajo el título: **MANANTIALES DE LOS ACUÍFEROS CARBONATADOS DE LOS PIRINEOS ENTRE EL RIO SEGRE Y LA RIBERA SALADA (LLEIDA)**.

La zona que se visitará comprende el tramo medio de la cuenca del río Segre entre Oliana y Organyà, y la margen derecha de la cuenca media de la Ribera Salada.

El objetivo principal de la ruta es exponer las bases conceptuales del funcionamiento de los principales

acuíferos de la zona descrita y la observación y disfrute de alguna de las surgencias más espectaculares que drenan a los mismos. La ruta que se seguirá se indica en la figura 1, y consta de las siguientes paradas:

PARADA 1. Hotel Cal Petit.

PARADA 2: Fonts de Peramola y aluvial del Segre.

PARADA 3: Font Bordonera.

PARADA 4: Font de Sant Quintí.

PARADA 5: Anticlinal d'Alinyà, salines y tartera de Cambrils.

Los acuíferos que se explicarán están funcionando prácticamente en régimen no influenciado. La explotación es muy baja y se limita casi exclusivamente a un aprovechamiento mínimo de las surgencias naturales. Así pues, sus recursos y reservas hídricas se pueden considerar como **“nuevas reservas hidrológicas”**.

Los acuíferos son los siguientes:

- Calizas y dolomías (jurásicas y del Cretácico Superior) de las Sierras Marginales en la zona de cabalgamientos imbricados en rampa.
- Conglomerados del Eoceno y Oligoceno sintectónicos de las Sierras Marginales en la zona de cabalgamientos imbricados en rampa.
- Gravas y arenas cuaternarias de los llanos aluviales de Oliana.
- Calizas del Cretácico Superior del Sinclinal de Santa Fe (Font Bordonera y su relación con el anticlinal de Sant Corneli en la cuenca del Noguera Pallaresa.
- Carbonatos del Port del Comte.
- Conglomerados del Port del Comte.

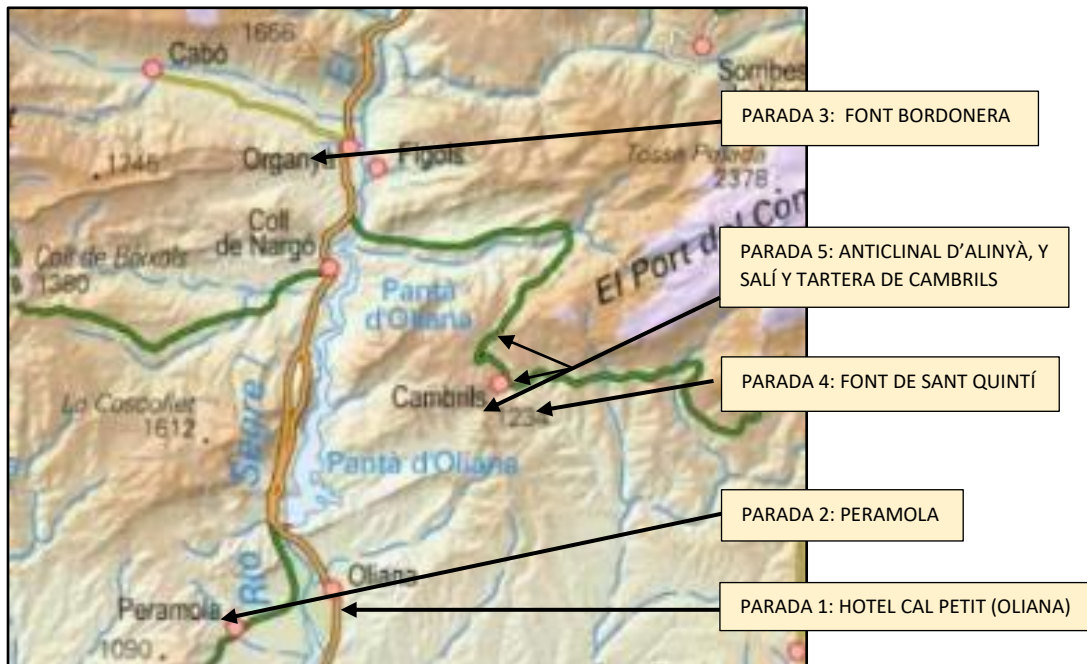


Figura 1. Paradas de la excursión conmemorativa del Día Mundial del Agua 2024 (HIDROGEOLOGÍA).

PARADA 1. HOTEL CAL PETIT (OLIANA). EXPLICACIONES INTRODUCTORIAS Y GENERALES

En las cercanías del Río Segre, en los exteriores del Hotel Cal Petit, al Sur de Oliana, se expondrán los objetivos de la excursión, la situación geográfica del recorrido y el contexto geológico que se observará durante el mismo.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

Como se ha mencionado, la parte media de la cuenca del Segre y de la Ribera Salada que se visitará durante la excursión, se sitúa en la parte oriental de la provincia de Lleida.

La evolución paleogeográfica del área pirenaica se inició hace unos 250 millones de años (principios del Triásico), cuando la zona estaba afectada por una etapa donde fuerzas distensivas, durante un periodo de más de 150 millones de años, iban separando a Europa de la península Ibérica. Durante este largo periodo de tiempo se produjeron procesos de sedimentación principalmente en ambiente marino (mar pirenaico). Se acumularon centenares de metros de sedimentos que se visualizarán durante la excursión. Cuando la etapa distensiva dejó paso a una posterior compresiva (orogenia Alpina), la nueva cordillera inició su elevación y el mar pirenaico empezó a retirarse hacia el actual Golfo

de León, emergiendo tierras de Este a Oeste.

LA COLISIÓN DE CONTINENTES

La fase compresiva se ha de contextualizar en el proceso de choque entre la placa tectónica a la que pertenece el continente europeo y la microplaca ibérica. Mediante el empuje de las microplacas mediterráneas (Ibérica, Italoadriática, Anatolia, Arábica, etc.) empujadas a su vez por la gran placa africana, junto con la de la India, son las que originaron las cordilleras del Himalaya, Cárpatos, Cáucaso, Alpes, Pirineos, etc. (figura 2).



Figura 2. Se observa el Cinturón Alpino, también llamado cinturón orogénico Alpes-Himalaya, formado por una serie de cordilleras y sistemas montañosos que se extienden a lo largo de más de 15.000 kilómetros, desde la región de Mediterráneo hasta el centro y sureste de Asia.

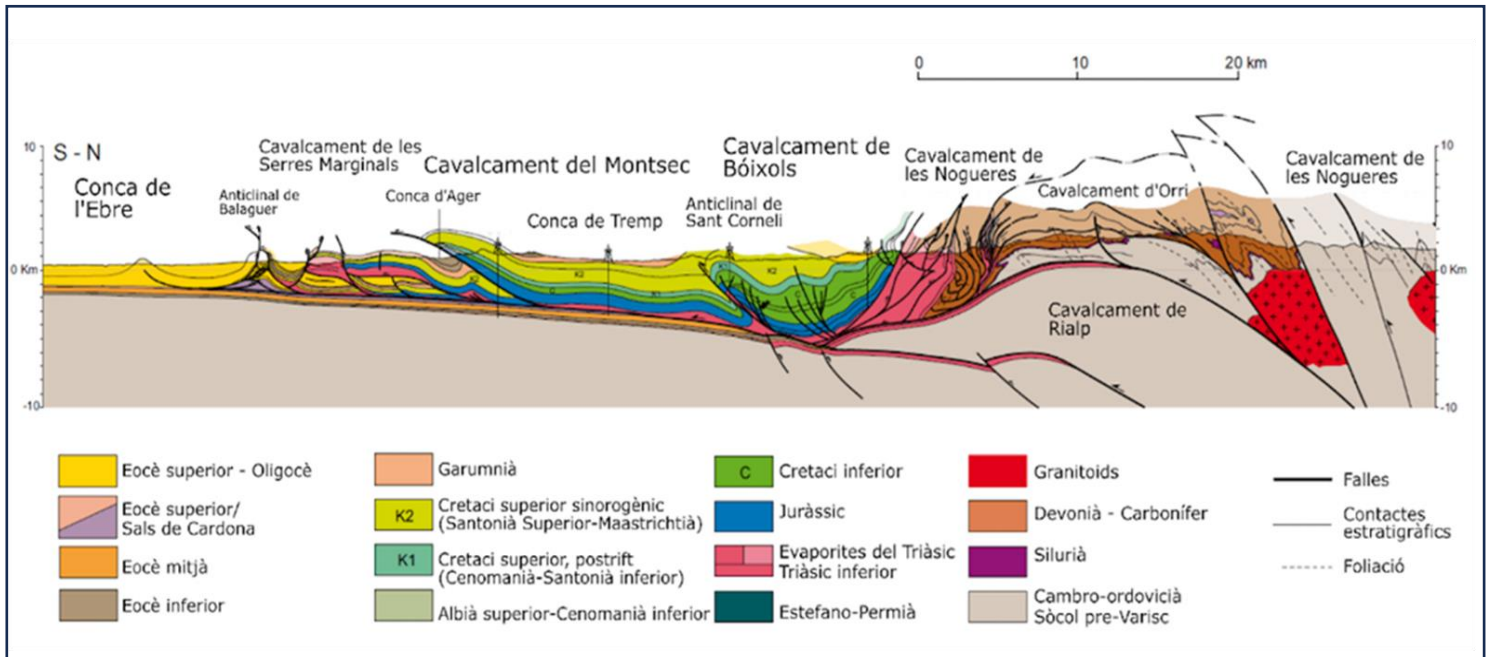


Figura 3. Parte meridional del perfil ECORS (S-N) mostrando los sedimentos del Triásico, Jurásico, Cretáceo, Eoceno y Oligoceno plegados como consecuencia de la orogenia Alpina (de IGCC, 2010). Obsérvese que el corte pasa por la cuenca de Tremp, Vall d'Àger y Balaguer, es decir al Oeste de la zona que se visitará.

La figura 3 reproduce la parte meridional del llamado perfil ECORS que muestra la estructura geológica actual de los materiales mesozoicos y cenozoicos de los Pirineos meridionales, los cuales forman parte de la zona visitada. Su disposición estructural es resultado de la sedimentación marina que se originó en el mar pirenaico en la fase distensiva, que posteriormente, durante la fase compresiva, a medida que se iba plegando, iba dando lugar al levantamiento progresivo del conjunto de la cordillera (Zona Axial) y la retirada del mar pirenaico. Este proceso conocido como orogenia alpina, se empieza a manifestar en los Pirineos hace unos 80 millones de años (finales del Cretácico superior).

Durante el levantamiento de la cordillera, a finales del Eoceno y durante el Oligoceno, es cuando empiezan a predominar los procesos erosivos de las cumbres formadas, los cuales originan masas detríticas de origen fluvio-

torrencial que tras su consolidación formaran las grandes masas conglomeráticas que cubren a las estructuras mesozoicas previas (figura 4). Estos sedimentos se observarán durante la excursión mostrando disposiciones más complejas que la del esquema.

En la figura 3 se pueden distinguir tres grandes dominios: Sierras Marginales, Montsec y Bóixols.

Las **Sierras Marginales** son las más meridionales y se extienden entre Balaguer y la Vall d'Àger. Comprenden los cabalgamientos de menor desplazamiento de Sant Llorenç de Montgai-Camarasa, Sierra de Montroig, Sant Mamet, y hacia el Este los cabalgamientos en rampa imbricados de Artesa de Segre y Montargull (que son objeto de explicación diferenciada en esta guía), etc.

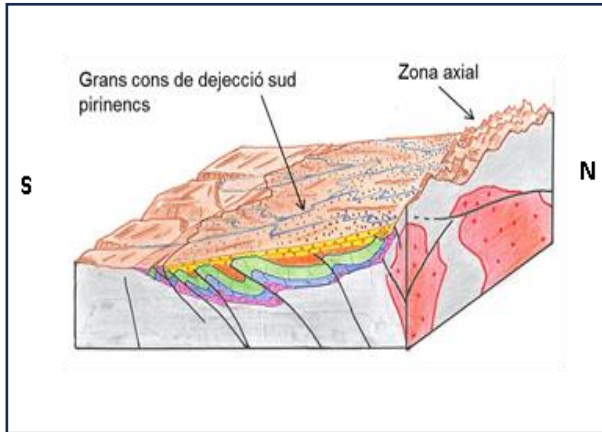


Figura 4. Esquema simplificado de la etapa paleógena de la formación de los Pirineos (hace entre 25 y 40 millones de años). La figura muestra los plegamientos i cabalgamientos de los sedimentos mesozoicos (Sierras marginales al sur, Montsec en medio y Bóixols al norte), las cumbres que se han ido formando en el corazón de los Pirineos (zona axial) y los sedimentos continentales transportados por grandes ríos y conos de deyección (Eoceno-Oligoceno) que cubrirán a los sedimentos marinos mesozoicos. En púrpura se indica el Triásico, en azul el Jurásico, en verde el Cretácico, en naranja el Eoceno y en amarillo los conglomerados del Eoceno-Oligoceno. El esquema es adimensional y únicamente ilustrativo (Pascual et al. 2021).

El **manto del Montsec** y la Conca de Tremp-Isona, entre la Vall d'Àger y Tremp, dan nombre al dominio intermedio, que se visitó en la edición del Hidrogeodia 2022.

El dominio más septentrional corresponde a la lámina cabalgante del **manto de Bóixols**. A este dominio estructural pertenece el sinclinal de

santa Fe (Font Bordonera) que se visitará durante el Hidrogeodia 2024.

LOS CABALGAMIENTOS EN RAMPAS IMBRICADAS DE LAS SIERRAS MARGINALES DE LOS PIRINEOS LERIDANOS

El itinerario del Hidrogeodía de 2024 es complementario a los itinerarios de los Hidrogeodías de 2022 y 2023. En todas las rutas se han explicado diferentes acuíferos vinculados a las formaciones mesozoicas y cenozoicas carbonatadas de los Pirineos leridanos. Este año se visitarán las formaciones más orientales de la provincia. Las estructuras que se observarán son bastante más complejas que las visitadas en los años anteriores. De la estructura mostrada en el corte geológico de la figura 3 (perfil ECORS), hacia el Este, se pasa a una estructura mucho más corta, pero no por eso más simple (perfil Pedraforca, figura 9).

Entre estas dos estructuras hay una compleja disposición de accidentes tectónicos de tránsito. En esta guía se hará una breve explicación simplificada pese a su complejidad.

El mapa geológico de la figura 5 permite observar la totalidad de las grandes Unidades sedimentarias de los Pirineos. En el mapa se sitúan los dos perfiles mencionados (ECORS y Pedraforca) y entre ellos se encuadra la zona visitada en la que se localizan formaciones que van desde el Triásico hasta el Oligoceno.

Esta zona de transición se realiza mediante un sistema complejo

de cabalgamientos imbricados denominados “en rampa” que equivalen a los cabalgamientos más meridionales de las Sierras Marginales (Camarasa, Montroig, etc.) hasta el del Montsec (figura 6).

La figura 7 muestra la situación de los diferentes frentes estructurales a lo largo de la historia geológica en millones de años, hasta la actualidad.

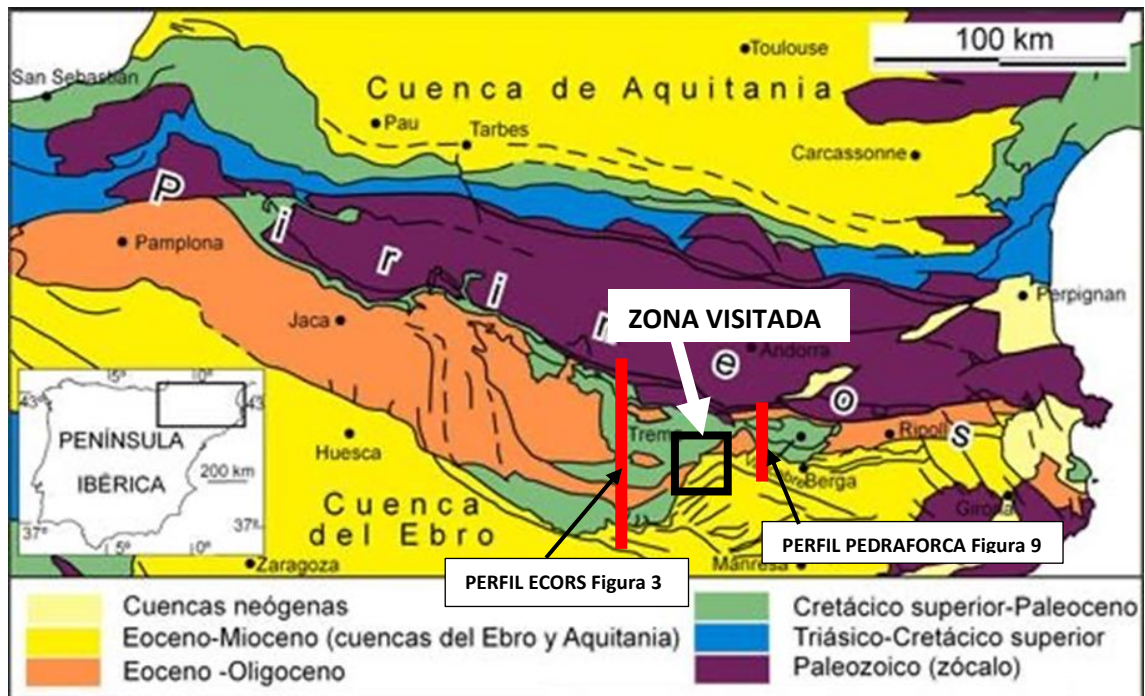


Figura 5. Mapa geológico de los Pirineos. Se encuadra la zona visitada durante el Hidrogeodia 2024. Dentro del cuadro se puede observar que las formaciones geológicas van des del Jurásico/Cretácico (Verde) hasta el Mioceno de la cuenca del Ebro (amarillo). La separación entre ambos colores se orienta en dirección NE-SW. Al mismo tiempo, en los materiales Eoceno/Miocenicos representados en amarillo, se indica la orientación de las deformaciones que los afectan. También se indica la situación de los perfiles ECORS y Pedraforca (en rojo).

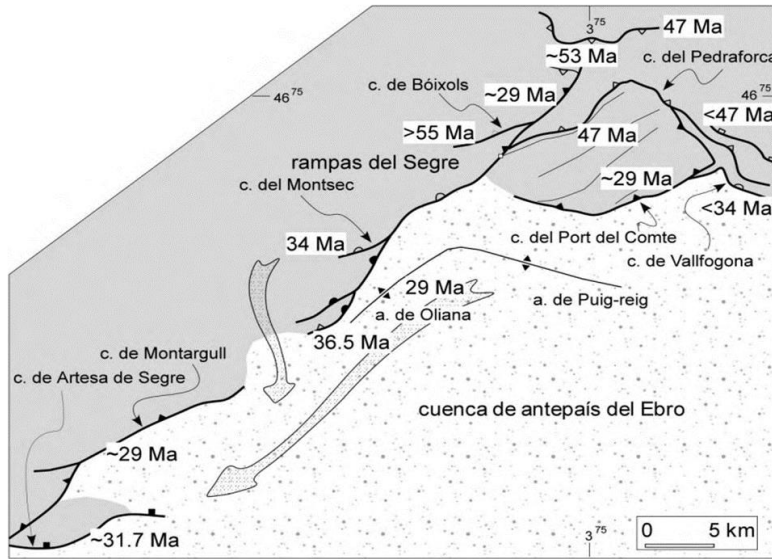


Figura 6. Mapa evolutivo de la distribución de los cabalgamientos imbricados entre Artesa de Segre y Port del Comte/Pedraforca. Los números indican millones de años des de que se produjo el emplazamiento actual de cada cabalgamiento (de Vergés, 1995).

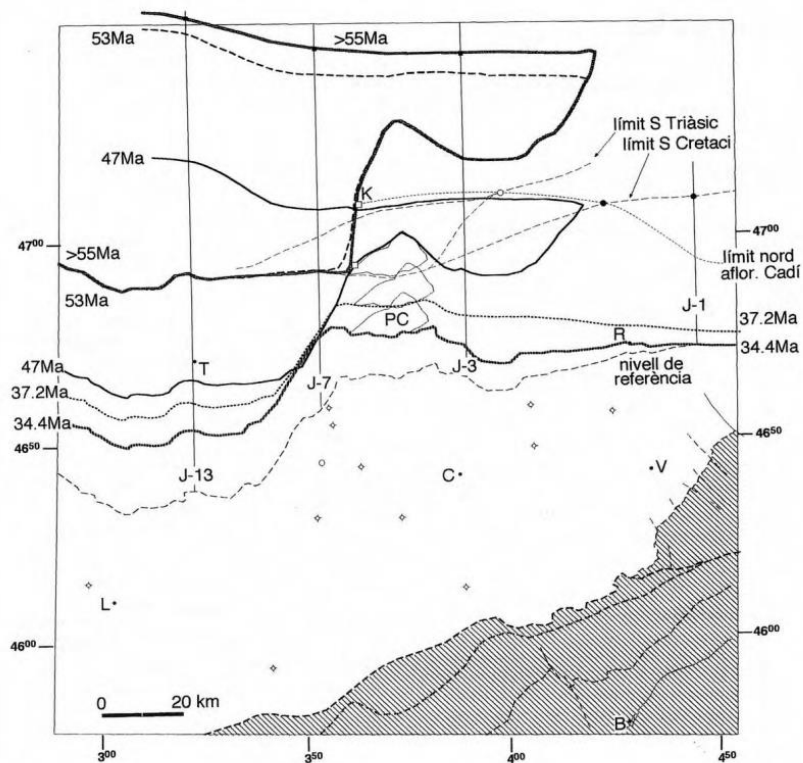


Figura 7. Esquema estructural de la zona visitada donde se han dibujado los diferentes cabalgamientos del sistema imbricado y las edades de fosilización de cada segmento de los mismos. La traza de los cabalgamientos se puede seguir a lo largo de los segmentos del Pedraforca, del Segre i d'Artesa. (de Vergés, 1995).

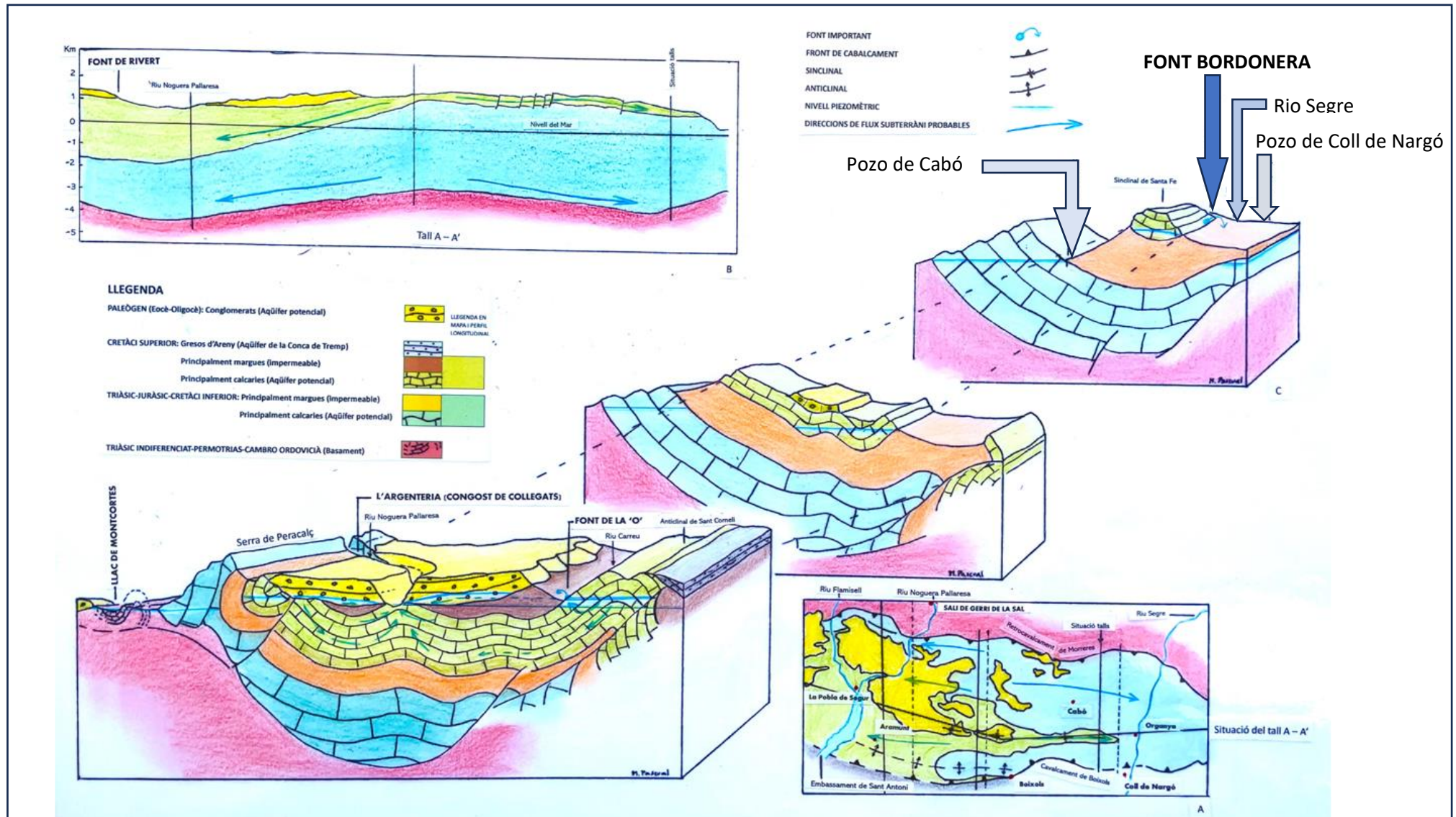


Figura 8. Composición esquemática ilustrativa de la 'hidrogeología' del dominio cabalgante de Bóixols. A/ mapa de situación geológica de la lámina (simplificado de García Senz, 2002), con indicación de la situación de los perfiles tridimensionales y longitudinal, y direcciones del flujo de agua subterránea a escala regional. B/ perfil hidrogeológico longitudinal de la lámina entre los ríos Noguera Pallaresa y Segre con indicación de la situación de los perfiles transversales (simplificado de García Senz, 2002). C/ Perfiles hidrogeológicos tridimensionales transversales con indicación de las principales formaciones acuíferas, niveles piezométricos y direcciones de flujo indicativas (la interpretación hidrogeológica ha tomado como base la geología de García Senz, 2002).

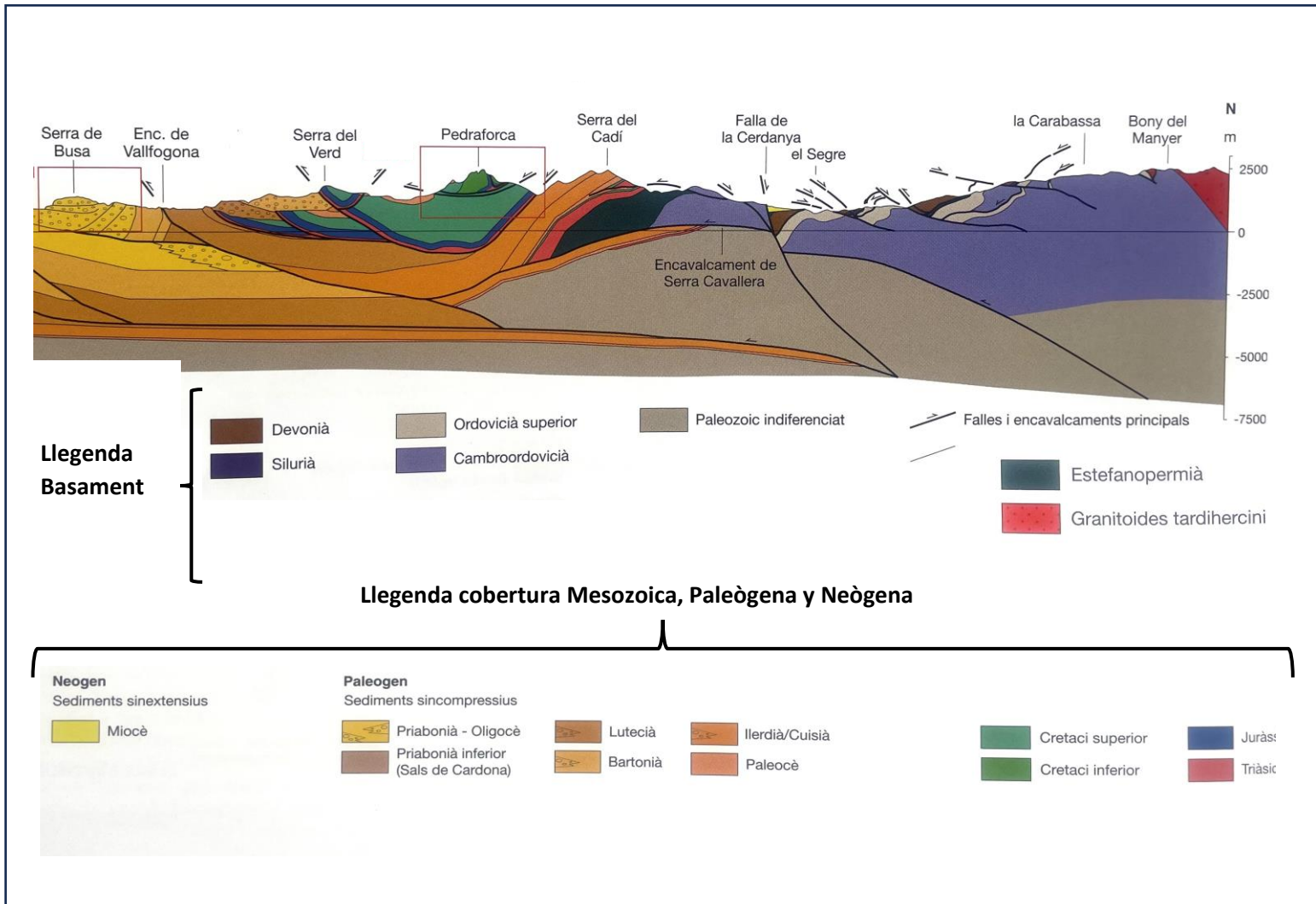


Figura 9. Corte geológico S-N de los Pirineos meridionales pasando por la Cerdanya, Cadí y Pedraforca. Situación en Figura 5 (de IGCC, 2010).

SITUACIÓN HIDROGEOLÓGICA

El conjunto de surgencias de agua subterránea que se visitaran y los acuíferos que las originan se pueden considerar como **“nuevas reservas hidrológicas”** dada su reducida explotación y el escaso conocimiento que de ellos se tiene.

Des del punto de vista hidrogeológico la disposición geológica explicada en el apartado anterior es importante. Tanto el Cretácico inferior (incluyendo también el Jurásico y el Triásico) como el Cretácico superior están constituidos por formaciones permeables carbonatadas (principalmente calizas) que constituyen importantes masas acuíferas, y una formación impermeable (principalmente margosa) que las separa, las cuales se indican en la figura 8.

Ambos acuíferos carbonatados del Cretácico inferior y superior vierten en sentidos contrarios hacia los ríos Segre y Noguera Pallaresa, aproximadamente des de la divisoria de aguas superficiales (ver perfil longitudinal de la figura 8). La pequeña parte de las descargas que se explotan del Cretácico inferior se hace a través de los pozos de abastecimiento de Cabó y el Vilar (figura 10) y de Coll de Nargó en la cuenca del Segre (ver emplazamiento en figura 8), y de la Roca Argenteria en la cuenca del Noguera (visitada en el Hidrogeodia de 2023).

Las descargas más importantes conocidas del acuífero calcáreo del Cretácico superior son la Font Bordonera en la cuenca del Segre (que se visitará en la presente edición) y la

Font de la ‘O’ en la de la Noguera Pallaresa (que se visitó en 2023). En los esquemas de la figura 8 se indican los posibles niveles piezométricos y las direcciones probables de los diferentes flujos del dominio de la Unidad cabalgante de Boixols.

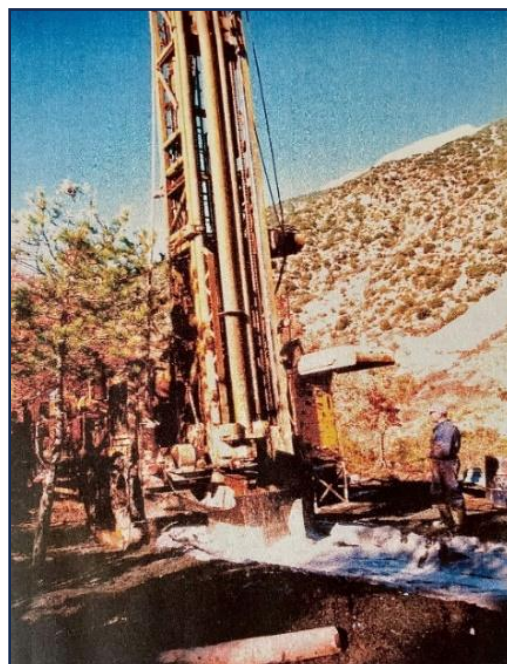


Figura 10. Perforación del sondeo de Cabó situado a unos 250 m al oeste del núcleo del Vilar. Al fondo de la foto calizas del Cretácico inferior (Barremiense) del sinclinal de Cabó – Collegats (flanco norte buzando hacia el sur). El sondeo tiene una profundidad de 293 m. Hasta los 85 m se perforaron margas impermeables, a partir de donde los materiales perforados fueron margas calcáreas o calizas negras, algunas con ligero olor a hidrocarburo. El caudal obtenido durante la perforación fue de unos 20 m³/h (Pascual, 1993).

En la excursión de esta edición del Hidrogeodia se visitan el sistema de acuíferos carbonatados del dominio de las Sierras marginales en su versión de cabalgamientos imbricados en rampa, el

acuífero del Cretácico superior del extremo oriental del dominio de Boixols y los acuíferos de las formaciones del Port del Comte. También se explicará un breve ejemplo de la utilidad de la hidrogeología para la localización de presuntos responsables de episodios de contaminación de aguas subterráneas.

PARADA 2. EL ACUÍFERO CUATERNARIO DE OLIANA Y LES FONTS DE PERAMOLA

La primera parte de la parada explica un problema de contaminación que afectó al acuífero aluvial libre en 1995 y supuso la interrupción del abastecimiento público de la población de Oliana. La segunda parte plantea el potencial hídrico de un complejo acuífero que se puede catalogar como de “**nuevas reservas hidrológicas**”, en el sentido de que pueden representar recursos importantes poco conocidos, útiles en la planificación hidrológica, para satisfacer demandas futuras o demandas no satisfechas durante episodios de sequía.

EL ACUÍFERO CUATERNARIO DE OLIANA. CONTAMINACIÓN POR TETRACLOROETANO

A las 12 h del día 12 de julio de 2005 se produjo una contaminación del pozo de abastecimiento público de Oliana por tetracloroetano, lo cual obligó a suspender el abastecimiento público de la población.

Fondària nivell aigua (m)	Cota del pou (msnm)	Cota nivell aigua (msnm)	Tetracloroetè (ppb)
23.95	477.00	453.05	≤ 0.5
12.90	473.00	460.10	7.1
11.80	441.50	429.70	0.57
22.20	454.70	432.50	28.8
16.30 (13/07/05)	442.87	426.57 (13/07/05)	23.3 (13/07/05)
13.90 (25/07/05)		428.97 (25/07/05)	22.4 (25/07/05)
16.19	448.00	431.81	17.6 (+2,52 de tricoloratà = 20,10)
10.20	441.31	431.11	13.6
9.40	442.89	433.49	46.02 (anàlisi Ajuntament)
35.10	491.00	455.90	≤ 0.5
23.90	483.00	459.10	≤ 0.5
8.90	458.00	449.10	≤ 0.5
1.40	440.50	439.10	≤ 0.5
11.90	468.00	456.10	≤ 0.5
11.30	440.00	428.70	82.00
-----	-----	-----	≤ 0.5

Tabla 1: Lista de pozos estudiados mostrando los datos de niveles y de concentraciones de tetracloroetano en el acuífero aluvial de Segre en Oliana (julio de 2005).

El pozo de abastecimiento de Oliana explota unos sedimentos aluviales de la margen izquierda del río Segre, aguas abajo del embalse de Oliana. Está formado por unas decenas de metros de gravas, arenas y limos cuaternarios que descansan sobre margas impermeables (margas de Igualada) (Figuras 11 y 12). A medida que aumenta la distancia al río, hacia los relieves más elevados, los sedimentos aluviales van cambiando lateralmente a sedimentos de pie de monte (barrancos de Reixa y Valldan).

En base a la litología, espesor y caudales de los pozos se estimaron unos parámetros hidráulicos del acuífero de:

Aluvial:

Transmisividad (T): 1500 m²/día

Permeabilidad (k): 75 m/día

Porosidad eficaz (m_e): 0,1

Pie de monte:

Transmisividad (T): 50 m²/día

Permeabilidad (k): 2,5 m/día

Porosidad eficaz (m_e): 0,1

Caudal específico medio en los pozos (q):

54 m³/h/m de descenso.

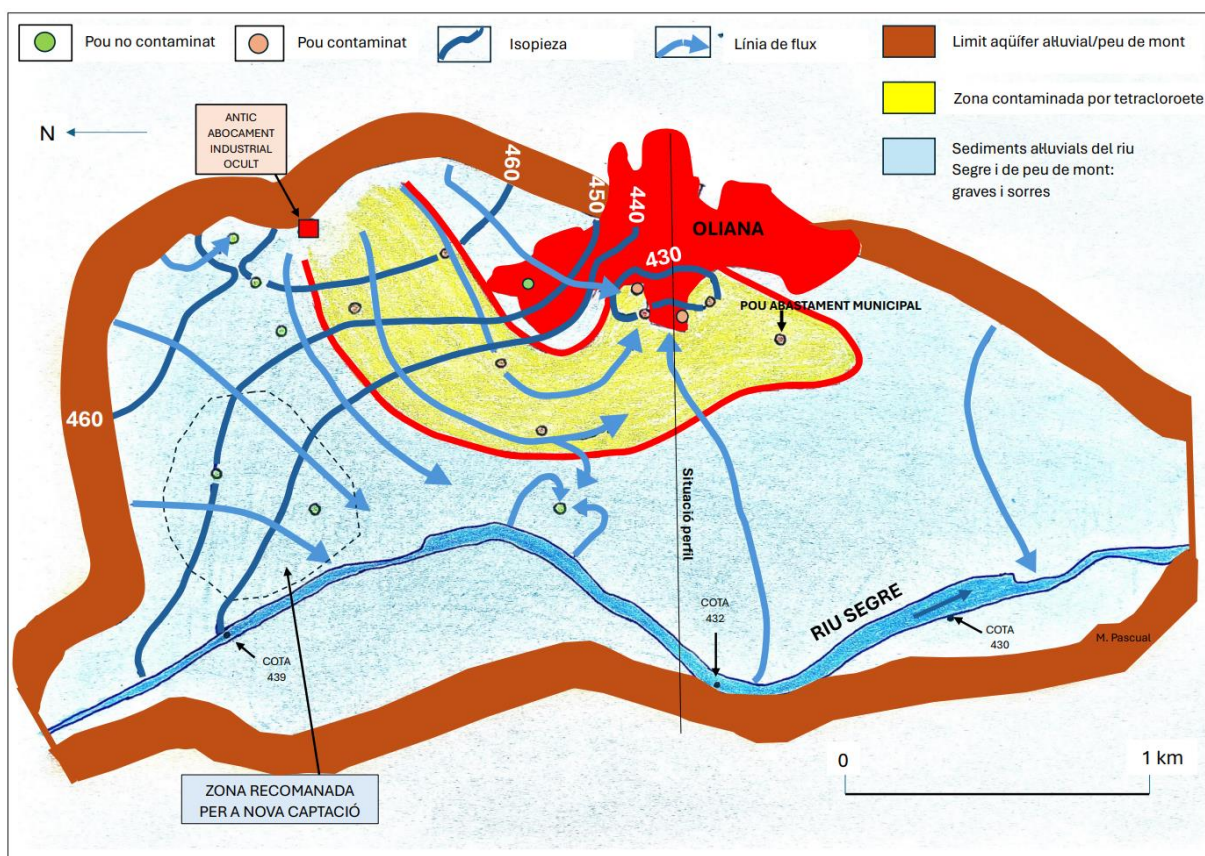


Figura 11. Mapa hidrogeológico del acuífero aluvial del río Segre a su paso por Oliana. Se indican los límites del acuífero, las isopiezas (curvas de nivel de la superficie freática). Los números indican la cota sobre el nivel del mar de la isolínea), direcciones del flujo de agua subterránea (azul claro), zona contaminada por tetracloroete (amarillo) y zona más favorable para la captación de agua subterránea potable para el abastecimiento público alternativo (Pascual, 2005).

Con los datos de niveles de agua en los pozos (tabla 1) se confeccionó el mapa piezométrico de la figura 11, que permitió calcular los gradientes hidráulicos y velocidades de flujo. Mediante la aplicación de la ley de Darcy, resultaron velocidades entre 0,2 m/día en los pies de monte y de entre 0,7 y 12 m/día en el aluvial.

A partir de la piezometría de los datos analíticos y de las estimaciones realizadas se dedujo que el agua subterránea fluye desde la parte alta de los pies de monte, de permeabilidades más bajas, hacia el río Segre a través del aluvial con permeabilidades mayores y gradientes más suaves.

Finalmente, con las velocidades y direcciones del flujo subterráneo se dedujo que un posible contaminante tardaría en llegar al pozo de abastecimiento de Oliana:

Desde zona industrial (W de Oliana): 1-2 meses.
 Desde zona más lejana al pozo aguas arriba del flujo subterráneo (500 m al N de Oliana): 10 años.
 Desde el río Segre: 4 años.

Dado que ni la actividad industrial, ni cualquier otra en 2005, podían justificar la contaminación de los 8 pozos afectados, se procedió a delimitar la zona de pozos contaminados (en amarillo en la figura 11). Aguas arriba de la zona mencionada justo a la distancia en que un contaminante

tardaría 10 años en llegar al pozo de abastecimiento de

carbonatadas, principalmente calizas, dolomías y conglomerados con matriz

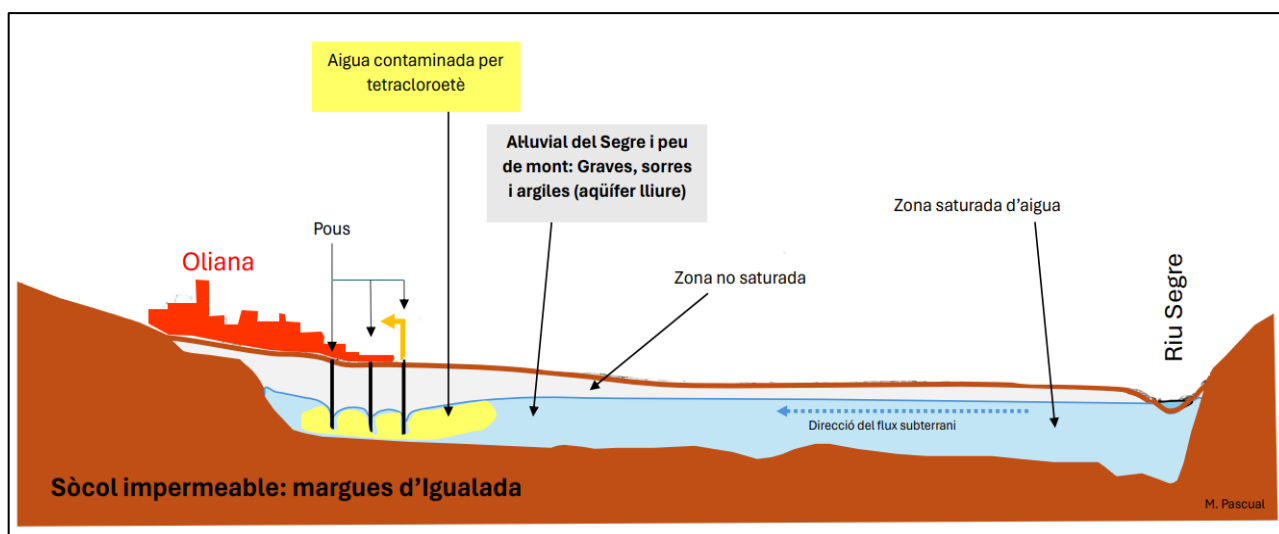


Figura 12. Corte ilustrativo del funcionamiento hidráulico del aluvial del río Segre entre el río y la población de Oliana (situación en figura 11). Se puede observar la zona con nivel freático deprimido por los bombeos y a su vez contaminada por tetracloroetano.

Oliana, en colaboración con los Mossos d'Esquadra, se descubrió un antiguo vertedero industrial con tetracloroetano, oculto y cubierto de tierra, perteneciente a una entidad aún hoy en actividad. Se confirmó que, en aquellas fechas, ese vertedero se había emplazado hacía 10 años.

Paralelamente, para restablecer el suministro de agua potable, se recomendó al Ayuntamiento la perforación de un nuevo pozo en la zona señalada en la figura 11, que no se veía afectada por contaminaciones y la posibilidad que las tuviera, eran bajas.

carbonatadas. Por esta razón, en esta guía, se redacta una breve explicación de esta tipología de acuíferos.

FUNDAMENTOS SOBRE LOS ACUÍFEROS EN ROCAS CARBONATADAS

Estos acuíferos son los formados por calizas, con calcita como mineral principal predominante (CO_3Ca), y/o dolomías, con dolomita como mineral principal ($2(\text{CO}_3^2)\text{CaMg}$), aunque en este caso también se pueden incluir las formaciones de conglomerados con matriz carbonatada, como se verá durante la excursión. En ellos el agua circula ocupando las fisuras, fallas y huecos que se van formando por disolución. La morfología, tanto superficial como subterránea, se denomina cárstica cuando su desarrollo alcanza una entidad considerable. La figura 14 ilustra las formas que caracterizan a los sistemas cársticos,

LES FONTS DE PERAMOLA

Durante esta y siguientes paradas se explicarán acuíferos en rocas

mientras que la figura 13 representa un posible proceso de desarrollo de un sistema cárstico originado por variaciones del nivel de descarga del sistema, que como se verá puede explicar algunas de las surgencias que se visitarán.

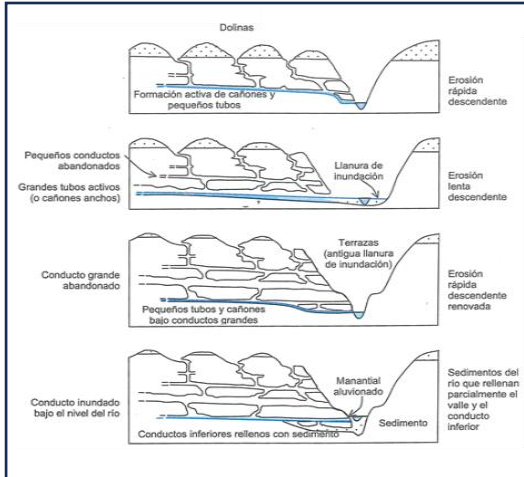


Figura 13. Esquema ilustrativo de la evolución de un sistema cárstico debido a variaciones del nivel de base asociado a un cauce fluvial que lo atraviesa (Custodio y Llamas, 1983; FCiHS, 2009).

La formación de las vías de flujo del agua subterránea en estos sistemas se da por la disolución progresiva de los carbonatos que forman el macizo rocoso por la acción del agua infiltrada en superficie. El proceso hidrogeoquímico actuante es el siguiente:

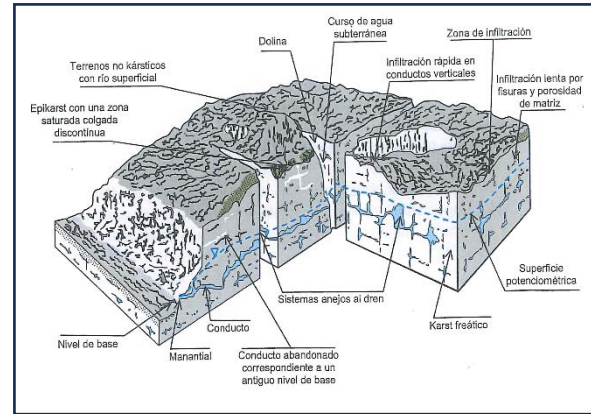
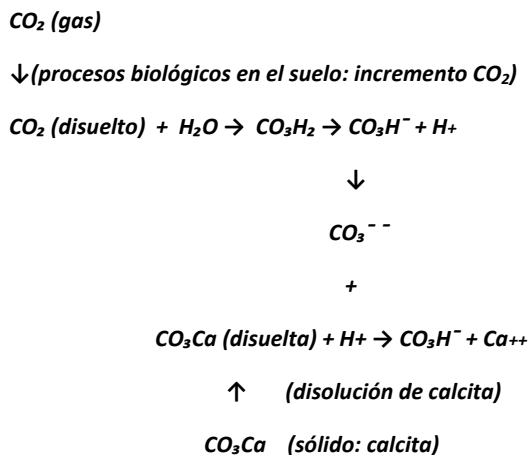


Figura 14. Esquema ilustrativo de las principales formas superficiales e internas generadas en los acuíferos carbonatados (Custodio y Llamas, 1983; FCiHS, 2009)

ACUIFEROS MESOZOICOS Y PALEOGENOS DE LA ZONA DE CABALGAMIENTOS IMBRICADOS DE LAS SIERRAS MARGINALES

La zona de les Fonts de Peramola és una de las zonas de descarga de los acuíferos carbonatados constituidos por las calizas y dolomías de los complejos cabalgamientos imbricados de las Sierras Marginales.

La figura 15 és el mapa geológico de la zona de Oliana y Peramola, que correspondería con la parte SW del encuadramiento de la figura 5. En el mapa se diferencian los materiales mesozoicos afectados por los cabalgamientos de la Sierras Marginales (en azul) y del Montsec (en verde), de los materiales paleógenos (conglomerados en amarillo y marrones, y margas en gris).

Los materiales paleógenos conforman un gran sinclinal (sinclinal de Oliana) que se ha formado por el empuje de los sedimentos mesozoicos cabalgantes.

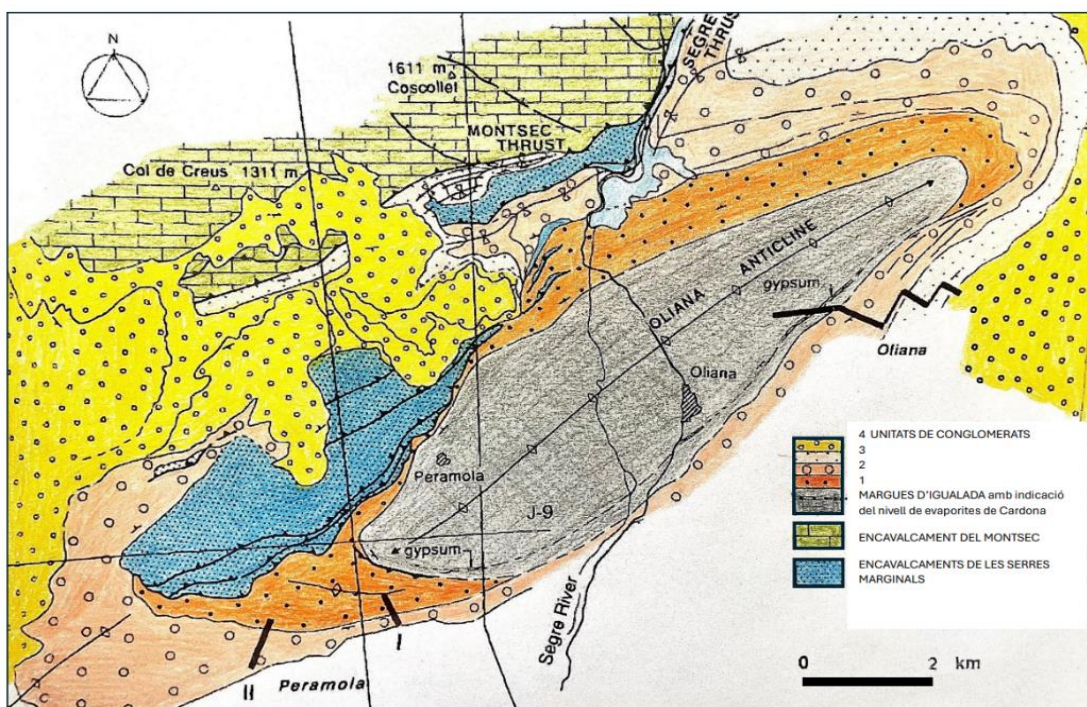


Figura 15. Mapa geológico del Anticlinal de Oliana y de las láminas tectónicas de las Sierras Marginales y del Montsec, en la zona de rampas oblicuas del Segre. Las relaciones geométricas de corte entre las diferentes unidades de conglomerados paleógenos y de los diferentes cabalgamientos y pliegues ha permitido a los investigadores la deducción de una secuencia de cabalgamientos. La datación de los conglomerados permite conocer la duración del movimiento de cada cabalgamiento (de Vergés, 1993 y Burbank et al. 1992).

La figura 16 es un corte únicamente indicativo, sin escala, de dirección NW-SE del mapa de la figura 15. En el extremo NW se aprecia el cabalgamiento de las calizas del Cretácico superior del Montsec por encima de los materiales que forman los cabalgamientos de las Sierras marginales. La base de despegue son los yesos y limolitas del Keuper (en rojo) que separa a todo el conjunto carbonatado mesozoico (Jurásico en azul, Cretácico superior en verde), de los sedimentos paleógenos subyacentes (unidades de conglomerados y las margas de Igualada). En el extremo SE se observa el anticlinal de Oliana, formado por materiales paleógenos, y en su núcleo las denominadas margas de Igualada.

En la figura 16 se diferencian los materiales que son permeables y pueden constituir importantes acuíferos carbonatados (fisurados y/o carstificados). También se indican los que tienen un interés local y los materiales impermeables. El conocimiento hidrogeológico de estas formaciones es escaso y su estudio tiene importancia como **“Nuevas Reservas Hidrológicas”** de cara a la Planificación Hidrológica y a su uso en épocas de sequía como la presente.

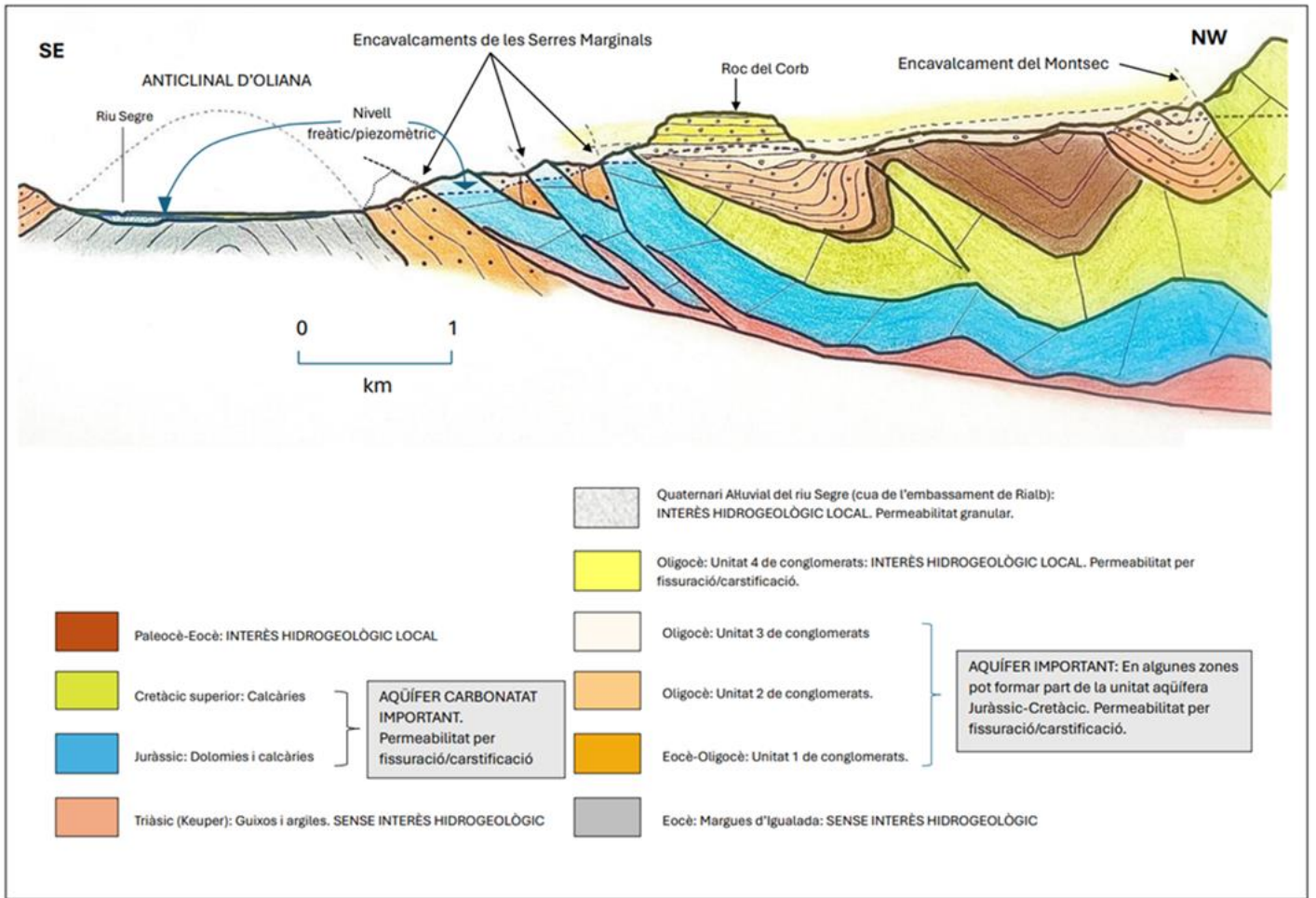


Figura 16. Corte hidrogeològic donde se observan las relaciones geométricas existentes entre el conjunto acuífero de las Sierras Marginales y el anticlinal de Oliana, el núcleo del cual, constituido por las margas de Igualada, es impermeable (basado en Vergés 1993). Las formaciones de importancia hidrogeológica se pueden considerar como **Nuevas Reservas Hidrológicas**.

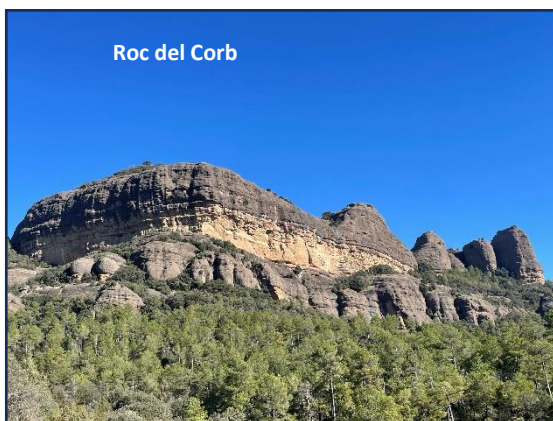


Figura 17. Conglomerados oligocénicos de la Unidad 4 de la figura 16.

LAS FUENTES/LES FONTS

El municipio de Peramola es rico en fuentes, ya sean permanentes o intermitentes, actuales o perdidas, arregladas o abandonadas. Su número ronda las 150 y vierten sus aguas al río Segre.

Muchas de ellas están asociadas a masías a las cuales abastecían de agua para sus necesidades básicas (de boca, limpieza, riego) y, posteriormente algunas fuentes adquirieron un importante componente social como puntos de reunión para eventos lúdicos.

A mediados de 2010 se inauguró el “Cami de les Fonts” que recorreremos en esta edición del Hidrogeodia. Es un recorrido circular de cerca de dos kilómetros que permite visitar algunas de las fuentes más cercanas a Peramola y adentrarnos en un barranco en el que cuando los niveles de agua subterránea en el complejo de acuíferos carbonatados de las Sierras marginales suben, actúa de descarga con abundante caudal.

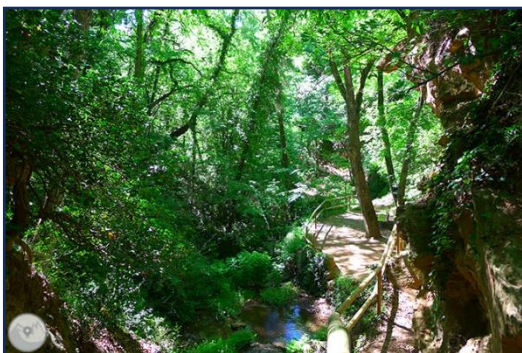


Figura 18. Paraje de “les Fonts de Peramola”



Figura 19. La riqueza de agua en Peramola se observa dentro de su casco urbano, aunque no haya río.



Figura 20. Camí de “les Fonts de Peramola”

PARADA 3. LA FONT BORDONERA

Al Oeste de Organyà, siguiendo la carretera que conduce a Cabó, por el desvío en dirección a Montanisell, después de haber recorrido unos 4 km, se encuentra la Font de la Bordonera, una de las más importantes surgencias del valle del río Segre. La fuente aflora las aguas a pie de la colina de Santa Fe, pero muy por encima del barranco de Fontanet, afluente del río Muntanya, que finalmente vierte al río Segre. El aspecto del paisaje no hace sospechar de su presencia hasta muy cerca de la misma. Brota repentinamente desde el interior del macizo calcáreo que se alza imponentemente encima mismo.

La colina de Santa Fe forma parte de una loma, que, orientada de este a oeste, va desde Boumort hasta Organyà, donde el valle del Segre lo interrumpe. Por el lado norte, la cordillera está limitada paralelamente por el valle de Cabó, primero, y la cordillera de Prada, aún más al norte. Por el sur, a la sierra de Santa Fe la limitan los ríos Carreu, afluente del Noguera Pallaresa y el río de Muntanya, afluente del río Segre, y aún más al sur, la montaña de Nargó.

La figura 8 muestra, esquemáticamente, la geometría de la lámina cabalgante entre el río Noguera Pallaresa y el río Segre. El mapa de la figura 8 ilustra en planta los límites norte y sur de la lámina cabalgante de Bóixols y los afloramientos del Cretácico inferior, Jurásico y Triásico, Cretácico superior, Paleógeno y materiales del basamento

que sustentan a la lámina (Triásico indiferenciado, Permotrias, y Cambro-ordovícico). El mapa y el perfil longitudinal (E -W) de la figura 8 que va del río Segre al Río Noguera Pallaresa muestran que el afloramiento del Cretácico inferior en la parte oriental es dominante y el Cretácico superior solo aflora en el sinclinal de Santa Fe, cerca de Organyà. Contrariamente, hacia el oeste, la presencia del Cretácico superior se incrementa a costa de la disminución de la presencia del Cretácico inferior.

En el sentido N-S, el dominio o lámina cabalgante de Bóixols es la unidad más corta, pero es el más potente. Tiene la forma de un gran sinclinal limitado al sur por el cabalgamiento de Bóixols y anticlinal de Sant Corneli, y al norte por el retrocabalgamiento de Les Morreres que pone en contacto a la serie mesozoica con los materiales paleozoicos de la Zona Axial Pirenaica (figura 3). Este contacto casi siempre se produce a través del Triásico fuertemente tectonizado, lo que se manifiesta en afloramientos de tonalidades rojizas donde se entremezclan caóticamente sedimentos evaporíticos salinos (Keuper), calizas y dolomías (Muschelkalk) y conglomerados de base (Buntsandstein y Permotrias).

La figura 21 ilustra la morfología de este conjunto de cordilleras y valles que rodean a la fuente, así como los rasgos básicos de la geología que condiciona su existencia.

En la montaña de Nargó y en la de Prada, en la base, afloran las calizas más antiguas del cretácico inferior (permeables), seguidas de las margas-margocalizas (poco permeables) y finalmente las calizas permeables cenomanienses (Cretácico superior). La orientación del sinclinal, desde Boumort hasta Organyà, es de este a oeste.

Su recarga se produce por la infiltración directa del agua de lluvia sobre esta "teja sinclinal" que forman las calizas cenomanienses (Cretácico superior). En general, la base impermeable de las mismas son las margas del Aptiense. En el área de la Font Bordonera, debido al contacto discordante del Cretácico superior sobre el inferior, las calizas del

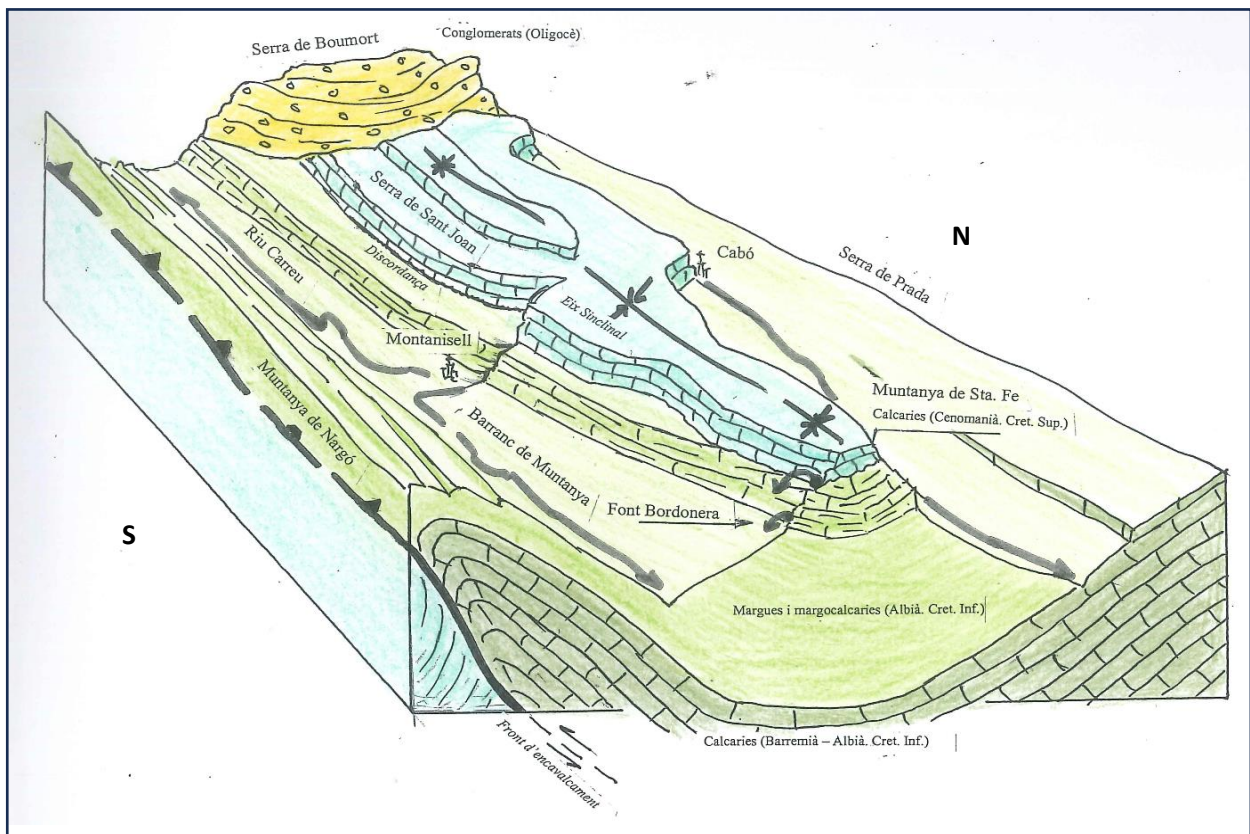


Figura 21. Esquema tridimensional de la estructura geológica que origina la Font Bordonera. El esquema es adimensional únicamente ilustrativo.

Las calizas del Cenomaniense que coronan la serie forman la loma de Santa Fe. Con una disposición en forma de teja inclinada suavemente hacia el este, constituyen el acuífero cárstico que descarga por la Font Bordonera en su extremo más oriental (fotos de las figuras 22, 23 y 24).

Cenomaniense pasan a descansar sobre margocalizas, en lugar de hacerlo sobre margas como lo hace en el resto del sinclinal. La inclinación de las calizas cenomanienses hacia el sur y la base de las margocalizas (algo permeables) son las responsables del alumbramiento de las aguas en el lugar donde lo hacen. La recarga también puede proceder de los

conglomerados de la sierra de Boumort en el extremo oeste.

Balash et al. (1984), y estos mismos autores en años posteriores en trabajos inéditos de espeleología, estudian por primera vez el funcionamiento de la fuente y las características fisicoquímicas y caudales de sus aguas. Los caudales que surgen de la Font Bordonera son muy variables. En periodos secos el caudal puede ser inferior al centenar de l/s, siendo los caudales más habituales próximos a $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$ ($11\text{hm}^3/\text{año}$). Sin embargo, ante lluvias importantes e intensas, la respuesta del sistema es muy rápida. Si las lluvias son suficientemente importantes, el caudal puede pasar, en cuestión de horas, de algunos centenares de l/s a decenas de m^3/s (un orden de magnitud superior). Las fotos de la figura 22 muestran momentos contrastados de caudal.

Del mismo modo, el agotamiento del caudal es exponencial, rápido en las primeras horas y/o días, y en los últimos días (más allá de los 20 días) ya mucho más lento, hasta alcanzar el caudal de base. Es muy probable que vías importantes de circulación estén siempre saturadas (aproximadamente siguiendo grandes oquedades orientadas de oeste a este según la dirección del eje del anticlinal) debajo del nivel de la fuente y que el volumen de agua almacenada sea lo suficientemente importante para garantizar los caudales de base.

Los márgenes del barranco de Fontanet, situado inmediatamente aguas abajo de

la surgencia, están rellenos de importantes espesores de tobas



Figura 22. Época lluviosa. La surgencia inundando las escaleras de acceso.



Figura 23. Detalle de la surgencia.

calcáreas. Las aguas aluminadas han disuelto masas de calizas del Cenomaniense, construyendo el sistema cárstico subterráneo y precipitándolas en el barranco de Fontanet, a la salida. No obstante, el barranco se ha encajado en las tobas dejando aflorar la base margocaliza del Aptiense, lo que puede explicarse por los cambios del nivel de base de los ríos, impuesto, a su vez, por

el nivel de los océanos en épocas glaciares durante el Cuaternario.

Seguramente, en las últimas glaciaciones con el nivel del mar más bajo, las redes de drenaje subterráneas cambiaron el nivel de base de la misma

manera que los cursos fluviales. Sin embargo, en épocas con menos presencia de CO₂ en la atmósfera, la precipitación de carbonatos en las surgencias sería menor.



Figura 24. Salto de la surgencia hacia el barranco de Fontanet. El substrato del salto está formado por espectaculares y gruesas tobas calcáreas.

PARADA 4. FONT DE CAL SALA I SANT QUINTÍ. POU ABASTAMENT CAMBRILS.

El macizo del Port del Comte con una extensión de 130 km², se encuentra situado en los Pirineos centrales y se extiende en el margen noroccidental de la comarca de El Solsonès y en una pequeña área de la comarca de Alt Urgell. Presenta un relieve es muy abrupto y queda configurado por la Serra de Querol, la Serra de Campelles – Serra Port del Comte y la Muntanya d'Alinyà, oscilando su topografía desde los 2.387 m.a.s.l. en El Pedró dels Quatre Batlles a los 900 m.a.s.l. en la base del macizo. Constituye la divisoria de aguas entre la cuenca del río Segre y el río Cardener, siendo drenado, el sector norte, hacia el río Segre, a través del río d'Alinyà - río Perles; mientras que el sector sur drena hacia el río Segre a través de los ríos Fred y Canalda que en Aigües Juntes dan lugar a la Ribera Salada. El sector este del macizo drena directamente al río Cardener de la cuenca del río Llobregat. La divisoria de aguas entre las Cuencas Internas de Catalunya y la Cuenca del Ebro se sitúa en el macizo de El Port de Comte.

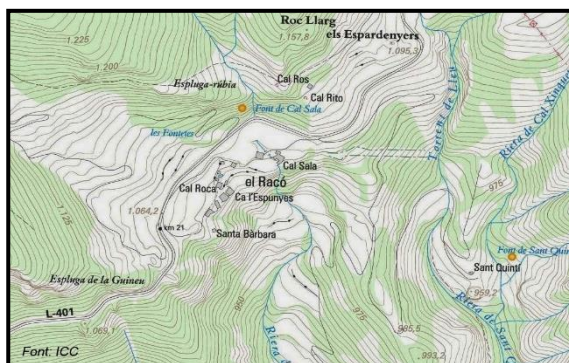


Figura 25. Situación de la Font de Cal Sala y la Font de Sant Quintí y el salt de El Racó.

Los materiales mayoritarios de El Port del Comte son carbonatados, donde se desarrolla uno de los principales acuíferos cársticos del Pirineo de Lleida que incide en el drenaje general de la zona. Las precipitaciones, en forma de lluvia y nieve, en las cotas superiores del macizo, modelan su geomorfología; desarrollándose numerosas dolinas (denominadas bòfies en la zona) y áreas de lapiaz, infiltrándose en el sistema cárstico, sistema drenado por numerosas fuentes que alimentan los ríos mencionados anteriormente.

Geológicamente, el macizo de El Port del Comte se encuentra delimitado entre el manto del Cadí, al E, las láminas tectónicas de las Sierras Marginales, los mantos del Montsec y Bóixols, al NE y SW con recubrimientos en algunos tramos por los conglomerados terciarios, y por los conglomerados terciarios de la cuenca del Ebro, al S.

El macizo del Port del Comte constituye una lámina desplazada hacia el sur a nivel de los materiales plásticos del Keuper y presenta una serie estratigráfica de espesor superior a los 1.000 metros que comprende materiales del Cretácico superior, del Paleoceno superior y del Eoceno inferior. Los materiales del Cretácico superior corresponden, mayoritariamente, a la facies Garumniense y se encuentran constituidos por calizas micríticas, lutitas y arcillas rojas y un nivel de calizas arenosas. Los materiales del Paleoceno inferior se encuentran constituidos por calizas con alveolinas y el Eoceno inferior por calizas micríticas separados estos dos últimos conjuntos por un nivel de margas grises. El conjunto de

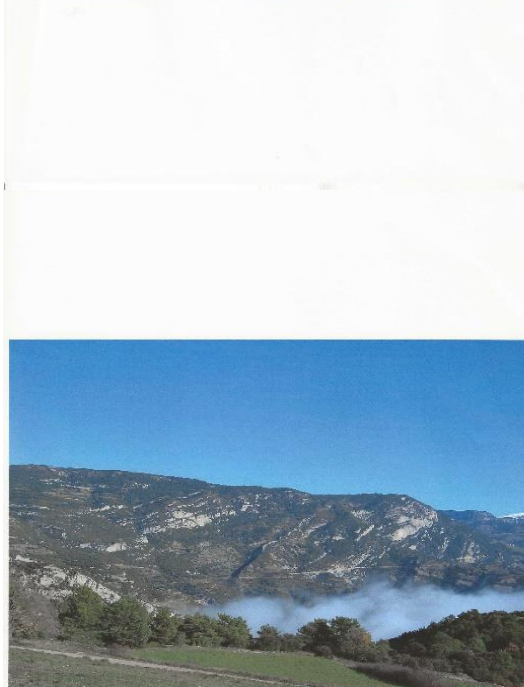
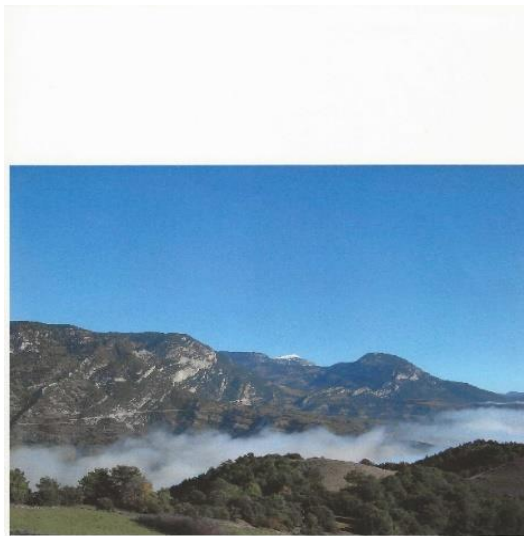


Figura 26. Panorámica del macizo Port del Comte. Arriba vista de la unidad Serra Querol, Port del Comte y Pla de la Bòfia. En el centro la unidad Serra Campelles – Serra Port del Comte y Muntanya Alinyà. Abajo sinclinal que facilita el drenaje hacia la Font de Cal Sala y la Font de Sant Quintí situadas en la base del Tossal de Cambrils.

materiales del Paleoceno superior – Eoceno inferior pertenecen al *Ilerdiense*. Coronando la serie afloran, en pequeños afloramientos, calizas micríticas del Eoceno medio (*Luteciense*).

La estructura interna del macizo presenta dos unidades bien diferenciadas que condicionan el drenaje de las aguas subterráneas de todo el conjunto. La unidad sur forma los relieves de la Serra de Querol, del Port del Comte y del Pla de la Bòfia la conjunción de dos anticlinales separados por un sinclinal todos ellos de dirección NE-SW. La unidad norte forma los relieves de la Serra de Campelles – Serra del Port del Comte y la Muntanya d’Alinyà la conjunción de dos anticlinales separados por un anticlinal de dirección también NE – SW y de mayor longitud que las estructuras de la unidad sur. La máxima altitud de esta unidad es el Tossal de Cambrils con 1.803 m.a.s.l.

Las dos unidades se encuentran separadas por el río de Odén – La Covil, en cuyo trazado se desarrolla un anticlinal, llegando a aflorar los materiales de la facies Keuper en el sector de El Montnou, debido al buzamiento del eje del anticlinal hacia el NE.

Los materiales carbonatados del Paleoceno – Eoceno (calizas con alveolinas y calizas micríticas del *Ilerdiense*) que se encuentran intensamente karstificados forman el principal acuífero del macizo de El Port del Comte. Las dos unidades diferenciadas en el macizo presentan acuíferos kársticos con funcionamiento individualizado. La recarga se produce

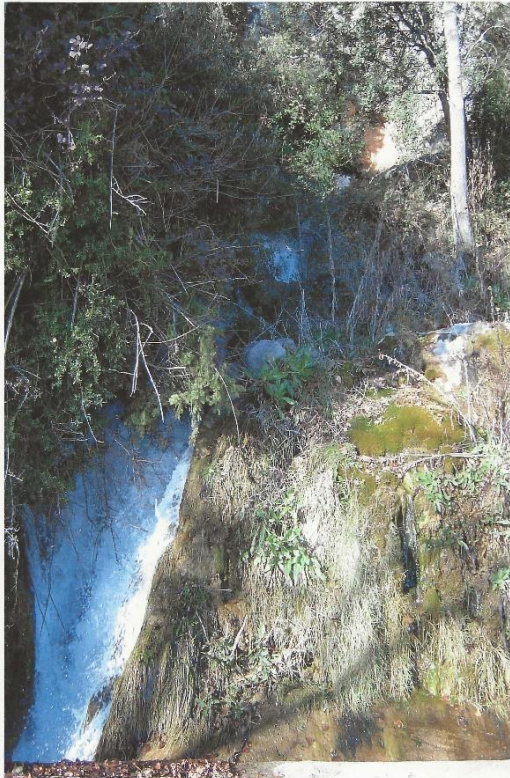


Figura 27. Font de Cal Sala i el salt del Racó. Foto Alfred Montserrat.

en las cotas superiores de ambas unidades por infiltración del agua procedente de la lluvia y de la fusión de la nieve. El desarrollo de morfologías exocársticas es abundante en el Pla de la Bòfia, pudiéndose observar diversas dolinas (bòfias denominadas en la zona) y cavidades con diámetros

comprendidos entre los 5 y los 200 m. y de desarrollo vertical. La escorrentía superficial es prácticamente inexistente dado que las dolinas y cuevas facilitan el drenaje rápidamente de toda el agua precipitada sobre dicha superficie hacia el sistema cárstico desarrollado en vertical hasta alcanzar el nivel de drenaje.

El drenaje del sistema cárstico se produce de forma individualizada en cada una de las unidades que se divide el macizo y se halla condicionado por su estructura, caracterizada, como ya hemos mencionado, por diversos anticlinales y sinclinales que afectan a todo el conjunto de materiales del macizo.

Así, la unidad que conforman la Serra de Querol y el Pla de la Bòfia, unidad que se extiende en el sector SE del macizo, drena, mayoritariamente, hacia el río Cardener a través de Les Fonts del Cardener con un caudal de medio de 350 l/s y una oscilación de caudal comprendida entre los 60 l/s y los 900 l/s. El caudal máximo se observó en el año 1992 con 2.000 l/s, entrando en funcionamiento un "trop plein", situado a unos 50 metros por encima de Les Fonts del Cardener. La inclinación del eje de los sinclinales y anticlinales hacia el NE y la presencia de una fractura en el margen NE de la unidad de El Port de Compte que sitúa a los materiales impermeables del Keuper (arcillas) junto a las calizas del Paleoceno-Eoceno facilita el drenaje en dicha dirección NE y su emergencia en Les Fonts del Llobregat. Los recursos renovables de este sector del acuífero son de unos 8,8 hm³/año. Las aguas son de naturaleza bicarbonatada cálcica y la conductividad



Figura 28. Font de Sant Quintí. Explotación de la gruta, foto Alfred Montserrat

oscila entre los 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La presencia de pequeños niveles de margas intercalados en el conjunto de calizas que constituyen el acuífero del Pla de la Bòfica ocasiona la aparición de pequeños manantiales locales en diversas cotas del macizo. Así, encontramos las fuentes del Duc, Estivella y Arderich a la cota 2.200 m.a.s.l.

El cambio de inclinación del eje de las estructuras de plegamiento, en una pequeña extensión de la unidad, modifica el drenaje del acuífero hacia el SW a través de pequeños manantiales (Font de Sant Joan, Font de les Esplugues, Font de la Perdiu, Font de Coll de Jou, Font de Pallerols, Font de les Costes...) que alimentan diversos cursos

de la cuenca alta del río Canalda afluente de la Ribera Salada.

La segunda unidad del macizo de El Port del Comte que se extiende en el sector NW abarca mayor superficie y sus estructuras de plegamiento, también de dirección NE – SW, dos sinclinales enlazados mediante un anticlinal son de mayor longitud. La Serra de Campelles - Serra de El Port del Comte y la Muntanya Alinyà configuran los relieves carbonatados de la unidad, infiltrándose las aguas de lluvia y las de fusión de la nieve a través de las estructuras exocársticas moldeadas en la superficie del área.

La descarga de la unidad se realiza, mayoritariamente, a través de la Font de Cal Sala (cota 1065 m.a.s.l.) con un caudal medio de unos 150 l/s y la Font de Sant Quintí (cota 950 m.a.s.l.) con un caudal medio de unos 400 l/seg La situación geológica de los dos manantiales en el eje del sinclinal de la unidad buzando hacia el SW, como podemos apreciar en la foto de la figura 26, favorece el drenaje mayoritario del acuífero hacia dichos manantiales. Las aguas de la Font de Cal Sala son drenadas por el W de la masía de Cal Sala donde forman una magnífica cascada denominada El Racó para alcanzar la base de la Riera de Cal Sala, encontrándose toda la pared de la cascada revestida por la precipitación de tobas calcáreas debido a los bicarbonatos y al calcio disueltos en sus aguas. Aguas abajo, la Riera de Cal Sala se junta con la Riera de Sant Quintí originando el nacimiento del río Fred que conducirá sus aguas hacia Aigües Juntes donde al juntarse con las aguas del río Canalda dará lugar a la Riera Salada.



Figura 29. Ermita de Sant Quintí construïda íntegramente con tobas calcáreas formadas por la precipitación del carbonato cálcico disuelto en las aguas de la Font de Sant Quintí.

La Font d'Aiguaneix drena una estrecha franja del sector NE del acuífero de esta unidad hacia el río Alinyà – Perles que vierten sus aguas al río Segre.

Finalmente, una reducida parte del acuífero situado en el extremo NE de la unidad es drenado por la Font de l'Arp que vierte sus aguas hacia el río Cardener.

Las aguas de los manantiales que descargan el drenaje regional son, mayoritariamente, bicarbonatadas cálcicas con conductividades comprendidas entre los 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i los 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

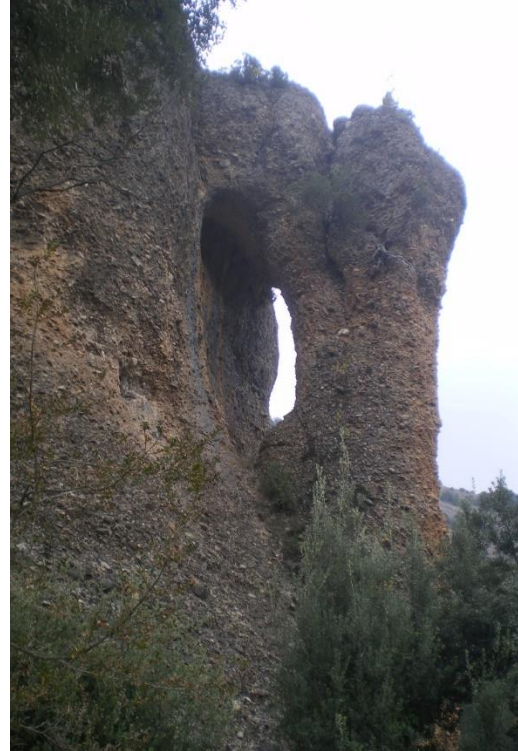


Figura 30. Figura del elefante esculpida en los conglomerados terciarios.

Estudios realizados por GENCAT (1990), Gil, R. y Núñez, I. (2003), Núñez, I. et al. (2004), Balasch et al. (2004) i CHE – OPH (varios años), nos indican que las aguas de Cal Sala y de la Font de Sant Quintí son de la facies bicarbonatada cálcica, presentando mayor conductividad las aguas de Cal Sala. Así mismo, se ha podido observar que la respuesta a las precipitaciones es mucho más rápida en la Font de Cal Sala que en Sant Quintí.

Las variaciones descritas en cuanto a composición de sus aguas y comportamiento hidráulico entre ambas fuentes nos conducen a la hipótesis que las aguas drenadas por ambos manantiales circulan por sistemas cársticos individualizados desarrollados en materiales de diferente litología.

PARADA 5. SALÍ Y TARTERA DE CAMBRILS. ANTICLINAL DE ALINYÀ (O DE ROCA PENA).

ANTICLINAL DE ALINYÀ (O DE ROCA PENA)

Geológicamente, forma parte de los llamados Pirineos Meridionales (aunque muy a menudo todavía se conocen con el nombre de Prepirineo). Se trata de un conjunto de mantos de corrimiento que en Cataluña han ido desplazándose hacia el Sur. Otros se han deslizado sobre unos materiales plásticos constituidos por niveles de yesos (con sales) y de arcillas. Estos niveles plásticos pertenecen al Triásico Superior (el comúnmente conocido como Keuper), unos materiales muy dúctiles constituidos por yesos, sales y arcillas, sedimentados unos 185 – 199 millones de años, aproximadamente.

En esta zona confluye uno de los mantos más representativos, el Manto de Bòixols. Aunque más a Sur, cerca de Cambrils, se ubica también el Manto del Cadí; mientras que hacia el Norte se encuentra solapeado por el Manto del Montsec de Tost. El Manto de Bòixols, a poniente de los sectores alturgelinos, forma la importante Sierra de Boumort, la Sierra de Carreu y el Forat d'Abella, entre otros muchos lugares.

En estos lugares, existe un espectacular anticlinal (una flexión de los estratos hacia arriba por su parte central, sin darle la vuelta, manteniendo su orden). Se trata de lo más espectacular probablemente de Cataluña y de todo Pirineo. Aunque es cierto que en el Geoparque de la Cataluña Central existe un anticlinal verdaderamente excepcional, que es el Anticlinal de Súrria.

En cuanto al anticlinal de Alinya, visible desde lugares bastante alejados de los Pirineos Occidentales, se trata de una gran estructura, donde afloran materiales geológicos (eminentemente carbonatados), que van desde el Cretácico Superior al Eoceno (al Ilerdiano, concretamente), abarcando una cronología cercana a los 100 – 55 millones de años.

Este accidente tectónico, es un elemento muy importante del patrimonio geológico, formando parte del Parque Geológico y Minero “Contraforts del Pirineu”, del que es un importante LIG (Lugar de Interés Geológico).

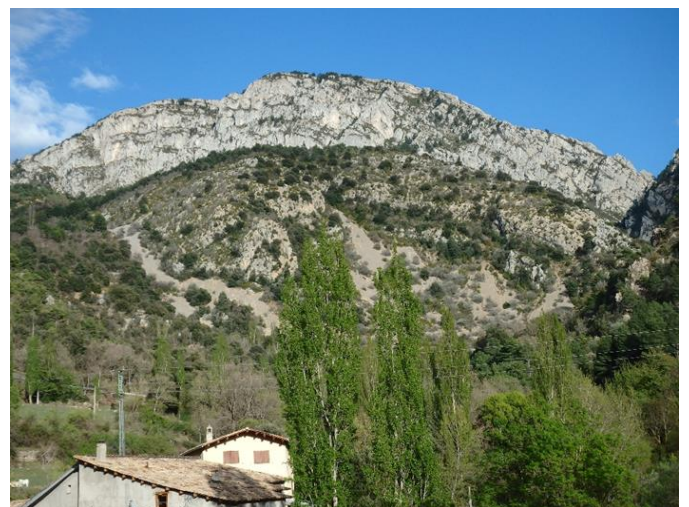


Figura 31. Anticlinal de Alinya (o de Roca – Pena), desde el pueblo de Alinya. Manto de Bòixols “Parc Geològic i Miner Contraforts del Pirineu”

EL SALÍ DE CAMBRILS

Este lugar se encuentra situado muy cercano al pueblo de Cambrils (entidad de población y capital del municipio de Odèn, en el Solsonès), casi junto a su polideportivo y por debajo del conocido derrumbe o Tartera de Cambrils. Este paraje se encuentra plenamente situado en los Pirineos de la comarca del Solsonès.

Geológicamente, este lugar se encuentra plenamente situado dentro de los llamados Pirineos Meridionales (Aunque muy a menudo todavía se conocen con el nombre de Prepirineo, desde hace tiempo, geológicamente forman parte plenamente de los Pirineos). Esta cordillera como es sabido se extiende desde el Cabo de Creus hasta Asturias, incluyendo a la Cordillera Cantábrica, que también forman parte de los Pirineos. Por estos lugares del Solsonès, la estructura pirenaica está constituida por un conjunto de solapes, que se han ido desplazando de Norte hacia el Sur. Estos mantos, han ido resbalando sobre unos materiales plásticos constituidos por conjuntos de yesos y arcillas, que pertenecen al Triásico Superior (concretamente al



Figura 32. Las eras del Salí Vell de Cambrils. Fotografía de 2008. Actualmente están restauradas.

llamado Keuper). Se trata de unos materiales sedimentados hace aproximadamente 225 – 205 millones de años. Sin embargo, estos solapes producidos durante la fase álgida del Pliegue alpino se produjeron hace unos 40 – 50 millones de años.

Aquí, en este lugar del Solsonès, en relación con los materiales salinos recién mencionados, existen unas importantes concentraciones de sal gema (o de sal común), distribuida entre los niveles de yesos. Así, existe una cierta riqueza en Cloruro Sódico, que es la composición de la sal común. Este mineral, llamado HALITA, es bastante soluble, de forma que al circular las aguas superficiales por entre los niveles de yesos y arcillas, disuelven la sal gema y se la llevan. Poco después, al formarse alguna fuente, el agua que sale es salada.

Posteriormente, el ser humano ha distribuido el agua salada sobre unas superficies llamadas eras, se ha evaporado el agua, precipitando la sal común. Pues bien, en Cambrils existen unas importantes salinas, formadas por un conjunto de eras.



Figura 33. Las Eras de Canaletes, después de su restauración.

TARTERA DE CAMBRILS

A la altura del kilómetro 20 de la carretera L-401, justo pasado Cambrils, llama la atención un derrumbe de rocas de cierta importancia. Es el lugar conocido como Tartera de Cambrils. La presencia de este fenómeno representa un cierto riesgo natural que puede afectar tanto a bienes materiales como humanos, ya sea por el desprendimiento de nuevas masas de roca como por removilización de las actuales. Éste es un fenómeno poco estudiado que ya ha dado más de una advertencia, ya sea por caídas de rocas con consecuencias económicas o como factor generador grietas en infraestructuras levantadas en su parte baja.

Desde el punto de vista geológico la zona de las Tarteres forma parte del margen sur del manto del Port del Comte, en el límite entre el antepaís plegado y los primeros relieves del Pirineo. Este manto, formado básicamente por rocas mesozoicas y eocenas, solapa sobre materiales más modernos, como los conglomerados oligocénicos que ya forman parte de la cuenca del Ebro. La presencia de materiales evaporíticos triásicos (Keuper) en el punto de despegue condiciona la estabilidad de los niveles carbonáticos del Cretáceo Superior. Otros factores condicionantes son: fracturación (diaclasado), buzamiento de los estratos, gelifracción. Como factores desencadenantes cabe destacar la presencia de agua, lo que ha dado lugar a un cierto grado de karstificación. Asimismo, el agua se infiltra rápidamente hasta encontrar las arcillas del Keuper favoreciendo su plasticidad y condicionando el comportamiento de los materiales suprayacentes. En la evolución de este

fenómeno, dilatado en el tiempo, no hay que desechar la influencia de la sismicidad que ha afectado la zona en épocas puntuales. Sin embargo, hasta el momento, no se han hallado datos suficientes, ni escritos ni orales, al respecto.

La disposición de bloques de roca caídos de las partes superiores de la Tartera de Cambrils ha dado lugar a una serie de huecos que son aprovechados para guardar “trumfos” (patatas) por sus especiales condiciones de humedad y temperatura. Por otra parte, en los espacios existentes entre estos bloques, se genera una circulación de aire que según la época del año es aprovechada por algún establecimiento de la zona para climatizar el local.



Figura 34. Un aspecto de la parte alta de la Tartera, con las casas de Cambrils al pie. Se puede ver el edificio del Salí y las eras.



Figura 35. Aspecto de los bloques caídos cerca la carretera.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la iniciativa del Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos por la creación y mantenimiento del HIDROGEODIA y por su soporte económico sin el cual se haría difícil su celebración. Igualmente agradecemos al Vicerectorat de Cultura i Extensió Universitaria de la Universitat de Lleida por su ayuda económica, al Departament de Mediambient, Ciències del Sól i Química i a la Biblioteca de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agraria i Veterinaria también de la Universitat de Lleida, por su cobertura organizativa.

REFERENCIAS

- Balash, C., Rajadell, A., Bellmunt, A., Balash, J. (1984). L'aqüífer càrstic de Font Bordonera. Aproximació a un carst prepirenaic de mitja muntanya. Organyà (Alt Urgell). Grallera. Centre Excursionista de Lleida. Num. 1, 32-44.
- Balash, C. et al. (2004). Estudis de camp de Les Fonts de Cal Sala i Sant Quintí. Inèdit. Universitat de Lleida.
- Burbank, D.W. y Vergés, J. (1994). Reconstruction of topography and related depositional systems during active thrusting. *Journal of Geophysical Research*, v.99, p. 20281-20297.
- Cardona-Oliván, F. (1989). Gran cavitats de Catalunya. Espeleoclub de Gràcia. Federació Catalana d'Espeleologia. V. La serralada pirenaica. 484 pp Barcelona.
- Custodio, E., Llamas, M. R. (1983). *Hidrología Subterránea*. Vol. I y II. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 2359 pp.
- FCIHS. (2009). *Hidrogeología*. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea. Barcelona. 768 pp.
- Casas, M., Guinau, M., Travé, A., Saura, E., Garcia, D. (2022). Dinámica, factores condicionantes y posibles causas de la formación de la Tartera de Cambrils (Solsonès, Lleida). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 35 (1): 3-14.
- García Senz, J. (2002). Cuencas extensivas del Cretácico inferior en los Pirineos centrales, formación y subsecuente inversión. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. 310 pp.
- Gencat (1990). Proyecto de prospección e investigación hidrogeológica (Solsonès, Lleida). 117 páginas. Informe interno. Inédito.
- Gil, R.; Núñez, I., (2003). Estudio hidrogeológico de la sierra de Odèn – Port del Comte (Solsonès– Lleida). Trabajo de curso CIHS. Informe interno. Inédito.
- Herms, I., Soler, A., Jorge, J., Daniele, L. y Vadillo, I. (2014). Caracterización hidrogeoquímica de las aguas de recarga y descarga del acuífero kárstico de El Port del Comte (Solsonès i Alt Urgell, Lleida). *II Congreso Ibérico de Aguas Subterráneas*.

ICC- IGC (2006). Mapa Geològic Comarcal de Catalunya. Solsonès – Alt Urgell. Escala 1:50.000.

IGCC (2010). Atlas Geològic de Catalunya. Institut Geològic i Cartogràfic de Catalunya. Generalitat de Catalunya. Barcelona. 463 pp.

Montserrat, A. (2018). Les tarteres de Cambrils, a l'Alt Solsonès. Una aproximació a la seva gènesi i evolució. Muntanya: 54- 61.

Núñez, I; Gil, R.; García M.A; Vázquez, E; (2004). Estudio hidrogeológico de la cabecera de la Ribera Salada, (Lleida). *VIII Simposio de Hidrogeología, (AIH - IGME)*. Páginas 107-120.

Pascual, J.M. (1994). Plec de prescripcions tècniques per a la construcció d'un sondeig experimental per a l'abastament a Coll de Nargó. Junta d'Aigües. Generalitat de Catalunya.

Pascual, J.M. (2005). Informe sobre la contaminació per tetracloroetè del pou d'abastament a la localitat d'Oliana detectada el mes de juliol de 2005 (Alt Urgell). Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya. document intern.

Pascual, J.M., Freixes, A., Màsich, J.M., Balasch, J.C., Monterde, M. Ramoneda, J., Remacha, R. (1996). Los acuíferos

carbonatados en el Pirineo de Lleida (Pirineo occidental de Catalunya). *Jornadas sobre recursos hídricos en regiones kàrsticas*. Vitoria. p. 127-144.



Pascual, J. M., Masich, J. M., Lopez, J. A. (2021). Els camins subterranis de les aigües del Prepirineu central de Lleida, entre la Noguera Ribagorçana i el Segre. *Medi Ambient i Ciències del Sòl. Miscel·lània homenatge a Jaume Porta*, p. 230 – 250. Institut d'Estudis Ilerdencs, Diputació de Lleida, Universitat de Lleida.

San Román, J., Màsich, J.M., Pascual, J.M. (1996). Hidrogeología de las sierras exteriores surpirenaicas: cuenca de Tremp-Graus (Lleida y Huesca). Las aguas subterráneas en las cuencas del Ebro, Jucar e Internas de Catalunya y su papel en la Planificación Hidrológica, Asociación Internacional de Hidrogeólogos. G.E., p. 453-468.

Rosell, J. Llompart, C. (1988). Guia geològica del Montsec i de la Vall d'Àger. Centre Excursionista de Catalunya. Ed. Montblanc-Martín. Barcelona. 168 pp.

Rosell, J. (2014). Gestació i naixement de la Serra del Montsec. Garsineu Edicions. Tremp. 146 pp.

Vergés, J. (1993). Estudi geològic del vessant sud del Pirineu oriental i central. Evolució cinemàtica en 3D. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, 203 pp.

 **DÍA MUNDIAL DEL AGUA** 22 de marzo de 2024 - Día Mundial del Agua
¿Hay agua subterránea cerca de ti?
Concurso del Agua Subterránea, 2024 

Asociación Internacional de Hidrogeólogos - Grupo Español (AIH - GE) ¡PARTICIPA!

HIDROGEODÍA 2024  **III Concurso de Fotografía hidrogeológica AIH- Hidrogeodía 2024** 



 **Universitat de Lleida**
Vicerectorat de Cultura i Extensió Universitària

 **Universitat de Lleida**
Departament de Química, Física i Ciències Ambientals i del Sòl

 **Universitat de Lleida**
Biblioteca i Documentació
Biblioteca del CAFIV

**PARC GEOLÒGIC I MINER
CONTRAFORTS DEL PIRINEU**