

25 de marzo de 2023

Manantiales del acuífero fluviovolcánico del llano de Olot

**Parque Natural de la Zona Volcánica
de La Garrotxa**



Guía de la excursión

Olot, vall fresca i gemada,
de policromat vestit;
cada any apareix ornada
d'albors de fajol florit.
La volten prats delitosos,
l'ombregen arbres frondosos,
la ceneix el Fluvià...
Olot és com una vella
que escolta la cantarella
que fan les fonts en rajar.

Fragmento de la *Balada d'Olot* (1922),
de Josep Maria de Garganta i Vila-Manyà.

Esta guía ha sido elaborada por:

Joan Bach, Unitat de Geodinàmica Externa i d'Hidrogeologia, UAB.
Emili Bassols, responsable de l'Àrea de Patrimoni Natural del Parc Natural
de la Zona Volcànica de La Garrotxa.

Olot, 25 de marzo de 2023.

Organizan:



Colaboran:



Hidrogeodía

El Hidrogeodía es una jornada de divulgación de la hidrogeología y de la profesión del hidrogeólogo, con motivo de la celebración del Día Mundial del Agua (22 de marzo), promocionada por el *Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE)*. La hidrogeología es una 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 humana.

Este año, el Hidrogeodía de las comarcas gerundenses se ha organizado en el Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa para dar a conocer algunos de los manantiales y zonas húmedas procedentes del acuífero fluvivolcánico y las captaciones de abastecimiento de agua de la ciudad de Olot.

Para llegar al punto de inicio, que son las **fuentes de Sant Roc**, hay que dirigirse a la zona suroeste del núcleo de Olot. Desde el centro se puede ir por el paseo de Barcelona, a continuación, por la carretera de Santa Coloma, hasta llegar al cruce con el camino de la Teuleria, que lleva directamente a las fuentes de Sant Roc. Si se llega por la avenida Sant Jordi, hay que ir hasta el extremo sur, enlazar con la carretera de Santa Coloma e ir a encontrar el camino de la Teuleria.

1. Introducción

Hacer visibles las aguas subterráneas no es tarea fácil, ya que están escondidas en el interior de las formaciones rocosas, lo que llamamos acuíferos. Esto hace que necesitemos buscar aquellos lugares donde las aguas salen al exterior, ya sea de forma natural, como sucede en las fuentes, o de forma forzada, en los pozos.

Con esta premisa, la visita que hemos preparado quiere ayudar a visibilizar las aguas subterráneas y también a reconocer su importancia en un territorio donde son prácticamente el único recurso hídrico que se utiliza para todos los usos, también como fuente de vida de su paisaje. Los puntos escogidos, como se verá, representan el pasado y presente del abastecimiento de agua a la ciudad de Olot, desde el siglo XVII, con una población de menos de 3.000 habitantes, hasta la actualidad, con más de 36.000.

Empezaremos descubriendo la excavación y las galerías históricas de las fuentes de Sant Roc, pasaremos por el Parc Nou, para conocer la actualidad del abastecimiento de Olot, y acabaremos en los parajes de La Deu y La Moixina para admirar los muchos manantiales que brotan y los humedales que se extienden. Volveremos a Sant Roc siguiendo el curso del río Fluvià y observaremos otros manantiales de su orilla. El recorrido aproximado del itinerario se muestra en la Figura 1. En total, tiene unos 4,5 km, con un desnivel plano.



Figura 1. Mapa esquemático del recorrido de la visita. Imagen Google Earth.

2. Contexto geográfico-geológico

La ciudad de Olot es la capital de la comarca de La Garrotxa, situada en el noreste de Cataluña. Su término municipal forma parte del Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa, espacio natural protegido desde 1982 (Figura 2), que en total presenta una población de más de 40.000 habitantes y una importante actividad económica, industrial y agropecuaria.

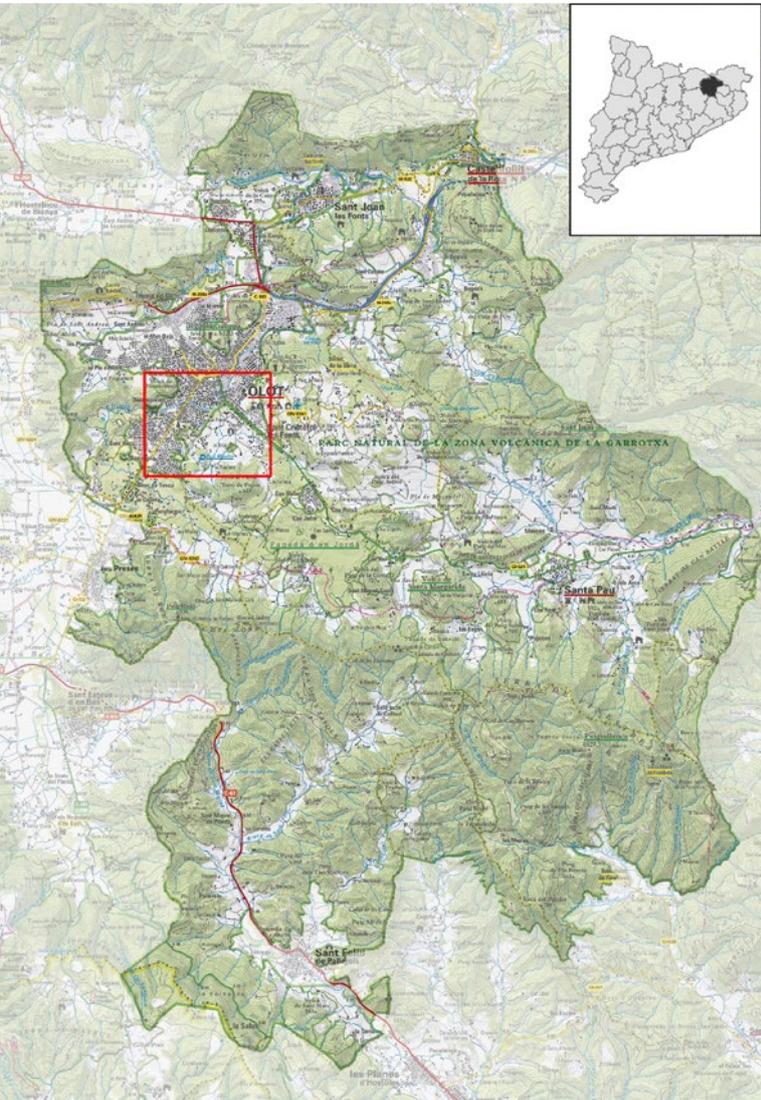


Figura 2. Situación de la zona de la visita con relación al Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa.

La mayor parte del territorio pertenece a la cuenca del río Fluvià, que nace al sur de la comarca, en los relieves del Collsacabra, atraviesa en dirección norte la llanura de En Bas y el llano de Olot y, al llegar a Sant Joan les Fonts, sigue en dirección este hasta su desembocadura en el golfo de Roses. Por el lado este, el río Ser drena el valle de Santa Pau y confluye en el Fluvià a la altura de Serinyà. Por el sureste, el río Brugent drena la vertiente sur de la sierra de Finestres hacia el río Ter.

Desde un punto de vista geológico, la zona del llano de Olot está situada en la unidad morfológica llamada cordillera Transversal Catalana, que queda delimitada, al norte, por los relieves de L'Alta Garrotxa; al sur, por

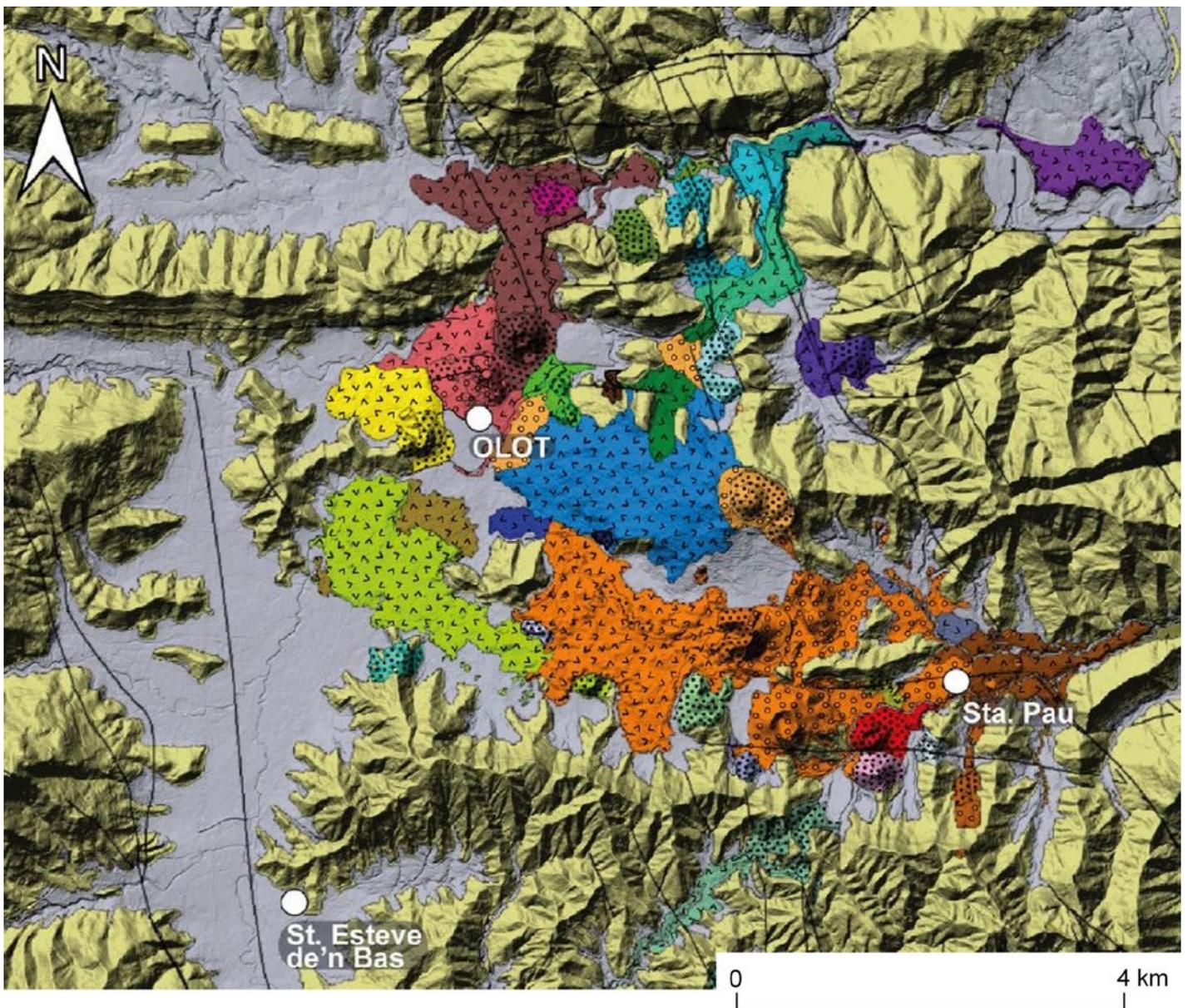
el extremo norte del macizo de Les Guilleries; al oeste, por la depresión del Ebro, y al este, por la depresión ampurdanesa. Desde un punto de vista litológico está integrada por un conjunto de formaciones de origen sedimentario del paleógeno que reposan sobre un zócalo paleozoico.

Desde el inicio del neógeno se produce una respuesta distensiva como reacción a la fase compresiva alpina, que tiene como consecuencia la formación de un sistema de fallas, responsables de la fracturación de la cobertera paleógena y de la formación de un conjunto de bloques escalonados. Las fracturas que delimitan estas plataformas o bloques se agrupan en dos familias principales: las primeras NO-SE y otras de dirección E-O. Morfológicamente, la cordillera Transversal es, por lo tanto, un conjunto de bloques levantados y hundidos que se intercalan entre la depresión del Ebro y la depresión ampurdanesa.

A lo largo del cuaternario, esta zona se ve afectada por una actividad volcánica que se superpone a los materiales paleogénicos e interacciona con los procesos fluviales. Esta interacción es remarcable en los fondos de los valles, donde, dado el carácter episódico de las manifestaciones volcánicas, tiene lugar una superposición entre los materiales volcánicos que se deslizaban por los antiguos valles fluviales y los depósitos aluviales que conforman los aportes detríticos de los ríos (Figura 3).

En el mapa vulcanológico (Bolós et al. 2014) de la Figura 3, se representan en varios colores los distintos episodios de la actividad del Campo Volcánico de La Garrotxa a lo largo del cuaternario. En la leyenda del mapa, la numeración de los episodios da una edad relativa a las erupciones, por lo que el número 1 corresponde a la erupción del volcán Rocanegra (Santa Pau), el episodio más reciente, de aproximadamente hace unos 10.000 años, mientras que el 54, el volcán de La Canya, es relativamente una de las actividades más antiguas que se conocen, en relación con la colada de Sant Joan les Fonts, datada de hace unos 590.000-700.000 años.

El interés de conocer esta dinámica eruptiva de este campo volcánico radica en entender que, entre los diferentes episodios volcánicos, la actividad de las aguas superficiales iba erosionando, por un lado, para abrirse paso cuando las coladas le estaban cerrando y, por otro, iba sedimentando los materiales en el lecho de su curso. Sabemos que en algunos lugares este proceso quedó enterrado por una nueva erupción, por lo que los lechos de los ríos han quedado fosilizados en medio de los materiales volcánicos, lo que llamamos paleocanales. Una prueba de esta dinámica se puede observar muy bien en Sant Joan les Fonts, después del salto de El Molí Fondo, donde se puede ver un paleocanal en medio de dos coladas de lava. Esta relación entre coladas de lava y paleocanales debidos a los sedimentos aportados por los ríos, que podemos ver en directo, nos permite imaginar que el subsuelo del llano de Olot y, en general, de toda la zona donde ha habido actividad volcánica puede tener esa alternancia de materiales de origen volcánico con los de origen fluvial. Con esa idea podremos afrontar la pregunta que nos podemos hacer: ¿dónde hay aguas subterráneas en el llano de Olot?



QUATERNARY POST-VOLCANIC

Undifferentiated Quaternary Sediments

QUATERNARY VOLCANIC ERUPTIONS

- Rocanegra volcano (# 1).
- Croscat volcano (# 2).
- Montolivet volcano (# 3).
- Puig Jordà volcano (# 4) (Bosc de Tosca lava flow)
- Bisaroques and Ca l'Isidret volcanoes (# 5).
- Puig de la Costa volcano (# 7).
- Racó volcano (# 8).
- Simon volcano and Santa Pau lava flow (# 9).
- Traiter volcano (# 10).
- Sant Marc and Puig Roig volcanoes (# 11).
- Estany and Bellaire volcanoes (# 14).
- Cabriolers volcanoes (# 16).
- Puig de Granollers volcano (# 17).
- Puig Subià volcano (# 18).

- Comadega volcano (# 19).
- Moixina lava flow (# 20).
- Fontpobra, Can Tià and Coll Tort volcanoes (# 22).
- Pujalós volcano (# 23).
- Montsacopa volcano (# 24).
- Pla de Llacs Olot lava flow (# 25).
- Puig de les Medes and Puig Rodó volcanoes (# 28).
- Pla de les Tries St. Martí lava flow (# 30).
- Puig de Mar volcano (# 31).
- Garrinada volcano (# 35).
- Bac de les Tries volcano (# 36).
- Pla de Sa Rivera volcano (# 37).
- Riu Ser 2 lava flow (# 38).
- Vall dels Arcs phreatomagmatic deposits (# 39).
- Riu Ser 1 lava flow (# 40).
- Aiguanegra volcano (# 41).

- St. Cosme lava flow (# 42).
- Les Funoses lava flow (# 43).
- Cairat, Repàs and Claperols volcanoes (# 44).
- Castellfolit upper lava flow (# 46).
- Batet lava flows (# 47).
- Can Barraca volcano (# 50).
- Puig de l'Òs volcano (# 51).
- St. Jaume de Llerca lava flow (# 52).
- La Canya volcano (# 54).

VOLCANIC DEPOSITS

- Lava flows.
- Scorias, lapillis and ash fall.
- PDC's deposits.

EOCENE

Sedimentary pre-volcanic rocks.

PALEOZOIC

Metamorphic rocks.

Figura 3. Fragmento del "Volcanic stratigraphy map" de la zona del llano de Olot, modificado de Bolós et al., 2014.

3. El acuífero fluviovolcánico

Los acuíferos son los almacenes de las aguas subterráneas. Se dan cuando las formaciones rocosas son porosas y permeables, o sea, pueden tener agua dentro del espacio poroso y, además, esta agua puede circular, de modo que podemos captarla mediante un pozo. En los materiales recientes, formados en el cuaternario, los principales acuíferos son de tipo aluvial. Están relacionados con la sedimentación fluvial que ha dado lugar a niveles de paleocanales de gravas y arenas que son permeables por estar formadas por partículas. Se trata de porosidad intergranular. Por su parte, en los niveles de rocas volcánicas, como los formados debido a las coladas de lava, la permeabilidad depende del grado de fracturación o alteración de la roca. Se trata de porosidad por fracturación. Así, los niveles de paleocanales son los más interesantes para la captación de aguas subterráneas.

Desde el punto de vista administrativo, la Agencia Catalana del Agua para la gestión de las aguas subterráneas define una serie de masas de agua subterráneas (MAS). La que corresponde a las formaciones cuaternarias de esta zona la designa como Fluviovolcánico de La Garrotxa (MAS-09), en la que se diferencia un acuífero fluviovolcánico libre (2023141) y un acuífero fluviovolcánico confinado (2023142).

Desde un punto de vista de los materiales que forman esta masa de agua, se pueden distinguir, por un lado, unas zonas donde se da directamente la interacción entre la actividad volcánica y la dinámica

fluviotorrencial, mencionada en el contexto geológico (Figura 4). Así, se ha formado un espesor de materiales cuaternarios que pueden superar los 100 m, donde se han ido alternando niveles volcánicos de piroclastos, sobre todo de tamaño lapilli, o coladas de lava, con sedimentos aluviales o lacustres. Este conjunto de materiales forma un acuífero multicapa con numerosas surgencias que dan lugar a humedales y a una red de rieras que confluyen en el río Fluvià, la principal arteria fluvial del Parque Natural.

Por otro lado, en las partes altas del valle del río Fluvià y de las rieras de Bianya y de Riudaura, no hay depósitos de materiales volcánicos, pero su sedimentación fluvial ha sido afectada por la actividad volcánica que invadió sus valles y ocasionó el estancamiento de las aguas en zonas lacustres, que se fueron llenando por la alternancia de depósitos aluviales, lacustres y coluviales en las zonas de margen. Las llanuras de estos ríos y rieras, antes de entrar en la zona volcánica, se pueden considerar acuíferos de tipo aluvial (Figura 4), formadas por materiales detríticos, desde gravas y arenas hasta materiales finos: limos, arcillas y niveles lacustres con materia orgánica. Todo ello forma este acuífero de tipo aluvial, que en la cabecera y en los márgenes del valle corresponde a un acuífero libre y, en la zona central, con espesores de más de 50 m, presenta niveles permeables más profundos que están confinados por niveles de materiales poco permeables. Los niveles más finos pueden actuar como formaciones menos permeables, llamadas acuitardos.

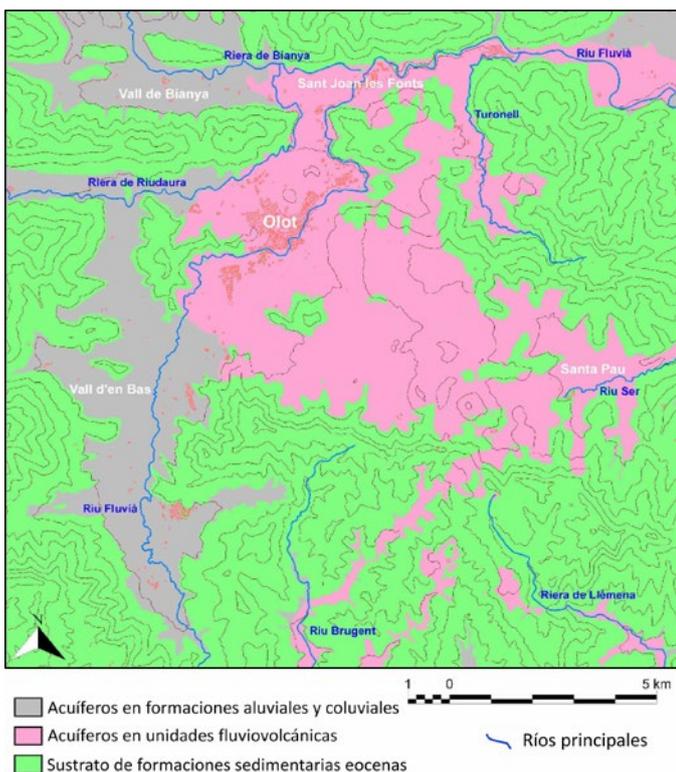


Figura 4. Mapa esquemático de unidades hidrogeológicas (Bach, 2005).

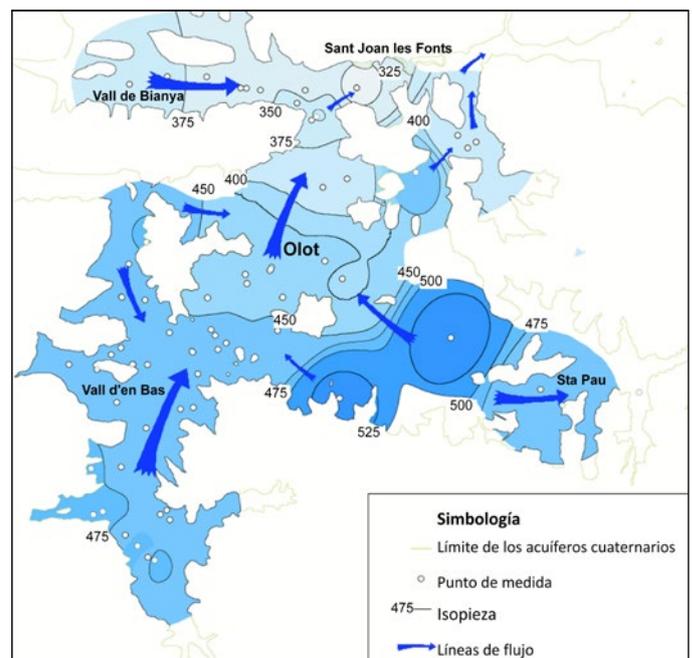


Figura 5. Mapa esquemático de la situación piezométrica de los acuíferos cuaternarios, otoño de 2005 (Bach, 2005).

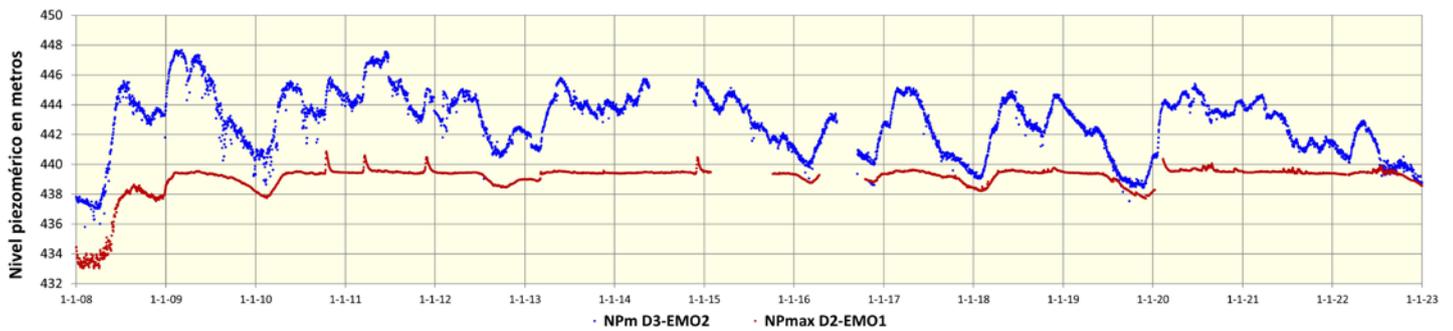


Figura 6. Oscilación piezométrica de los niveles acuíferos del fluviovolcánico del llano de Olot (Bach, 2022).

Hay que tener presente que las aguas subterráneas, dentro de los acuíferos, circulan desde las zonas de mayor carga hidráulica (altura piezométrica) hacia las zonas de menor carga. Para conocer esta carga se mide la altura del agua en los piezómetros o pozos. En los estudios piezométricos realizados, a partir de campañas de campo de medidas del nivel del agua en los pozos, se observan las principales direcciones del flujo subterráneo (Figura 5), que indican que la circulación va descendiendo desde las cotas más altas del valle d'En Bas, zona alta del Crosbat y valle de Bianya, hacia Olot, La Canya, Sant Joan les Fonts y Castellfolit de la Roca.

La medida del nivel piezométrico sirve para conocer el estado de los acuíferos desde el punto de vista de la **cantidad**, o sea, del agua almacenada. Si se realiza un seguimiento continuado en el tiempo se pueden ver las tendencias en la oscilación del nivel del acuífero en relación con la recarga por las precipitaciones y las extracciones por los diferentes usos. En el Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa desde el año 2005 se realiza un seguimiento a partir de sensores que miden en continuo el nivel piezométrico. Un ejemplo de este seguimiento lo podemos ver en la gráfica de la Figura 6, donde se observa el comportamiento estacional del acuífero fluviovolcánico en la zona de Sant Roc; en azul, la oscilación piezométrica del acuífero profundo, y en rojo, la de un nivel más superficial (Bach, 2022).

El otro aspecto a tener en cuenta de las aguas subterráneas es su **calidad**. En los estudios de hidroquímica realizados se ha puesto en evidencia que la composición química, en lo que se refiere a los iones mayoritarios presentes, es bicarbonatada cálcica, tal y como lo refleja la agrupación de los puntos alrededor de los vértices de calcio y bicarbonato, en el diagrama de Piper realizado a partir de 20 muestras de agua de este acuífero (Figura 7).

Ahora bien, si se toman los nitratos como indicador de potabilidad química del agua, en los seguimientos realizados por el Parque Natural, de 1994 hasta 2005, y los realizado por la Agencia Catalana del Agua y el Consorcio SIGMA, de 2005 hasta la actualidad, se ha encontrado un incremento de su concentración en pozos y fuentes con un origen del agua más superficial. En la Figura 8 se puede ver como la concentración de nitratos en algunas de las fuentes del llano de Olot alcanza niveles cercanos al límite de potabilidad.

El incremento de la concentración de nitratos refleja el mayor uso de fertilizantes en las actividades agropecuarias. Se ha visto que su concentración en los niveles acuíferos más superficiales depende de la acumulación en el suelo de los fertilizantes y su posterior movilización cuando se dan episodios de precipitación importantes. Por eso se observa la oscilación de valores en la gráfica de la Figura 8.

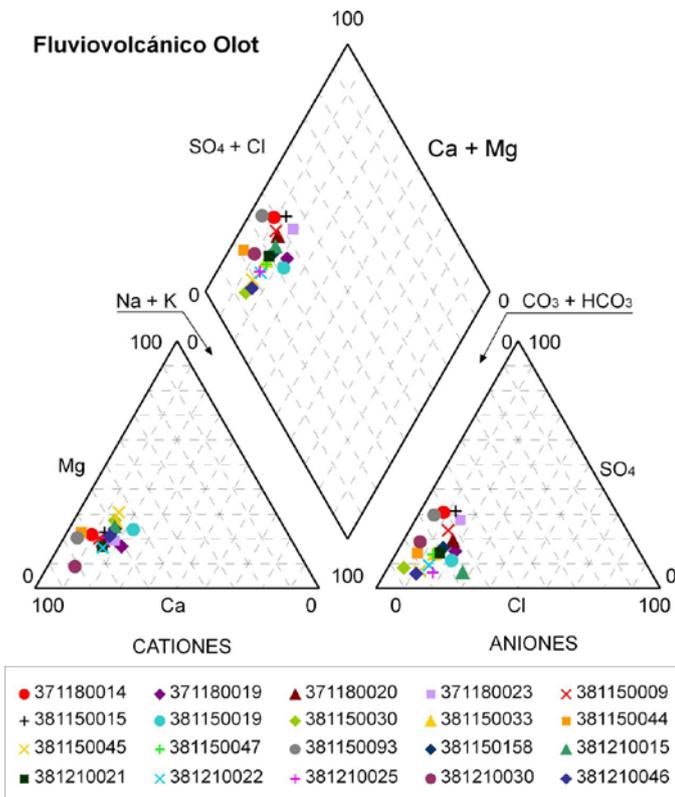


Figura 7. Diagrama Piper de la composición química de las aguas del acuífero fluviovolcánico (Bach, 2005).

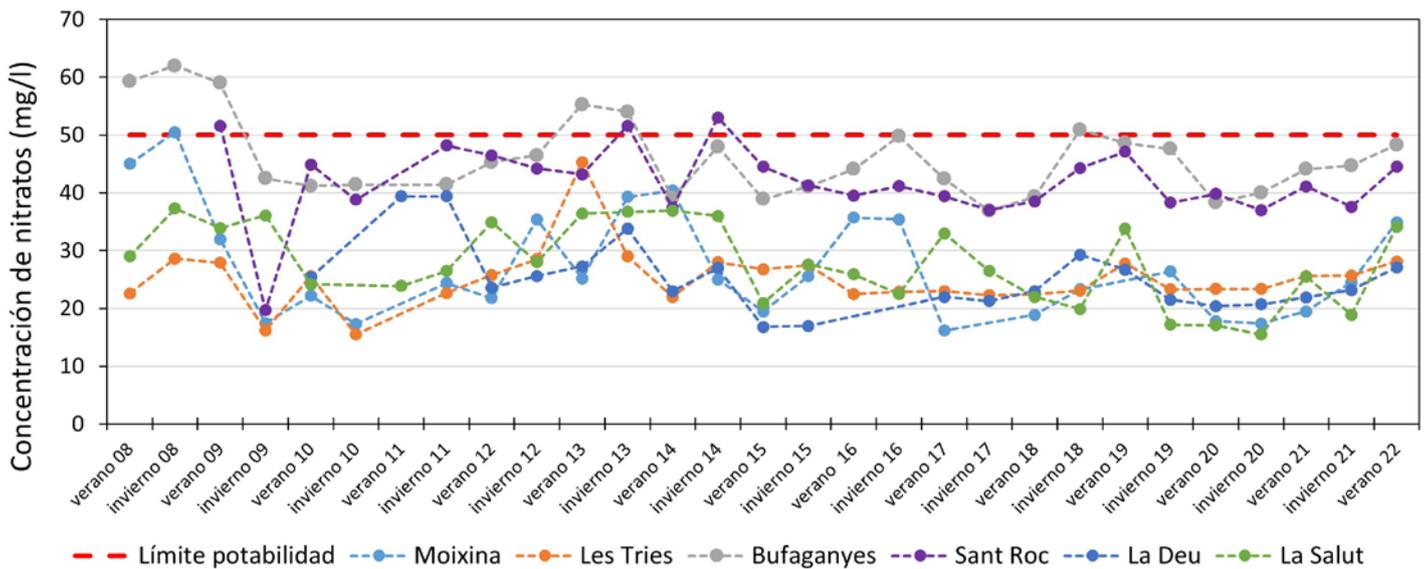


Figura 8. Concentración de nitratos en los principales manantiales del llano de Olot, a partir de los datos del Consorcio SIGMA.

4. Itinerario hidrogeológico

Parada 1: Las fuentes de Sant Roc

Son una de las fuentes más emblemáticas e importantes de la ciudad de Olot desde un punto de vista histórico. La urbanización de todo el paraje, tal y como lo vemos hoy (Figura 9), es obra de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, según Danés (1977), pero las obras de la mina para excavar el manantial tienen una inscripción que pone 1619 (Figura 10), junto con otra que dice 1837. Estas referencias nos transportan a la utilización del agua de esta surgencia para canalizarla hacia Olot. De hecho, todavía hoy se puede ver la galería que internamente conducía el agua hasta la salida cerca del puente de Sant Roc (Figura 11). Parece que las primeras conducciones serían del siglo XVII y hacían llegar el agua al

centro de Olot. Esta utilización continuada en el tiempo hace que se disponga de datos del rendimiento de la surgencia. Danés (1977) hace referencia a un aforo de Cordoní en 1898 que daba un caudal de un 14 l/s, corroborado por otro de 1911 de Bascaló. A principios del siglo XX, mosén Josep Gelabert cita un caudal de unos 21 l/s. Las diferencias pueden deberse a reformas y mejoras realizadas en la mina, debido al aumento de las necesidades de agua potable en Olot. En cualquier caso, se puede acotar el caudal entre 10 y 20 l/s.

Las obras de la mina se sitúan en el margen derecho del río Fluvià, a una cota de unos 440 m, excavada en la colada basáltica del Bosc de Tosca, que actualmente se atribuye al volcán de El Puig Jordà. Esta colada inicialmente cerró el paso al río Fluvià, que posteriormente se abrió un nuevo camino, erosionan-



Figura 9. Foto de la fuente de Sant Roc.



Figura 10. Mina de los manantiales de Sant Roc.

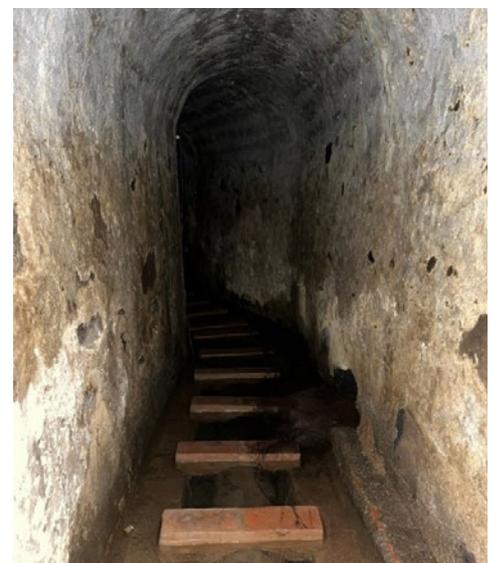


Figura 11. Galería de conducción del agua en los manantiales de Sant Roc.

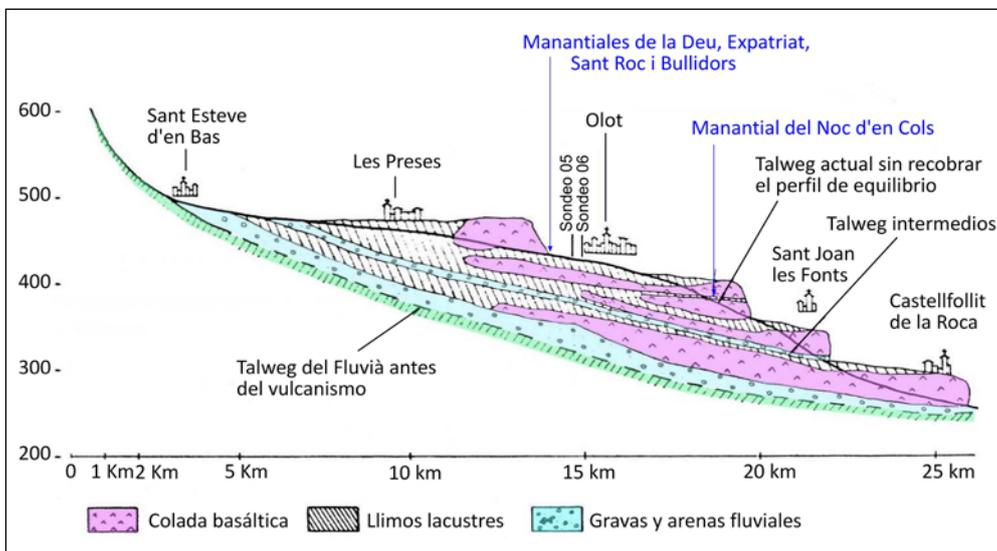


Figura 12. Esquema del relleno cuaternario del subsuelo de Olot, modificado de Fayas y Domenech (1974).

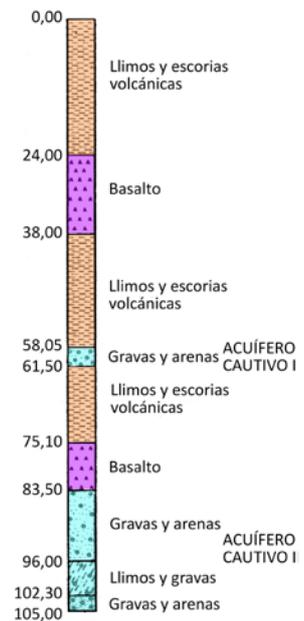


Figura 13. Columna litológica del pozo experimental para el abastecimiento de agua a Olot, modificado de Fayas y Domenech (1974).

do el límite entre los materiales volcánicos y el sustrato sedimentario del eoceno.

La erosión del río Fluvià deja al descubierto el espesor de la colada, que en su base puede tener un paleosuelo o niveles de gravas y arenas de paleocanales atravesados en algunos pozos, por los que preferentemente circula el agua.

Esta surgencia hace de aliviadero del nivel acuífero situado bajo esta colada del Bosc de Tosca, de modo que en el seguimiento piezométrico de este nivel, en esta zona de Sant Roc, se observa una respuesta plana del nivel piezométrico a unos 439 m (Figura 6). Este nivel de estabilización se da cuando el nivel de recarga es alto, mientras que en los momentos de falta de recarga, la presión del acuífero baja y se observa el descenso del nivel, que seguramente también supone un descenso del caudal en la surgencia.

Al tratarse de la surgencia de un nivel acuífero relativamente superficial, la calidad del agua se ve afectada más fácilmente por las actividades antrópicas que se desarrollan en el territorio, tal y como pone de manifiesto la concentración de nitratos que se sitúa en el alrededor del 40 mg/l, con algunos picos que alcanzan los 50 mg/l (Figura 8).

Parada 2: Pozos de abastecimiento de Olot

El abastecimiento de agua a la ciudad de Olot empieza con las conducciones hechas en las fuentes de Sant Roc ya en el siglo XVII, tal y como se ha expuesto en el apartado anterior. A medida que la población fue aumentando, se fueron añadiendo otros puntos, como el manantial de Els Bullidors, que aportaba unos 4 l/s más; la construcción del pozo Malagrida, inaugurado en 1931, con un rendimiento medio de unos 25 l/s, y también, la surgencia de La Deu Gros-

sa, que se canalizó hacia el centro de Olot en 1946, con una aportación de unos 28 l/s (Danés, 1977).

De todas formas, la recuperación económica y la llegada de inmigración en la segunda mitad del siglo XX comportaron un notable aumento de la población, que incrementa la necesidad de recursos hídricos. Por eso, a pesar de las aportaciones que se habían ido incorporando, a principios de los años 70 se inicia la búsqueda de aguas subterráneas a partir de un estudio del Servicio Geológico de Obras Públicas. Se realizaron un total de seis sondeos de reconocimiento, con profundidades entre los 26 y los 115 m, en las zonas del Parc Nou y de las surgencias de La Deu y La Moixina, que permitieron tener una primera visión objetiva de la constitución del subsuelo de Olot, reflejada en el esquema (Figura 12) realizado por Fayas y Domenech (1974), donde se representa la alternancia de los episodios volcánicos y fluviales observada en los sondeos.

A partir de este estudio, en 1972 se construyó un pozo experimental de 105 m de profundidad para el abastecimiento de agua potable a Olot. En la Figura 13 se presenta la columna de los materiales atravesados, en la que destacan los niveles de gravas y arenas (paleocanales), el primero entre 58 y 61,5 m de profundidad y el otro por debajo de los 83,5 m hasta el final del pozo, que tiene un tramo más limoso entre 96 y 102,3 m. Estos niveles de paleocanales son los que tienen mayor permeabilidad y constituyen los acuíferos que, al encontrarse en profundidad bajo materiales poco permeables, están confinados y son acuíferos que llamamos cautivos, que inicialmente dieron lugar a pozos surgentes. El nivel más profundo de paleocanal es el que se aprovecha para la extracción del agua.

Hoy en día, la captación de agua para la ciudad de Olot consta de cuatro pozos, situados en esta zona

del Parc Nou, dos situados dentro del Parque, construidos en los años 70, de 105 m de profundidad, y dos más fuera de la valla de acceso al Parque, de finales de los años 80, de 107 m. Los caudales de extracción oscilan entre los 200 y los 240 m³/h, con un volumen de entre 8.700 a 9.000 m³/día. Esto representa algo más de 3 hm³/año.

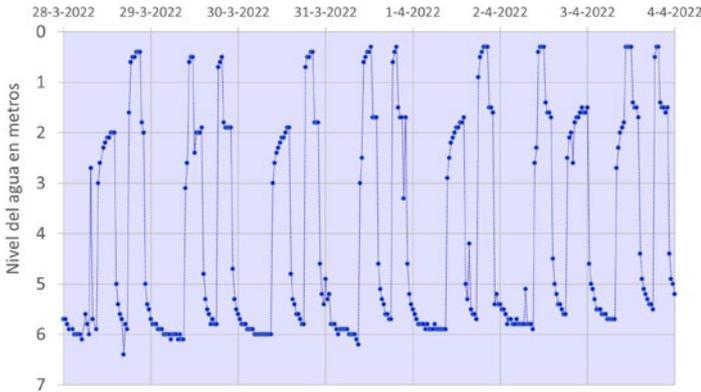


Figura 14. Oscilación del nivel del agua en el sensor del pozo 1 (Parc Nou), según la dinámica de extracción para satisfacer la demanda de agua, a partir de datos facilitados por AGBAR.

Estos importantes caudales de extracción provocan un cono de depresión en su entorno muy considerable. El sensor instalado en el pozo 1 refleja un descenso del nivel del agua de casi 6 m, en los momentos de extracción de agua (Figura 14), con un régimen de explotación de más de 16 horas, en dos períodos diferentes, aproximadamente de 14 a 18 h y de 22 a 10 h del día siguiente. A una distancia de unos 650 m, en un pozo de control, se observa una oscilación del nivel piezométrico, con el patrón de la extracción, de más de 2 m.

Las analíticas recientes realizadas para el control de la calidad de las aguas de consumo, consultables en la web del Consorcio SIGMA, y los datos históricos de la red de calidad del Parque Natural muestran una constancia y regularidad en los resultados de los principales iones; por ejemplo, los nitratos son inferiores a 20 mg/l y la conductividad eléctrica (a 20°C), que nos indica el total de sales en disolución, oscila entre 550 y 590 µS/cm. Estos resultados indican que el agua de estos niveles acuíferos más profundos mantiene, por el momento, una composición química de origen natural sin contaminación antrópica importante.

Parada 3: Manantiales y humedales de los parajes de La Deu y La Moixina

El ambiente de humedal en torno a las surgencias les da un alto valor natural, con importancia biogeográfica y paisajística. También tienen un interés turístico para los amantes de la naturaleza, la fotografía y la pintura. Recientemente, el Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Cataluña 2022-2027 ha considerado esta zona húmeda como una Reserva Natural Subterránea de la Masa Subterránea 09-Fluvióvolcá-

nico de La Garrotxa, con la denominación de *Basses d'en Broc i Aiguamolls de la Deu Vella (Massa Superficial H1040050)*.

Estos manantiales están situados en una zona deprimida que recibe el nombre de llanura de Els Llacs, a una cota entre 442 y 430 m, limitada al norte y al oeste por los relieves de la colada del Bosc de Tosca –que en el barrio de Bonavista alcanzan una cota de unos 476 m–; al este, por la colina de Pujou, de materiales sedimentarios del eoceno, y por el norte, queda abierta al curso del río Fluvià.

Desde un punto de vista geológico, la situación de los manantiales es compleja, por la heterogeneidad de los materiales que confluyen en ella. Están situados sobre la colada basáltica del llano de Olot, llamada colada de La Moixina (Bolós, et al., 2014), que posteriormente fue recubierta por la colada del Bosc de Tosca (Figura 3). En medio de las coladas, se han atravesado en algunos sondeos espesores de más de 20 m de limos, con algunos niveles de gravas y arenas. El flujo del agua de los niveles más permeables, de acuerdo con la cartografía hidrogeológica

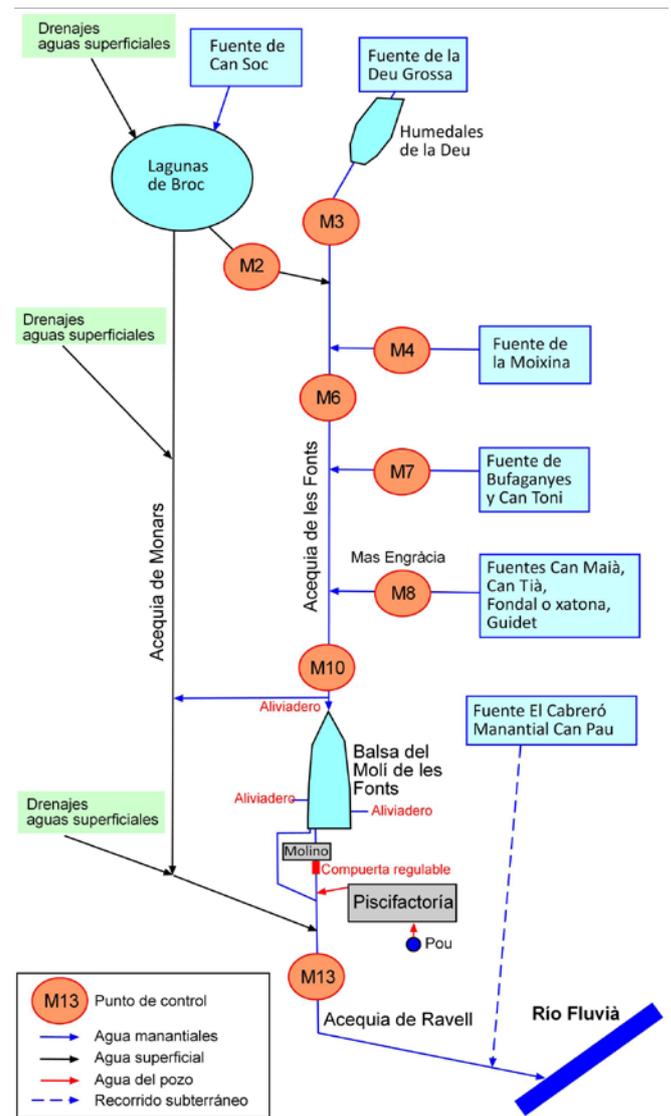


Figura 15. Esquema de la canalización del agua de los manantiales y de los puntos de control del caudal establecidos.

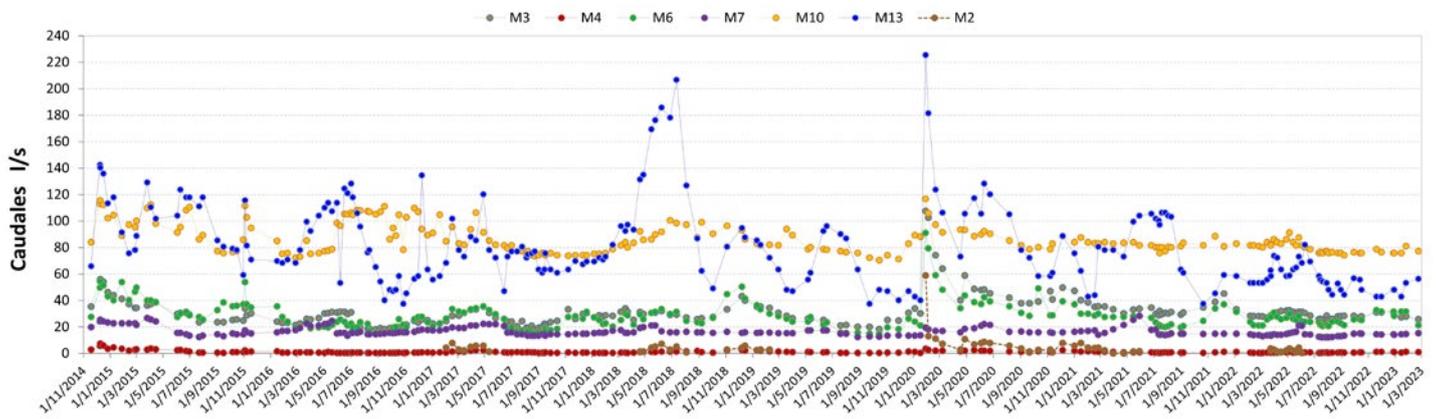


Figura 16. Evolución de los caudales en los manantiales y acequias de la zona de La Moixina desde el inicio, en noviembre de 2014, hasta finales de 2022. Las siglas corresponden a las siguientes estaciones de aforo: M3-Rec de la Deu Grossa, M4-Fuente de La Moixina, M6-Fuentes de La Moixina + La Deu + Cal Soc y Lagunas d'en Broc, M7-Fuentes de La Bufaganya + Can Toni, M8-Fuentes La Guidet + Fondal o Xatona y de Can Maià, M10-Suma de M8+M6+M7 (antes de la balsa del molino de Les Fonts), M13-Acequia Ravell. Para su ubicación, ver Figura 15.

(Figura 5) va del sur hacia el norte, por lo que, por un lado, estos niveles quedan por debajo, o en la parte inferior de la colada del Bosc de Tosca, y por otro, el espesor considerable de sedimentos finos impide su circulación y favorece su surgencia a favor de planos de fracturación, que se ponen en evidencia en la orientación de los manantiales en una dirección N-S.

En total, se conocen más de una docena de puntos de surgencia. Los manantiales más conocidos son: La Deu Grossa, La Moixina, Bufaganyes, Can Soc, Can Toni, Can Rabeig, Can Tia, Can Maia, El Fondal o Xatona, La Guidet, El Cabreró y Can Pau. A finales del siglo XIX se llevaron a cabo las obras de drenaje de los terrenos pantanosos y se canalizó el agua de las surgencias hacia la acequia de Les Fonts, que las va recogiendo y, después de la balsa de El Molí de les Fonts, las vierte a la acequia de Ravell, que las lleva al río Fluvià (Figura 15). En 1990 se hizo una restauración de los humedales de La Deu Vella y en 1991 se remodelaron las lagunas de Broc, que actualmente forman parte del Catálogo de espacios de interés preferente del Parque Natural y del Inventario de zonas húmedas de Cataluña. Su régimen de inundación, con aguas procedentes de la fuente de Can Soc y de la escorrentía superficial de la colina de Pujou, posibilita la presencia de varias comunidades vegetales y animales asociadas a los humedales.

El interés del Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa de cuantificar los caudales de los manantiales se inició en 1995, con el trabajo de Baserba (1996), gracias al cual se instalaron unas estaciones de aforo en las acequias que recogen el agua de las surgencias. Posteriormente, dentro del programa general de estudio de la hidrogeología del Parque Natural, en 2014 se reanudó la medida de los caudales en una serie de estaciones que están representadas en la Figura 15. En estas estaciones se ha regularizado la sección de paso y se ha instalado una regla limnimétrica para registrar la altura del agua. Paralelamente, se realizan medidas de la velocidad del agua para poder calcular el caudal mediante una curva de gasto.

El seguimiento, desde el año 2014 hasta la actualidad, de los caudales de las estaciones de aforo

puede observarse en la Figura 16. Este control permite conocer las oscilaciones en las aportaciones de las surgencias de esta zona y su relación con los períodos de recarga (Bach, 2022). El manantial más caudaloso es La Deu Grossa, con una media en el período de seguimiento de 31 l/s.

Cabe destacar que la calidad de las aguas no es exactamente igual en todas las surgencias. Si se toman como indicador los nitratos, en la gráfica de la Figura 8 se pueden observar las concentraciones de tres de los principales manantiales: La Deu Grossa, Bufaganyes y La Moixina. Las diferencias de valores entre ellas son significativas e indican distintos circuitos o líneas de flujo. Unas pueden ser más superficiales, como la de Bufaganyes, que presenta contenidos más altos, y otras, de circuitos más profundos, que mantienen concentraciones más bajas, como la fuente de La Deu Grossa. Esta casuística confirma la heterogeneidad geológica de los puntos de surgencia.

Referencias citadas en el texto:

- Bach, J. (2005). *Tasques de control mediambiental de l'aqüífer del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, any 2005*. PNZVG informe interno, 146 pág. + vol. anexos y mapas.
- Bach, J. (2022). *Seguiment de l'oscil·lació piezomètrica. Aqüífers quaternaris PNZVG. Any 2022*. DAAC. PNZVG informe interno, 70 págs.
- Bach, J. (2022). *Treballs d'assessorament i seguiment del sistema hidrogeològic del PNZVG. Any 2022*. DAAC. PNZVG informe interno, 32 págs.
- Baserba, C. (1996). *Estudi Hidrològic i Limnològic de l'àmbit del Pla Especial La Moixina – Pla de Llacs*. Propostes de Gestió. PNZVG, 156 págs.
- Bolós, X.; Planagumà, Ll.; Martí, J. (2014). *Volcanic stratigraphy of the Quaternary La Garrotxa Volcanic Field (north-east Iberian Peninsula)*. Journal of Quaternary Science, 29 (6) 547-560.
- Danés i Torras, J. (1977) «*Història d'Olot. Notes geogràfiques*». Aubert-Impresor.
- Fayas, J.A; Doménech J. (1974). *Morfología volcánica de Olot y su interés hidrogeológico*. Revista Agua, julio-agosto, 1974. núm. 85.

22 de març
Dia Mundial de l'Aigua
#DiaMundialAigua



#DocAmbCat



Para completar la visita del Hidrogeodía en Olot:

Trabajos sobre Hidrogeología de la Garrotxa,
sobre la Zona Volcánica de la Garrotxa,
consultables en digital y/o en papel
al Centro de Documentación del #PNGarrotxa
o en los Puntos de documentación:

https://bit.ly/BibDigital_Hidro_PNGarrotxa (digital)

https://bit.ly/BEG_HidrogeologiaGarrotxa

Otros sobre salud pública y biodiversidad:

<https://www.consorcisigma.org/documents-sigma-garrotxa/>

<http://biodiversitatmoixinaparcnou.consorcisigma.org/>

<https://bit.ly/2022BfiaMoixinaParcNou>

https://bit.ly/Links_BiodiversitatGarrotxa

Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa:

<https://parcsnaturals.gencat.cat/garrotxa>



**CENTRE de
DOCUMENTACIÓ**
DEL PARC NATURAL DE
LA ZONA VOLCÀNICA
DE LA GARROTXA

Centro de Documentación del #PNGarrotxa

Visitas concertadas al 972 26 46 66 o al e-mail:

wgrabolo@gencat.cat (Montserrat Grabolosa @montsevolcanica)