



CARACTERÍSTICAS MINERALES DE LAS AGUAS DEL MONTSENY. AGUAS DE BAJA MINERALIZACIÓN LIGERAMENTE BICARBONATADAS Y CÁLCICAS.

Oscar Farrerons Vidal^{1*}, **Noelia Olmedo Torre**²

¹ Escola d'Enginyeria de Barcelona Est. Universitat Politècnica de Catalunya.

² Escola d'Enginyeria de Barcelona Est. Universitat Politècnica de Catalunya.

* calle Eduard Maristany 10-14, 08019 Barcelona. oscar.farrerons@upc.edu Telf. 934137377

Resumen:

Las aguas del parque natural del Montseny, reserva de la biosfera situada en la sierra prelitoral de Cataluña, se dirigen al Mediterráneo a partir de tres cuencas que surcan el macizo: el río Congost, la Tordera y la Riera Major. Las tres reciben las aguas de un grupo de rieras y torrentes originados en unas fuentes que manan a lo largo de todo el año. Por las características geológicas del macizo las aguas de las fuentes del Montseny norte son de débil mineralización.

Se presenta un estudio de campo que recoge muestras de las 100 principales fuentes del norte del Montseny a través de análisis mineralógicos (PH, conductividad, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, dureza del agua, calcio, magnesio, sodio, potasio).

Los métodos analíticos usados han sido potenciometría para determinar PH; conductimetría para la conductividad; volumetría acido-base para bicarbonato; volumetría Möhr para cloruro; turbidimetría para sulfato, espectrofotometría UV para nitrato; complejometría para dureza, calcio y magnesio; y fotometría de llama para determinación de sodio y potasio.

El análisis comparativo junto con la georreferencia de las fuentes y su respectiva altura (variable entre 550 m. y 1600 m.) muestra que la mineralización de las aguas de las fuentes disminuye a medida que aumenta la altura como consecuencia de la menor temperatura media que afecta las reacciones de mineralización del granito.

Se destaca la baja mineralización en general, y que las aguas son ligeramente bicarbonatadas y cálcicas, con concentraciones medias típicas alrededor de los 90mg/l de bicarbonato y 20 mg/l de calcio.

Palabras Clave:

Mineralización de las aguas, aguas bicarbonatadas, aguas cálcicas, Montseny.



1. Introducción

Las aguas del parque natural del Montseny, reserva de la biosfera situada en la sierra prelitoral de Cataluña, se dirigen al Mediterráneo a partir de tres cuencas fluviales principales que surcan el macizo: el río Congost, la Tordera y la Riera Major. Las tres reciben las aguas de rieras y torrentes tributarios que se llenan a partir de las aproximadamente 700 fuentes que se cree que hay en el Montseny (Boada, 2003). En el lado septentrional, en el municipio de Viladrau y cercanías, hay identificadas más de dos centenares de fuentes, entre urbanas, silvestres y antiguas fuentes actualmente perdidas. Esta gran cantidad de fuentes es debido por un lado a la elevada pluviometría local (casi 1000 l/m² por año) pero también a las características geológicas del terreno, estructurado en dos partes bien diferenciadas: el zócalo formado por rocas ígneas y metamórficas; y la capa de cobertura, constituida por rocas sedimentarias.

Desde el siglo XIX Viladrau ha sido un lugar recomendado por su aire puro y por sus aguas. Médicos de reconocido prestigio como el doctor Carulla aconsejaban a sus pacientes visitar el pueblo para pasear y beber sus aguas, pero el erudito que llevó a cabo una tarea más estudiosa del lugar fue el doctor Ariet (1913), que con su obra "Topografía Médica de Viladrau" analizó entre otros parámetros muchas fuentes de esta zona norte del Montseny. Años más tarde Pagespetit (2013) en ámbitos referentes a cultura popular y leyendas, Tolosa (2005) en estudios de toponimia históricos, y Gallart, Jiménez, Montijano, Olivé y Ros (2003) desde la diagnosis ambiental historicocultural han perseverado en la labor de investigación de este gran patrimonio natural que son las fuentes de Viladrau.

2. Objetivo

Aun sabiendo que las aguas del Montseny son de baja mineralización por las características del terreno tal y como se ha publicado ya (Farrerons, 2015), este estudio pretende analizar mineralógicamente 100 fuentes del Montseny en un ámbito norte de unos 60 km² que cubren todo el municipio de Viladrau y sus límites (los pueblos de Seva, el Brull, Montseny, Arbúcies). Se pretende detectar la relación entre las composiciones minerales de las aguas y otros parámetros tales como como la vertiente donde está ubicada la fuente, su altitud, el tipo de vegetación, los usos del suelo... como ya se ha podido comprobar en otros ámbitos del Montseny (Carmona, Viladevall y Font, 2002).

Se aspira a establecer si puede haber conexiones entre las características minerales de las aguas de las diferentes fuentes, y las leyendas, historias y características que la sabiduría popular otorga a cada una de las fuentes.

La selección de las fuentes analizadas ha sido en función de cubrir la mayor parte del terreno de estudio, así como las más variadas situaciones posibles. En algunos casos ha sido relativamente sencillo, pero en muchos otros los manantiales de agua están muy alejados de caminos, de difícil situación, y desgraciadamente en mal estado algunos de los nacimientos. Se han seleccionado tanto muestras de agua de fuentes situadas en ámbito urbano como en rústico. Se puede visualizar la situación aproximada de las fuentes en los planos del anejo 2 (fuentes rústicas) y anejo 3 (fuentes urbanas).

En la tabla correspondiente al anejo 1 se puede ver el listado de las 100 fuentes escogidas como objeto de estudio, junto con la fecha de la toma de la muestra de agua, las coordenadas y la altitud de cada surtidor, junto con los resultados mineralógicos obtenidos. Se puede observar que cada una de las fuentes tiene un número asignado no correlativo, entre el 1 y el 206; esta numeración corresponde a la



actual clasificación de las fuentes de la página web (Farrerons, 2012) que recoge todas las fuentes de Viladrau y cercanías, donde se pueden consultar datos complementarios de los manantiales.

Este trabajo pretende confirmar las relaciones hipotéticas que se establecen entre altitud y la mayoría de los parámetros minerales, comprobando si a más altitud las aguas que brotan de estas fuentes poseen menos cloruros, conductividad, fluoruros, nitratos, pH, sodio... Y otras relaciones posibles cómo que a más dureza más conductividad del agua.

3. Metodología

Para tomar las muestras de agua de las fuentes se han empleado botellines de 50 cl. de agua mineral usados, nunca de bebidas isotónicas, ni energéticas ni de refrescos. Aunque los botellines no eran estériles, se han limpiado bien y enjuagado con el agua de la propia fuente antes de la toma de la muestra para evitar que los pocos residuos que pudieran permanecer contaminaran las muestras ni alteraran los resultados. Las muestras se han transportado en el plazo máximo de una semana al laboratorio homologado, el cual que ha llevado a término los análisis también en como a máximo una semana, de manera que se ha evitado las reacciones propias del agua estancada. Dado que este estudio es referente tan solo a las características minerales esta metodología asegura unos resultados correctos de las muestras.



Figura 1. Toma de muestra de agua de la fuente Avet Blau (foto O. Farrerons).

4. Diseño

Las fuentes analizadas se encuentran entre una altitud mínima de 581m. (fuente de Fàbregues) y una máxima de 1.601m. (fuente dels Cims), consideración que ha incidido primeramente en los tipos de análisis a llevar a término. Por las características geológicas del terreno del Montseny, se creyó en un primer momento que con el valor de conductividad, los bicarbonatos, el calcio y el magnesio, ya se podría tener una visión muy clara de la mineralización del agua. Aun así, dados los valores de conductividad y bicarbonato que se obtuvieron en las primeras muestras analizadas, se optó por investigar también los valores de sulfatos y cloruros que podían ser representativos en determinados casos. También se han analizado los silicatos para detectar si en algunos casos pudieran tener un valor un poco más alto, debido a la composición de la roca granítica del paisaje, puesto que tal y como han afirmado Vives y Cid (2016) en Viladrau predominan los granitos bióticos y se desarrolla una red filoniana de dirección NE-SO preferente. Así mismo se ha creído interesante analizar pH, dureza del agua, sodio, potasio y fluoruros como elementos complementarios a los anteriores y para intercomparaciones.



5. Resultados

5.1. pH

La metodología de análisis empleada per determinar el pH ha sido la potenciometría. La unidad de medida es pH. El valor paramétrico del pH según RD 140/2003 de las aguas de consumo se encuentra entre 6,5 y 8,5; mientras que el valor medio de las 100 fuentes analizadas es de 7,06.

Sólo la fuente de la plaza del Dr. Carulla supera el valor superior del RD 140/2003, con una cuantía de pH 9,5. Obviando ésta, las aguas con valores más altos de pH son: Sot de Can Rosell (8,07), Mas d'Osor (8,06), Can Bosc (8,01), Noguera (7,98), Fàbregues (7,95), como se puede ver valores muy próximos a pH 8. Se observa una correlación lineal entre las fuentes de más PH con las que tienen unos valores más grandes de conductividad, tal y como se aprecia en la figura 2 de las 10 fuentes con valores más altos de pH.

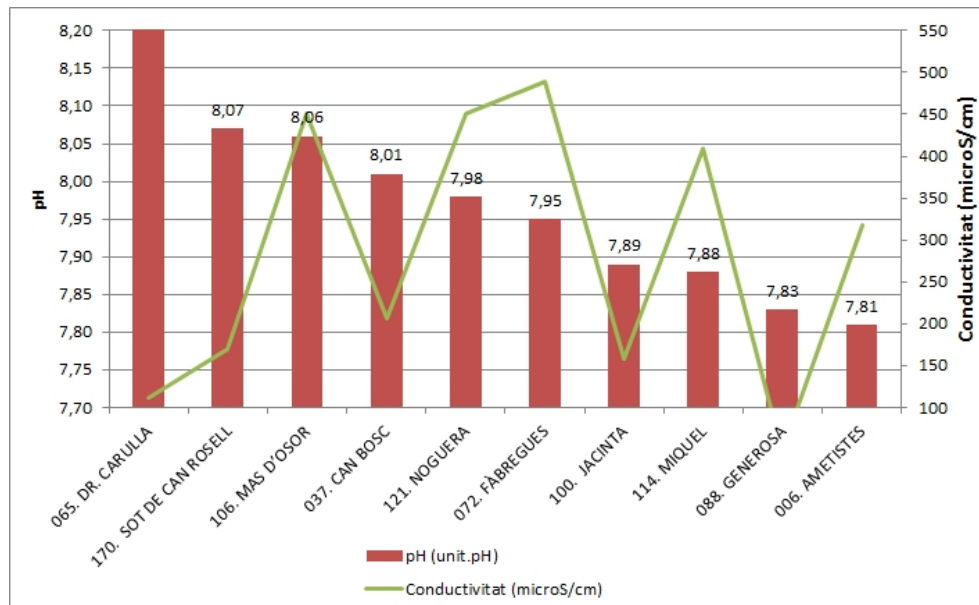


Figura 2. Fuentes con pH superior a 7,8 y relación con su conductividad.

Hay fuentes con valor per debajo del mínimo del RD 140/2003, y suelen estar a gran altitud; los manantiales de agua de valor pH más bajo son: Pomereta (5,70), Clareta (5,78), Cims (5,98), Freda (5,90), Ferro (6,03), Sevallar (6,20).

Hay una relación lineal entre pH y altitud: a medida que disminuye la altitud aumenta el pH (y lógicamente a la inversa), tal como se ve en la figura 3 para el conjunto de las 100 fuentes.

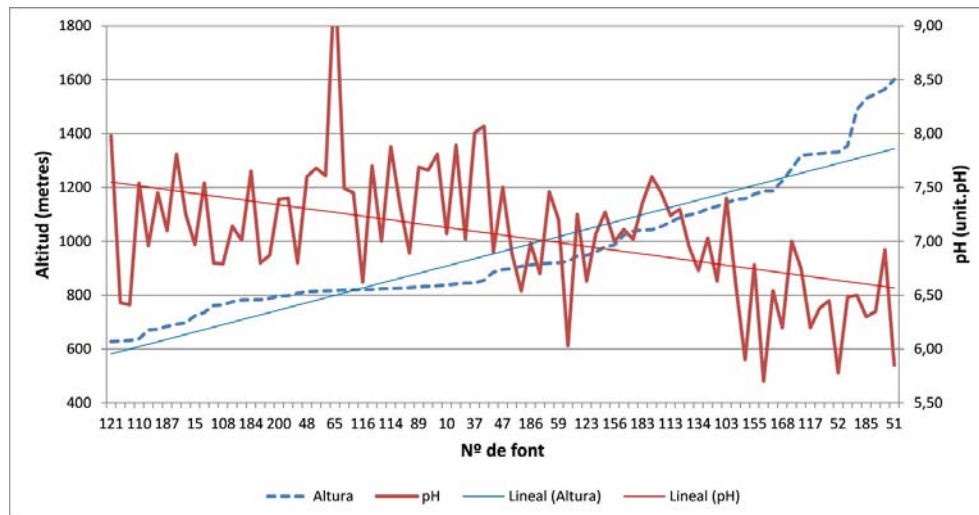


Figura 3. Relación y tendencias entre el pH y la altitud de la fuente. (n=85)

5.2. Conductividad

La unidad de medida de la conductividad son microS/cm. El valor paramétrico según RD 140/2003 de las aguas de consumo es de 2500 microS/cm. El valor medio de las 100 fuentes analizadas es de 185 microS/cm, utilizando la conductimetría como metodología de análisis.

Las fuentes que tienen un valor más alto en conductividad están cercanas al curso bajo de la Riera Major de Viladrau, todas muy agrupadas en el mismo ámbito entre Masvidal i el puente de Fàbregues. Estas fuentes son: Masvidal (719), Puiglagulla (685), Vilar (605), Rossinyol (552), Nova (504), Fàbregues (489), la Noguera (451), y Mas d'Osor (450).

Por contra, los manantiales de agua que tienen los valores inferiores entre todos los análisis están a mucha altitud, y presentan valores absolutos muy bajos: Bisbes (26), Cims (28), Freda (29), En Vila (29), Rosa (31), Blada (32), Mossèn Cinto (35), Mosquits (39), Pomereta (43).

La alta conductividad de las fuentes está ligada a la gran cantidad de bicarbonatos y calcio, tal y como se puede apreciar en las dos siguientes figuras, en que se relaciona las fuentes con más cantidad de bicarbonatos con su respectiva conductividad (figura 4) y las fuentes con más calcio con su conductividad (figura 5).

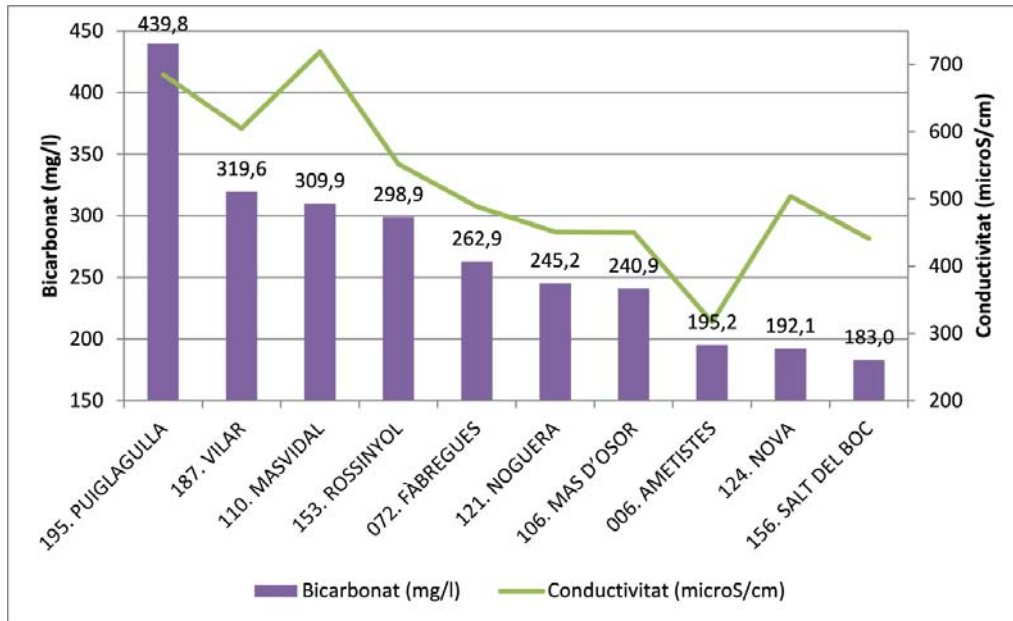


Figura 4. Relación entre la concentración de bicarbonatos y la conductividad en las fuentes con más bicarbonatos.

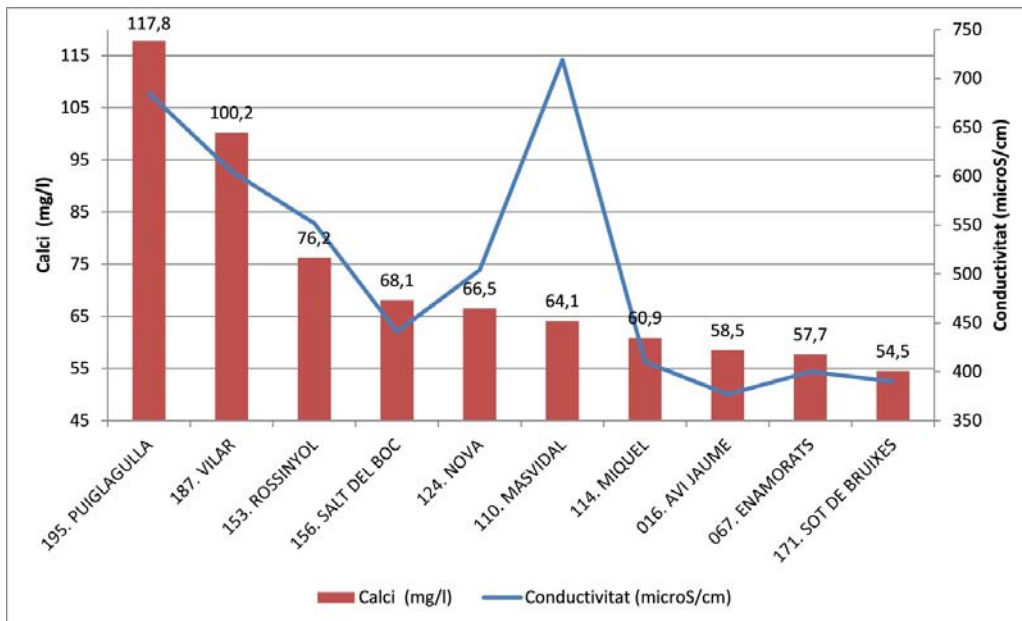


Figura 5. Relación entre la concentración de calcio y la conductividad en las 10 fuentes con más calcio.

Toda vez también se demuestra una relación lineal entre la conductividad y la altitud de los manantiales analizados, a menos altitud más conductividad, o si se quiere ver de otra manera, las fuentes más altas tienen un agua con muy baja conductividad, tal y como se puede ver en la figura 6, para el conjunto de las fuentes.

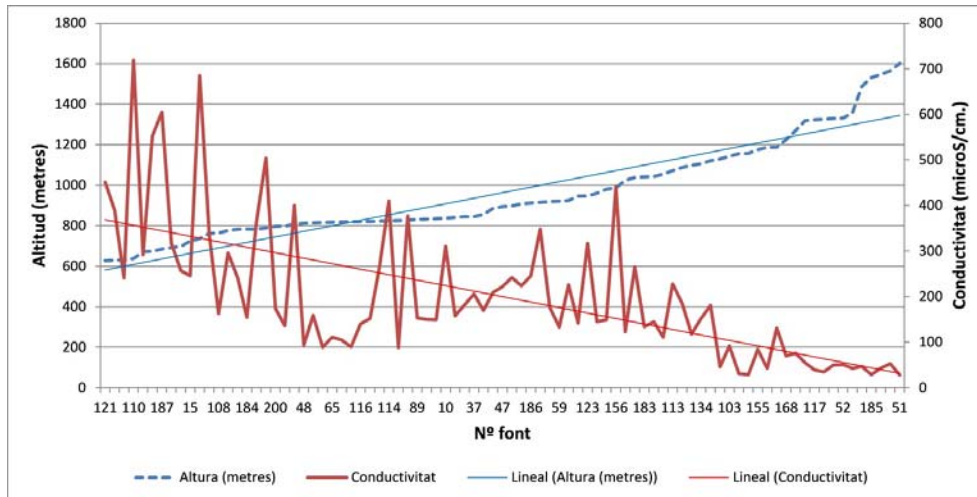


Figura 6. Relación y tendencias entre la conductividad y la altitud de la fuente. (n=85)

5.3. Bicarbonatos

La metodología de análisis usada ha sido la volumetría ácido-base. La unidad de medida son miligramos por litro. No tiene valor paramétrico ya que se considera que la presencia de calcio no afecta la salud; su exceso viene medido por el parámetro de conductividad (VP 2500 mcS/cm.)

En las aguas catalogadas como mineromedicinales bicarbonatadas su aportación en bicarbonatos supera los 600 mg/l. Estas aguas ayudan en la digestión y mejoran la actividad de la vesícula y el hígado. Son antiácidos, se digieren bien, y ayudan a movilizar y eliminar el ácido úrico en la orina, protegen el hígado y se aconsejan para personas diabéticas o que siguen dietas bajas en sal.

Las 10 fuentes con más bicarbonatos se encuentran a una altitud entre los 630 y los 987m., aunque este parámetro no está linealmente relacionado con la altitud; los valores se pueden apreciar en la siguiente figura 7.

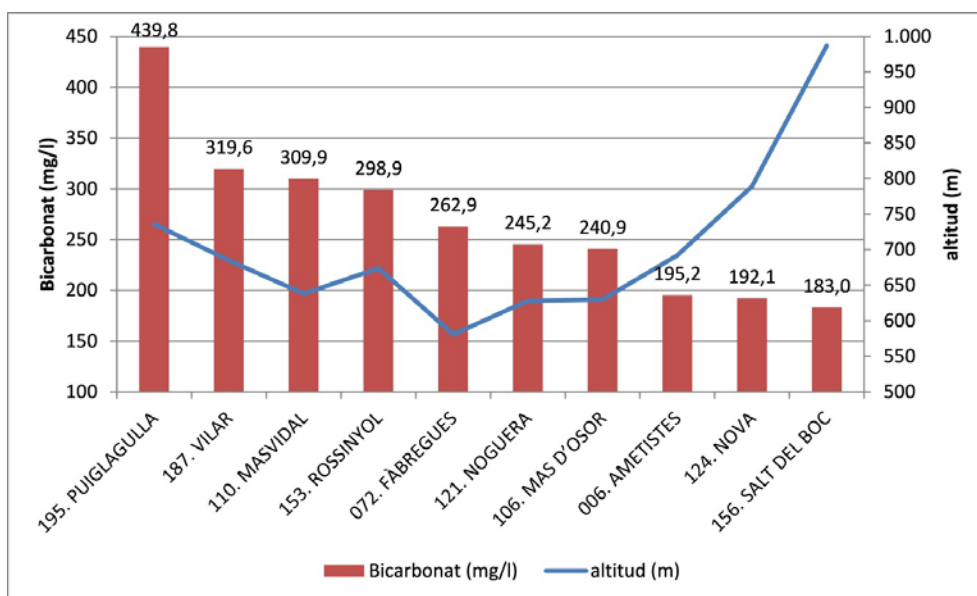


Figura 7. Vínculo entre la concentración de bicarbonato y la altitud en las fuentes con más bicarbonato.



Las fuentes con menos bicarbonatos son las manantiales de agua a más altitud del Montseny norte, tal y como se aprecia en la figura 8.

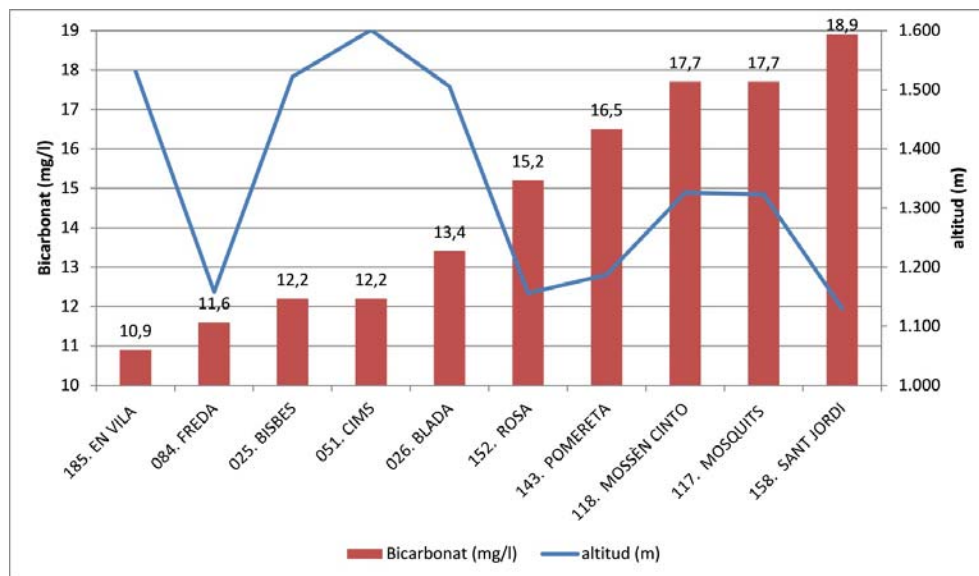


Figura 8. Vínculo entre la concentración de bicarbonato y la altitud en las fuentes con menos bicarbonato.

5.4. Cloruros

El valor paramétrico de los cloruros de las aguas de consumo según RD 140/2003 es de 250 mg/l. El resultado medio aplicando volumetría de Mòhr de las 100 fuentes analizadas ha sido de 9.8mg/l., muy por debajo del RD.

Las aguas mineromedicinales cloruradas tienen más de 200 mg/l de cloruro. Los manantiales que tienen este tipo de agua se utilizan frecuentemente para tratamientos de hidroterapia por sus propiedades tranquilizantes y balsámicas. Al contener cantidades significativas de cloruros, estimulan las funciones metabólicas. Favorecen la circulación sanguínea y linfática, y provocan que la vesícula biliar produzca más cantidad de bilis y más fluida, cosa facilita la digestión. Los médicos advierten que no han ingerir aguas cloruradas quienes sufran úlcera gástrica o duodenal, aunque sí pueden usarlas en forma de baños o duchas a chorros.

Las aguas con más cloruros de todas las analizadas son en general de fuentes relativamente cercanas al núcleo urbano, y entre los 638 y los 987m. de altitud. Aun así, se observa una relación lineal entre la altitud y los cloruros de las aguas de sus fuentes, de manera que cuando más alta la fuente es tiende a tener más cloruros, tal y como se apreciar en la siguiente figura 9.

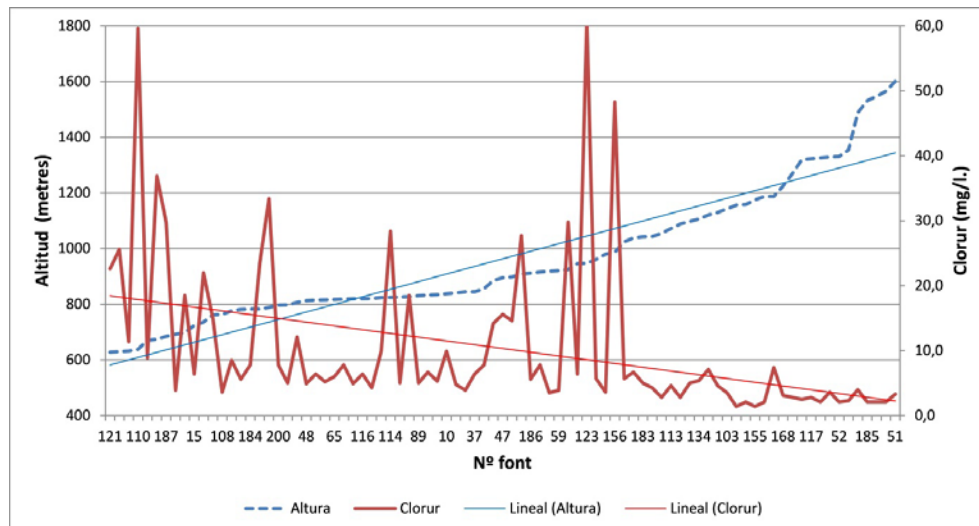


Figura 9. Relación y tendencias entre la concentración de cloruro y la altitud de la fuente. (n=85)

Las fuentes con menos cloruros en sus aguas de las 100 analizadas son: Rupitosa (1.4), Amistat (1.4), Avet Blau (1.4), Rosa (1.4), Generosa (1.8), Tronca del Pujol (1.8), Bisbes (2.0), Matagalls (2,1), Coll Pregon (2.1), Claret (2.1), Mossèn Cinto (2.1), Pomereta (2.1). Se trata de fuentes a gran altitud y con un nivel absoluto muy bajo de cloruros.

5.5. Sulfatos

El análisis usado ha sido la turbidimetría. La unidad de medida son miligramos por litro. El valor paramétrico de los sulfatos de las aguas de consumo según RD 140/2003 es de 250 mg/l. El valor medio de las 100 fuentes analizadas ha sido de 10,6 mg/l.

Las aguas mineromedicinales sulfatadas aportan más de 200 mg/l de sulfatos. Tienen un sabor ligeramente amargo, benefician la piel y el aparato digestivo. Pueden ser ricas en calcio, sodio o magnesio. Actúan sobre la vesícula biliar y el movimiento intestinal, y en función de los componentes que predominan tienen un efecto astringente o diarreico.

Las fuentes con más sulfatos de manera absoluta se encuentran entre los 600 y los 900 metros de altitud, tal y como podemos ver en la figura 10 que relaciona las fuentes con más sulfatos respecto a su altitud.

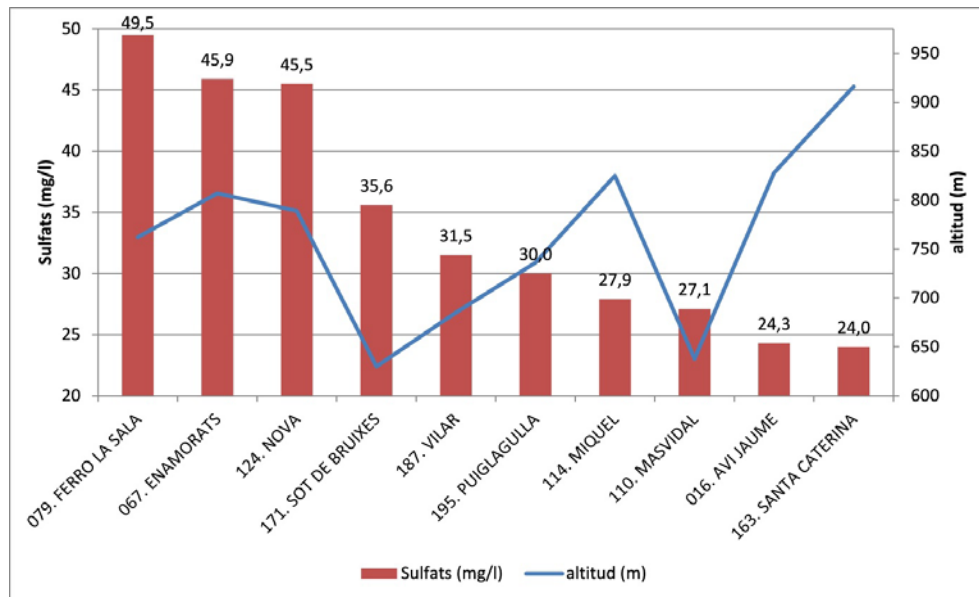


Figura 10. Altitud de las fuentes con más concentración de sulfatos.

De las 100 fuentes analizadas, las que tienen menos sulfatos son: Rosa (1.7), Pomereta (1.7), Freda (1.7), Llops (1.7), Vell Castanyer (1.8), Bisbes (1.9), Manlleuens (1.9), Mirador de les Bruixes (1.9), Faustí Illa (1.9), Generosa (2.0), Garriguencs (2.0), Faigs Bessons (2.0).

5.6. Nitratos

La unidad de medida son los miligramos por litro. En el RD 140/2003 los nitratos están en el Anejo I, Apartado B.1, Parámetros Químicos. Cuando el valor es superior a 50 mg/l. se considera que el agua no es apta para el consumo humano. Los nitratos presentes en las aguas de las fuentes pueden tener como origen la disolución de rocas que los contengan, caso poco frecuente, o la mayoría de las veces por oxidación bacteriana de la materia orgánica. Un agua puede ser considerada contaminada por nitratos según han expuesto Prat, Oliveras y Torrecasana (2011) cuando su composición es directamente o indirectamente modificada por la actividad antropogénica con la incorporación puntual o continua de sustancias que no le son propias.

La metodología que se ha usado ha sido la espectrofotometría UV para poder calcular que el valor medio de las 100 fuentes analizadas es 5.8 mg/l. de nitratos, de manera que se puede afirmar que las aguas de las fuentes de Viladrau son de gran calidad ambiental. Casi una decena de las fuentes analizadas han dado un valor de 0.0 mg/l. y entre todas hay más de 50 fuentes con valores inferiores a 10 mg/l. que es lo que se considera que de manera natural tendrían que tener las aguas sin ninguna alteración antrópica.

Las fuentes con más nitratos son: Arimany (47,6), Vilar (41,3), Santa Catarina (38,0), Nova (35,8), Enamorats (28,6), La Vila (23,3). Aunque estos valores absolutos son altos, no hay ningún manantial que supere el valor apto para el consumo humano. Estas fuentes de agua con los valores más altos sería bueno de ir controlando de forma periódica su composición de nitratos. Muchas de estas fuentes son cercanas, y a una altitud inferior, a explotaciones agropecuarias o intervenciones antrópicas. El hecho que solo el 3% de la superficie del municipio de Viladrau esté dedicada a usos agrícolas (los cultivos



principales son forraje y cereales), y menos de un 2% a prados para ganadería permite suponer que los valores de nitratos se mantendrán en un futuro en cantidades bajas. Aun así Vives y Cid (2016) detectan presiones futuras elevadas sobre las masas de agua por deyecciones ganaderas, y también debido a la agricultura intensiva de viveros. Será necesario llevar acabo otros estudios en el futuro debido a la influencia negativa que los nitratos tienen en la potabilidad de las aguas (de Miguel-Fernández, & Vázquez-Taset, 2006).

En la figura 11 se pueden apreciar las fuentes con más nitratos que será necesario analizar en un futuro para controlar sus valores, en referencia a su altitud.

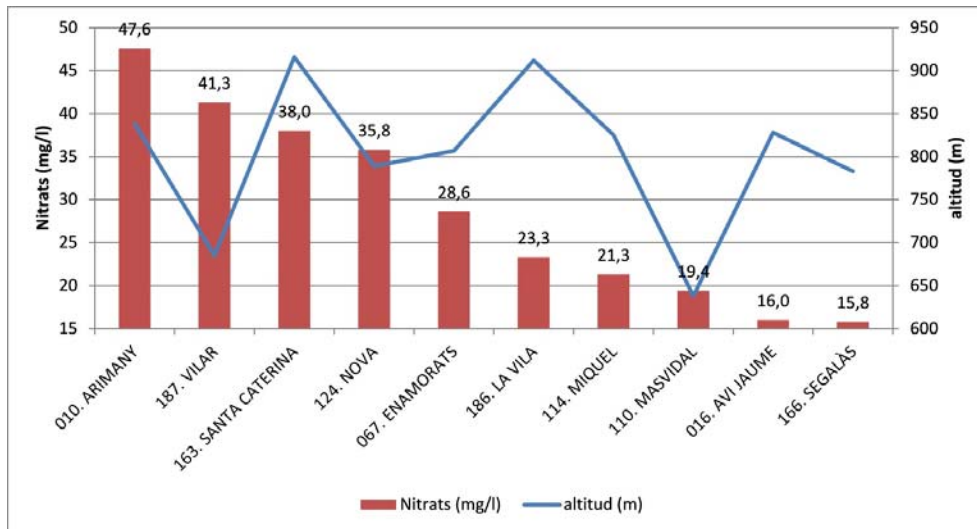


Figura 11. Relación entre la concentración de nitratos y la altitud en las 10 fuentes con más nitratos.

En el caso de los nitratos, aun con apreciables excepciones, también se cumple la correlación lineal entre altitud y mineralogía, a más altitud menos nitratos, tal y como podemos ver en la figura 12.

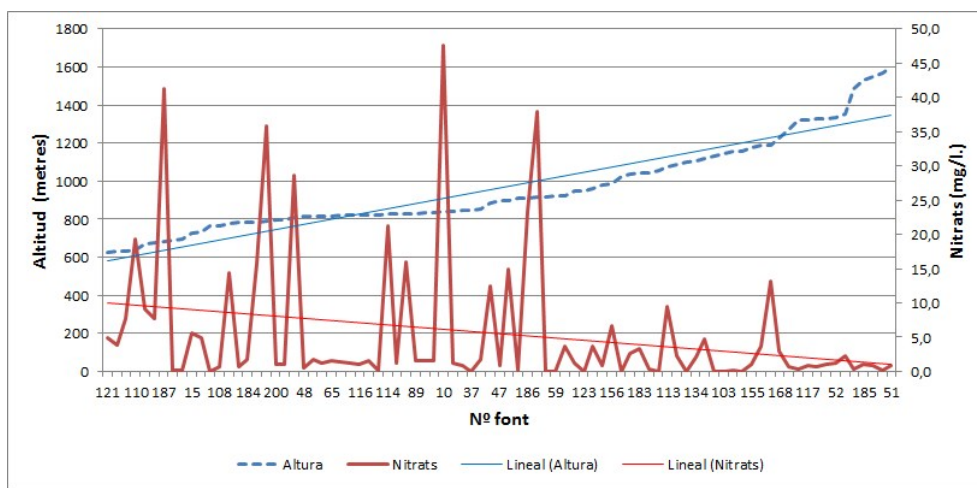


Figura 12. Relación y tendencias entre la concentración de nitrato y la altitud de la fuente. (n=85)



5.7. Dureza

La dureza es una calidad del agua relacionada con el contenido en disolución de cationes metálicos no alcalinos, básicamente los cationes alcalinoterris calcio y magnesio. La metodología de análisis usada ha sido la complejometría. El valor medio de la dureza del agua de las 100 fuentes analizadas es 8.4 °TH.

Las fuentes con más dureza son: Puiglagulla (36.0), Vilar (26.6), Rossinyol (25.4), Nova (22.4), Salt del Boc (22.0), Masvidal (20.0), Miquel (19.0). Podemos ver las altitudes de estas fuentes en la figura 13.

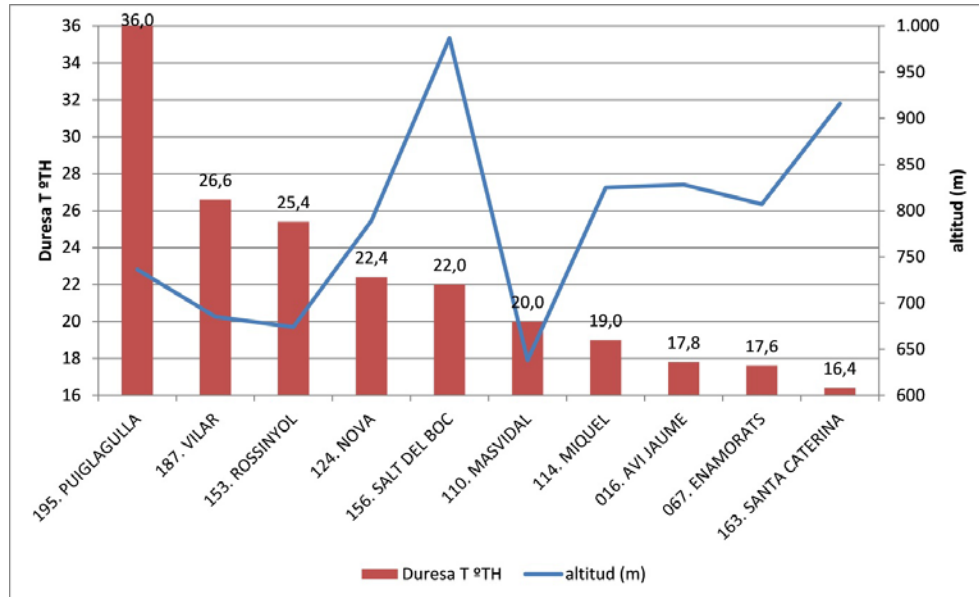


Figura 13. Relación entre la dureza total y la altitud en las fuentes con las aguas más duras.

Las cuatro fuentes con menos dureza son: Cims (1.0), Sant Jordi (1.2), Mossèn Cinto (1.2), Mosquits (1.4) todas situadas a gran altitud.

Se puede observar que hay un relación lineal relevante entre las fuentes de más dureza con las que tienen más conductividad, tal y como se muestra en la figura 14, correspondiente a las 100 fuentes analizadas. Se observan 4 excepciones que se detallan en el apartado del parámetro sodio y que corresponden a las fuentes de Masvidal, Fàbregues, Nogueres y Mas d'Osor.

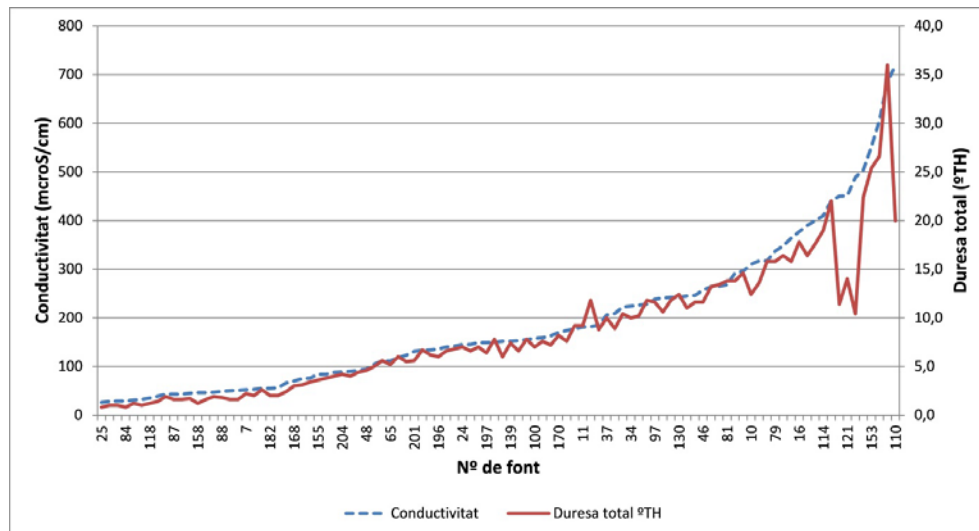


Figura 14. Relación y tendencias entre la conductividad y la dureza total del agua de la fuente. (n=100)

5.8. Calcio

La unidad de medida son mg/l. No tiene valor paramétrico, ya que se considera que la presencia de calcio no afecta la salud y su exceso viene medido por el parámetro de conductividad (VP 2500 mcS/cm.). El valor medio analizado con complejometría ha sido de 25.7 mg/l.

Las aguas mineromedicinales cálcicas tienen más de 150 mg/l de calcio. Son indicadas para niños en período de crecimiento, pero es necesario ir con cuidado con este tipo de agua en personas con propensión a crear cálculos. Las fuentes analizadas en este trabajo tienen un valor medio de 29.7 mg/l de calcio, de manera que no pueden ser consideradas aguas cálcicas propiamente dichas.

Las cuatro fuentes que tienen más calcio son: Salt del Boc (68.1), Nova (66.5), Masvidal (64.1), y Miquel (60.9), entre los 640 y los 980 metros de altitud. La fuente del Noi Gran, que tiene una leyenda relacionada con un niño con problemas de salud y crecimiento que gracias a beber agua de esta fuente durante mucho tiempo se hizo grande y fuerte, tiene un valor analizado de calcio de 45.7 mg/l, que se sitúa entre los más altos. Casualidad ¿o la leyenda popular atesora un poco de verdad histórica?

Las cuatro fuentes que tienen menos calcio son: Cims (2.4), Mossèn Cinto (3.2), Mosquits (3.2), y Garriguencs (4.0), todas superando los 1.300 metros de altitud.

5.9. Magnesio

La metodología de análisis usada ha sido la complejometría. La unidad de medida son mg/l. No tiene valor paramétrico, ya que se considera que la presencia de magnesio no afecta la salud y su exceso viene medido por el parámetro de conductividad (VP 2500 mcS/cm.). El valor medio de las fuentes analizadas es 4,7 mg/l.

Las fuentes con más cantidad de magnesio, ideales para aquellas personas que necesitan un complemento de este mineral son: Puiglagulla (16.0), Rossinyol (15.6), Noguera (14.6), Nova (14.0), Ametistes (10.2), Masvidal (9.7). Podemos ver la altitud de las principales fuentes con magnesio en la figura 15.

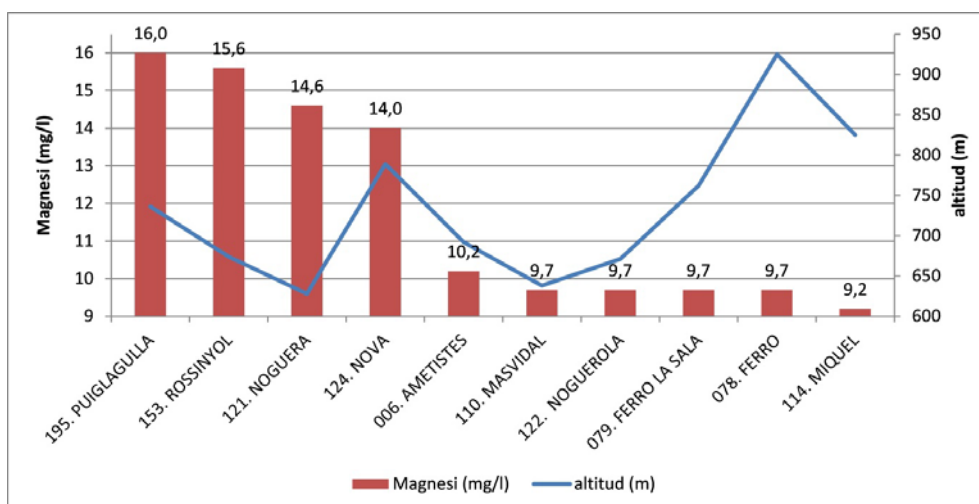


Figura 15. Relación entre la concentración de magnesio y la altitud en las fuentes con más magnesio.

Los análisis con menos cantidad de magnesio han correspondido a las fuentes situadas a gran altitud: Freda (0.5), Bisbes (0.5), En Vila (0.6), Coll Pregon (0.7), Pomereta (1.0), Tronca del Pujol (0.9), Blada (1.0), Cims (1.0), Mossèn Cinto (1.0).

5.10. Sodio

La unidad de medida son mg/l. El valor paramétrico del sodio según RD 140/2003 de las aguas de consumo es de 200 mg/l. La fotometría de llama ha permitido analizar el valor sodio de todas las aguas y calcular la media en 10.9 mg/l.

Las aguas mineromedicinales hiposódicas son las que tienen menos de 20 mg/l. de sodio. Benefician a las personas con hipertensión arterial, problemas cardíacos y afecciones renales. La gran mayoría de los manantiales del ámbito de estudio son hiposódicos, con valores significativamente bajos; las fuentes de menos sodio son las que se pueden ver en la figura 16.

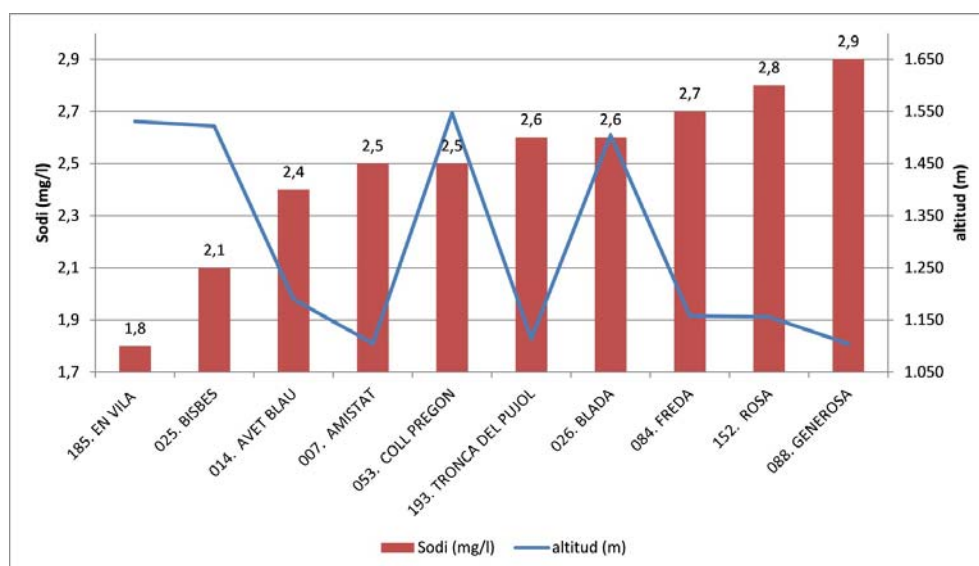


Figura 16. Relación entre la concentración de sodio y la altitud en las 10 fuentes con menos sodio de los 100 manantiales de agua analizados.



Las aguas mineromedicinales sódicas tienen más de 200 mg/l de sodio (no se recomiendan para personas con hipertensión arterial). No hay ninguna fuente que llegue a estos valores, aun así los manantiales de agua con más sodio son: Masvidal (99,4), Fàbregues (85.0), Noguera (69.0), Mas d'Osor (68.4), Rossinyol (31.9), Nova (23.5), Sot de les Bruixes (21.7), Segalàs (16.7), todos concentrados alrededor del tramo bajo de la Riera Major de Viladrau. Se observa una relación lineal apreciable entre altitud y la cantidad de sodio en las fuentes, tal y como se puede apreciar en la figura 17.

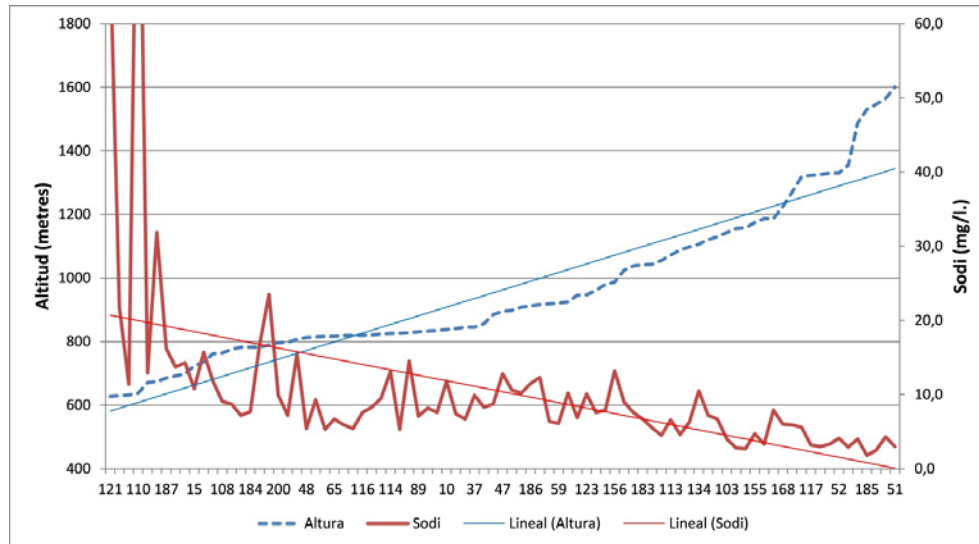


Figura 17. Relación y tendencias entre la concentración de sodio y la altitud de la fuente. (n=100)

5.11. Potasio

La metodología de análisis usada ha sido la fotometría de llama. La unidad de medida son miligramos por litro. No tiene valor paramétrico, ya que se considera que la presencia de potasio no afecta la salud y su exceso viene medido por el parámetro de conductividad (VP 2500 mcS/cm.). El valor medio de las 100 muestras analizadas ha sido de 1.2 mg/l.

A pesar de los valores bajos en su conjunto, las fuentes con más potasio son: Masvidal (4.9), Vilar (4.2), Sot de les Bruixes (3.4), Fàbregues (2.8), Avi Jaume (2.6), Delícies (2.5), tal y como se puede ver en la figura 18 en relación a su altitud.

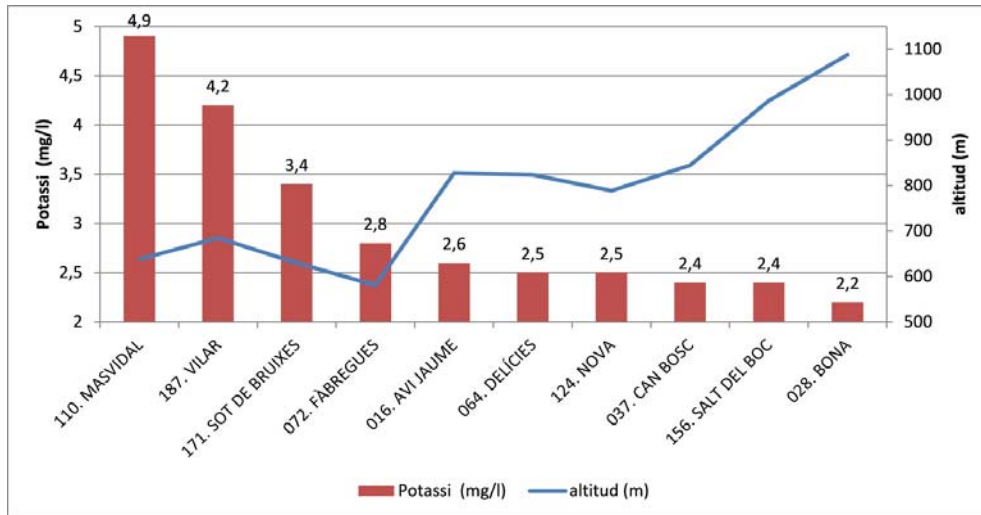


Figura 18. Relación entre la concentración de potasio y la altitud en las fuentes con más potasio.

Las fuentes con valores más bajos (casi nulo) de potasio son: Pomereta (0.0), Sant Jordi (0.1), Matagalls (0.1), Bisbes (0.1), Pastors (0.2), Riudeboix (0.2), Sant Miquel dels Sants (0.2), Manlleuens (0.2).

5.12. Fluoruros

A pesar que en un principio no se había pensado la posibilidad de análisis de fluoruros, la relativa proximidad del ámbito de estudio a la población de Caldes de Malavella, con sus características aguas ricas en fluoruros, y las características de estos minerales, ha supuesto considerar este análisis. Se demuestra que los fluoruros están presentes en bajas cantidades, y que mantienen también la misma correlación que el resto de minerales en general respecto a la altitud: a más altitud menos fluoruros, y lógicamente a la inversa, tal y como se aprecia en la figura 19.

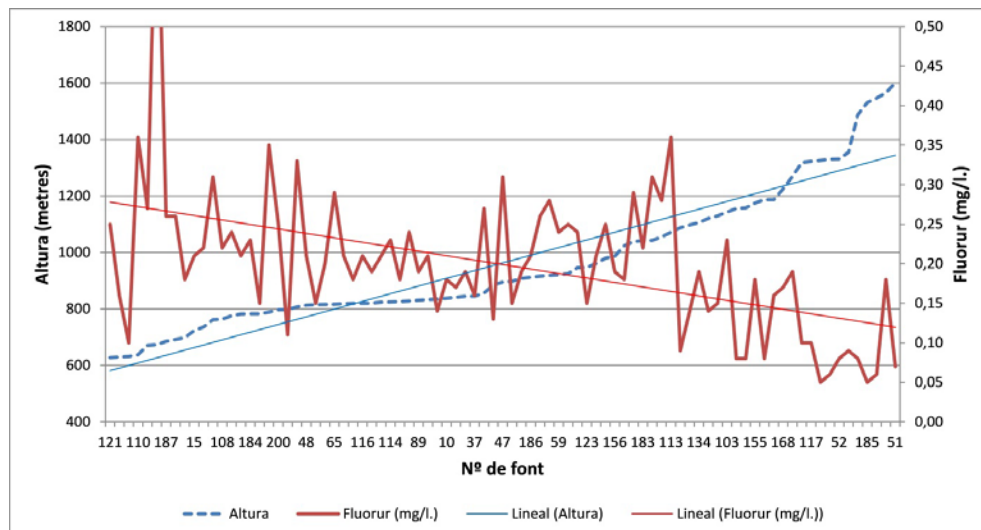


Figura 19. Relación y tendencias entre la concentración de fluoruro y la altitud de la fuente. (n=85)



El valor medio de fluoruros de las 100 fuentes analizadas ha sido de 0.19 mg/l. siendo las fuentes con más fluoruros: Rossinyol (0.72), Masvidal (0.36), Minyons (0.36), Nova (0.35), y las fuentes con menos: d'En Vila (0.06), Mossèn Cinto (0.06), Blada (0.06), Bisbes (0.06), y Sardana (0.05).

6. Correlaciones

Una vez llevados a cabo todos los análisis y su estudio se pueden considerar que las correlaciones más significativas entre la altitud y los parámetros analizados son: altitud-conductividad, altitud-dureza, altitud-bicarbonatos, altitud-potasio, altitud-fluoruro.

Otras correlaciones apreciables entre los propios parámetros minerales son: conductividad-dureza, conductividad-bicarbonato, conductividad-sodio, conductividad-fluoruro, conductividad-potasio, dureza-bicarbonato, dureza-nitrato, dureza-fluoruro, dureza-potasio, nitrato-potasio, sodio-bicarbonato, potasio-bicarbonato y bicarbonato-fluoruro, tal y como se aprecia en la tabla 1, teniendo en cuenta que cuanto más próximo a +1 y a -1 se han marcado en color amarillo estas correlaciones más significativas.

	<i>Altitud</i>	<i>Conduct.</i>	<i>Dureza T</i>	<i>Bicarbon.</i>	<i>Nitrato</i>	<i>Sodio</i>	<i>Potasio</i>	<i>Flúor</i>
<i>Altitud</i>		-0,612	-0,622	-0,636	-0,277	-0,449	-0,525	-0,529
<i>Conduct.</i>	-0,612		0,862	0,872	0,428	0,693	0,780	0,580
<i>Dureza T</i>	-0,622	0,862		0,930	0,549	0,437	0,706	0,598
<i>Bicarbon.</i>	-0,636	0,872	0,930		0,459	0,658	0,733	0,599
<i>Nitrato</i>	-0,277	0,428	0,549	0,459		0,256	0,508	0,272
<i>Sodio</i>	-0,449	0,693	0,437	0,658	0,256		0,591	0,395
<i>Potasio</i>	-0,525	0,780	0,706	0,733	0,508	0,591		0,391
<i>Flúor</i>	-0,529	0,584	0,598	0,599	0,272	0,395	0,391	

Tabla 1. Factores de correlación entre altitud y los parámetros analizados y también entre ellos mismos. (n 85-100)

Viendo estas correlaciones, quizá sería interesante estudiar en el futuro el establecimiento de perímetros de protección de acuíferos, que tal y como han demostrado Carmona, Bouazza, y Puigserver, (2002), permite fijar los límites geográficos dentro de los cuales no se pueden realizar actividades que puedan afectar a la calidad o a la cantidad de recursos de aquellos acuíferos.



7. Conclusiones

En general las fuentes de Viladrau son de débil mineralización, ligeramente bicarbonatadas y cálcicas, con concentraciones típicas alrededor de los 90mg/l de bicarbonato y 25 mg/l de calcio. Las aguas con más bicarbonato y más calcio son también las que tienen unos valores más altos en cuanto a conductividad. Hay una gran cantidad de fuentes hiposódicas.

La mineralización de las fuentes disminuye a medida que aumenta la altitud como consecuencia de la menor temperatura mediana que afecta las reacciones de mineralización del granito. Así se ha demostrado que las hipótesis de partida que relacionaban más altitud con menos cloruros, conductividad, fluoruros, nitratos, pH y sodio eran correctas.

Se puede establecer una relación también entre la dureza y la conductividad de las aguas de las fuentes del Montseny norte. A dureza más elevada también más altos son los valores de conductividad.

Hay aguas con valores de pH inferiores a 6,5 de origen natural, debido a que son aguas normalmente muy poco mineralizadas y agresivas. Cuando las aguas subterráneas van solubilizando calcio, el pH sube para quedar entre 7 y 8, y llega a pH superior a 8,3 cuando hay carbonatos.

Podemos afirmar que en general las aguas del Montseny norte poseen iones bicarbonato y calcio mayoritarios, y conductividad media-baja. Esto explica la gran cantidad de plantas envasadoras de agua que hay en esta zona natural, ya que además de ser aguas de gran calidad, por su sabor son las más apreciadas por la población.

Las fuentes forman parte del patrimonio natural, social y cultural del Montseny en general, y del ámbito norte en particular. Es por este motivo que es necesario darlas a conocer, junto con conservar, mantener y controlar periódicamente la calidad de sus aguas, para asegurar que las próximas generaciones puedan disfrutar de ellas. El estudio de las tradiciones, las leyendas, la historia y el análisis del agua de cada una de las fuentes permitirá favorecer e impulsar la conservación de estos manantiales. Esperemos que dentro de unos años se pueda repetir este mismo análisis mineralógico de las fuentes que se han llevado a término en este estudio y comprobar una evolución positiva en los parámetros que afectan a la calidad.



Figura 20. La Fuente dels Minyons, Entre los términos municipales de Viladrau y Arbúcies (foto O. Farrerons).



8. Agradecimientos

A Fortià Prat, licenciado en farmacia, máster en ciencia y tecnología del agua, de la Universidad de Vic. Laboratorio Prat SL de Torelló, Barcelona, autorizado por la Direcció General de Salut Pública de la Generalitat de Catalunya con el número LSAA-104-97, reconocido en el Registre de Laboratoris Agroalimentaris de Catalunya. Dispone de Sistema de Gestión de Calidad conforme la Norma de certificación UNE-EN-ISO 9001:2008. Sometido a autoevaluación continuada de resultados en Ejercicios de Intercomparación.

Referencias

- Ariet Barberis, Antoni (1915). Topografia Mèdica de Viladrau. *Fidel Giró Impressor, Barcelona*.
- Boada, Martí (2003, marzo). Presentación 111 Fonts de Montseny i molts indrets per descobrir. *Ed Farell. Llibre de Muntanya, 5*. ISBN 84-95695-18-9.
- Carmona, José María; Bouazza, Mohamed; Puigserver, Diana (2002). Determinació de la zona de recàrrega de les aigües subterrànies del Montseny. Monografies 33, Diputació de Barcelona. <http://parcs.diba.cat/documents/155678/b725a53b-c901-44e5-8009-2153c4fcab10>
- Carmona, José María; Viladevall, Manuel; Font, Xavier (2002). Relació entre les característiques químiques de les aigües subterrànies del Montseny i el seu context geològic. *Monografies 33, Diputació de Barcelona*. <http://parcs.diba.cat/documents/155678/31952149-8324-4632-bc9e-42b378104b97>
- De Miguel-Fernández, Constantino; Vázquez-Taset, Yaniel (2006). Origen de los nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. *Minería y Geología, núm. 3, p. 1-9*.
- Farrerons, Oscar (2015, julio). Abundància i qualitat de les fonts el Montseny nord. 66 *Aplec Matagalls. [Barcelona]*, p. 16-24.
- Farrerons, Oscar (2012). Amics Fonts de Viladrau. Barcelona. <http://fontsdeviladrau.jimdo.com/>
- Gallart, M; Jiménez, M; Montijano, V; Olivé, M; Ros, A. (2003). Diagnosi ambiental i historicocultural de les fonts més representatives del Parc Natural del Montseny. Monografies 36, Diputació de Barcelona. 2003. <http://parcs.diba.cat/documents/155678/6a637fe5-a501-4577-ad5b-ccfa47b6a5eb>
- Pagespetit, Lluís (2003, marzo). 111 Fonts de Montseny i molts indrets per descobrir. *Ed Farell. Llibre de Muntanya, 5*. ISBN 84-95695-18-9.



Prat, Fortià; Oliveras, Julita & Torrecasana, Eva (2011). Evolució dels nitrats analitzats a l'aigua de 87 fonts situades en 28 municipis de la comarca d'Osona. *Ausa XXV* (168). 249-280.

Tolosa Cabaní, Ferran (2005). Viladrau. Un munt de noms i d'imatges. *Taller Gràfic Ramon. Palma. Mallorca. ISBN: 84-60957-02-0.*

Vives España, Mar & Cid Espinach, Laura (2016, agosto). Estructura del medi físic i del paisatge. Pla d'ordenació Urbanística Municipal de Viladrau. Bases de la redacció del POUM. http://poumviladrau.cat/docs/Bases_redaccio_POUM_Viladrau.pdf

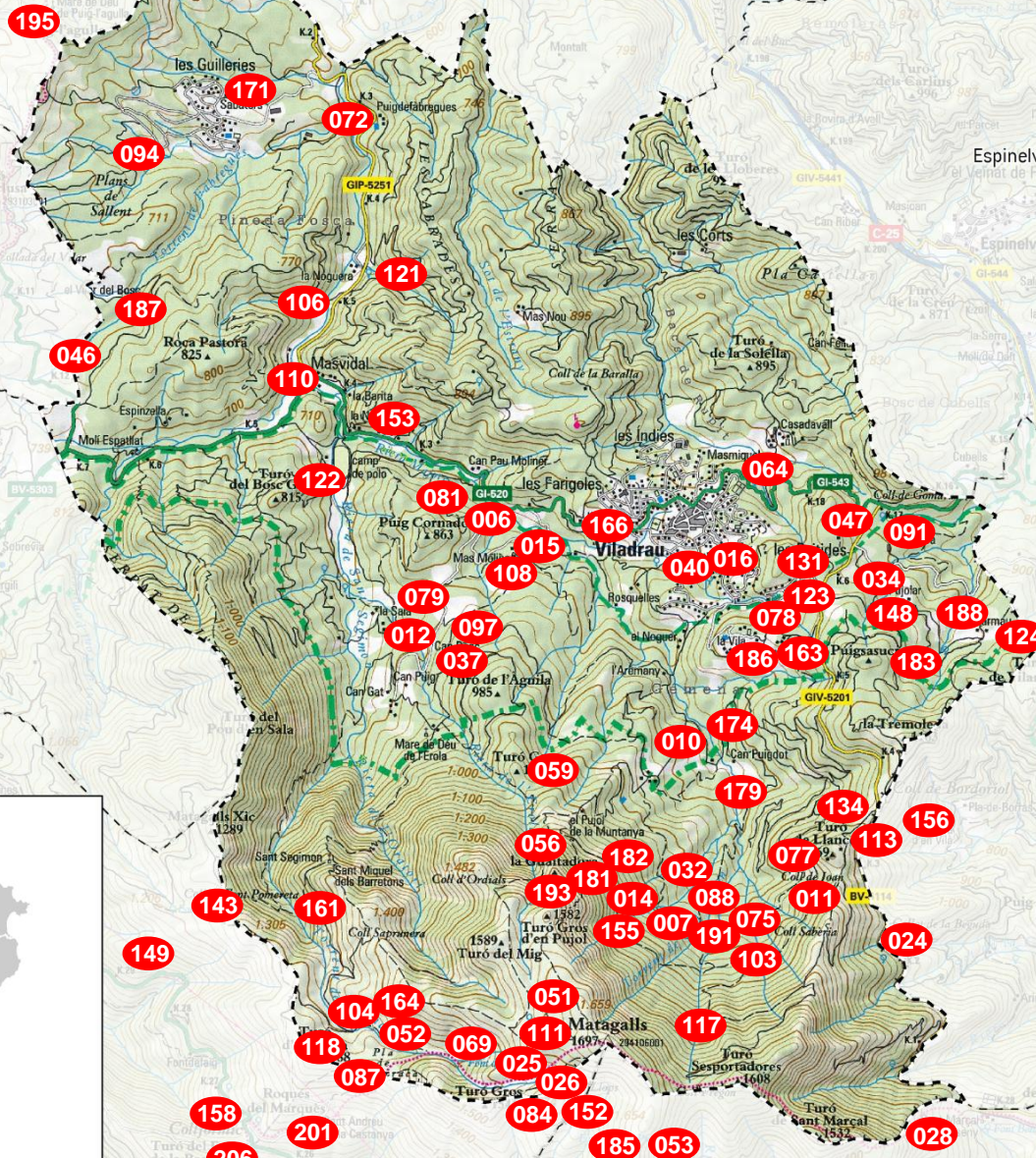
Sant Julià de Vilatorrada

Sant Sadurn d'Osormort

Espinelles

Espinelles

Montseny



195

171

072

094

121

187

106

046

110

122

081

006

166

064

047

091

079

108

040

131

034

148

188

012

097

037

186

163

183

124

010

174

179

134

156

056

182

032

077

011

113

156

193

014

088

075

011

077

113

155

007

191

103

075

011

077

113

143

161

118

087

025

026

084

152

185

053

158

206

201

104

164

052

069

111

051

117

117

117

117

117

117

117

117

