



# Análisis de parámetros fisicoquímicos de aguas de 100 fuentes naturales del Montseny Norte

Se realiza un muestreo del agua de las 100 fuentes principales del norte del Montseny, en el municipio de Viladrau y alrededores (Girona), para realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos y elementos como pH, conductividad, cloruro, bicarbonato, dureza total, sulfatos, nitratos, calcio, magnesio, sodio, potasio y flúor. La metodología utilizada para la determinación de cada uno de los parámetros se ha realizado según los métodos estándar. Se ha llevado a cabo un control de calidad externo entre laboratorios y se ha hecho el balance iónico para ver el porcentaje de error en el análisis. Con los resultados encontrados se ha caracterizado cada una de las aguas: de baja mineralización en general, bicarbonatado-cálcicas y, en algún caso, sódicas y en 15 de ellas, con valores de nitrato de más de 10 mg/L (por encima de este valor se considera de origen antrópico). El análisis comparativo de los valores encontrados, en referencia a la altitud donde se encuentra la fuente, demuestra que la mineralización del agua disminuye a medida que aumenta la altitud, como consecuencia de la menor distancia recorrida.

### Palabras clave

Agua, análisis, mineralización, altura, Montseny.

### PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS ANALYSIS OF WATER FROM 100 MAIN SOURCES OF NORTHERN MONTSENY

*A sampling of water from the 100 main sources of the northern Montseny in the municipality of Viladrau (Girona, Spain) to perform the analysis of parameters physical and chemical and elements such as pH, conductivity, chloride, bicarbonate, total hardness, sulfates, nitrates, calcium, magnesium, sodium, potassium and fluorine. The methodology used for the determination of each of the parameters has been done according to the standard methods, an external quality control between laboratories has been carried out and the ion balance has been made to see the error percentage in the analysis. With the results found, each of the waters has been characterized: low mineralization in general, bicarbonate-calcium, and in some cases, sodium and in 15 of them, with nitrate values of more than 10 mg/L (above this value is considered of anthropic origin). The comparative analysis of the values found, in reference to the altitude where the source is, shows that the mineralization of the water decreases as the altitude increases as a consequence of the shorter distance traveled.*

### Keywords

Water, analysis, mineralization, height, Montseny.

### Fortià Prat

licenciado en Farmacia por la Universitat de Barcelona, máster en Ciencia y Tecnología del Agua por la Universitat de Girona, investigador de la evolución de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas y profesor colaborador de la UVic-UCC

### Óscar Farrerons

arquitecto, doctor en Ingeniería Multimedia por la Universitat Politècnica de Catalunya, investigador de las fuentes del Montseny, miembro del Grupo de Investigación en Ingeniería de Proyectos (GIIP) especialidad en Agua y Sostenibilidad y profesor de la Universitat Politècnica de Catalunya



## 1. INTRODUCCIÓN

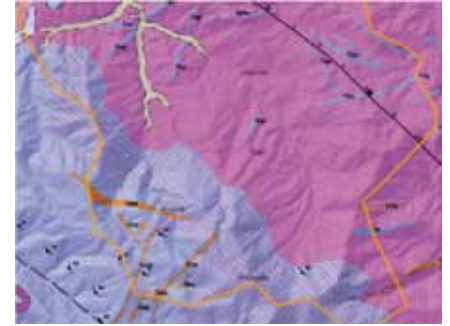
Las aguas del Montseny se dirigen al mar Mediterráneo sobre la base de tres cuencas principales que cruzan la cordillera: el río Congost, el río Tordera y la Riera Major. Las tres reciben las aguas de arroyos y torrentes tributarios que se llenan de las aproximadamente 700 fuentes que se creen que existen en el Montseny. En el lado norte, en la localidad de Viladrau y sus alrededores, se identifican más de dos centenares de fuentes naturales, incluyendo urbanas, de bosque y antiguas fuentes ahora perdidas (**Figuras 1 y 2**).

Esta gran cantidad de fuentes se debe, por una parte, a la alta precipitación del lugar (casi 1.000 L/m<sup>2</sup> al año) y, por otra, a las características geológicas del terreno, formado por

rocas ígneas y rocas metamórficas alcalinas generalmente granodioritas y granitos alcalinos del carbonífero pérmico, filitas y cornubianitas en la parte más alta del macizo. La granodiorita y el granito son rocas cristalinas con textura granular formadas esencialmente por cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa y en menor proporción y en cantidades variables de biotita, feldespato potásico y hornblenda. Las filitas son rocas metamórficas cristalinas de grano fino, con sericita u otros minerales del grupo de las micas y la cornubianita derivada de lutita. Todos estos materiales sólidos confieren a las aguas que por ellos circulan una composición mineral muy equilibrada y característica.

Viladrau desde el siglo XIX ha sido un sitio recomendado por el aire y

**FIGURA 1.** Geología del municipio de Viladrau (ICGC).



el agua. Médicos reconocidos como el doctor Carulla aconsejaban a sus pacientes visitar el pueblo, pasear y beber de sus aguas. Tal vez por eso quien llevó a cabo una tarea más estudiada fue el especialista doctor Ariet. Con su *Topografía médica de Viladrau* se analizaron, entre otros parámetros, muchas fuentes de es-

**FIGURA 2.** Imágenes de algunas fuentes del estudio (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): fuente dels Manlleuencs; fuente Freda el día de la toma de muestra; fuente de Mossèn Cinto, en la umbría del Pla de la Barraca; y la Font dels Cims, la más alta del Montseny. Fotografías de Óscar Farrerons.



ta tierra norte del Montseny. Años más tarde, Pagespetit, en áreas relacionadas con la cultura popular y leyendas, Tolosa, en estudios de toponimia e históricos, y Gallart, desde la evaluación ambiental e histórica, continuaron la tarea de investigar este gran patrimonio que son las fuentes de Viladrau.

## 2. OBJETIVOS

A pesar de saber que las aguas del Montseny son de mineralización débil debido a las características del geológicas del terreno, este trabajo pretende analizar el contenido mineral mayoritario de 100 fuentes naturales del Montseny, distribuidas por una superficie de 60 km<sup>2</sup>, incluyendo todo el municipio de Viladrau y parte del Brull, Seva, el pueblo de Montseny y Arbúcies.

Se pretende encontrar la relación que se produce entre las composiciones minerales de las aguas y su altitud y al mismo tiempo, establecer correlaciones entre los parámetros analizados para definir su composición. También tiene como objetivo estudiar las características de las aguas

minerales de las diferentes fuentes, cuáles son los principales iones y qué elementos o compuestos pueden ser más altos que los de la mayoría de las fuentes de agua, sobre todo haciendo referencia a los nitratos, que cuando el valor es superior a 10 mg/L el origen puede ser antrópico.

Se valorará cada uno de los métodos analíticos utilizados, participando en ejercicios de intercomparación de resultados entre laboratorios. Se hará el cálculo del balance iónico, puesto que algunos de los elementos están presentes en concentraciones muy bajas y los errores en la determinación pueden ser importantes.

## 3. METODOLOGÍA

La elección de las fuentes ha sido analizada en términos de cubrir la mayor parte del municipio en estudio, así como las situaciones más variadas. Se han elegido muestras de agua de fuentes ubicadas en zonas urbanas como en zonas de bosque. Para tomar las muestras de agua de las fuentes se han utilizado botellas de 50 cL de agua mineral. A pesar de que las botellas no eran estériles,

se enjuagaron por lo menos tres veces con el agua de la fuente antes de tomar la muestra. Cada fuente, con su nombre y el número de referencias dadas por Amics de les Fonts de Viladrau, se guardó refrigerada y se transportó en un plazo máximo de una semana al laboratorio que realizó el análisis.

La determinación de pH, conductividad, alcalinidad y nitratos, se hizo dentro de las 24 horas y el resto de los parámetros, en 4-5 días máximo. Dado que el estudio es una referencia para los minerales, esta metodología garantiza resultados correctos de las muestras. Para asegurar la calidad de los análisis, el mismo mes que se realizó el estudio, octubre de 2016, también se participó en un ejercicio de intercomparación de resultados, organizado por una entidad acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) como laboratorio de ensayo. Todos los resultados analíticos tuvieron un Z-score <2, satisfactorio (norma ISO 13528:2005). Los métodos analíticos utilizados y el Z-score se muestran en la **Tabla 1**.

Parámetro	Método	Standard Methods	Z-score
pH	Electrometría	SM 4550 H <sup>+</sup> B	-0,60
Conductividad a 20 °C	Electrometría	SM 2510 B	0,38
Alcalinidad	Volumetría. Ácido base	SM 2320 B	-0,02
Cloruros	Volumetría. Argentometría	SM 4500-Cl <sup>-</sup> B	0,26
Sulfatos	Turbidimetría	SM 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	-0,50
Nitratos	Espectrofotometría UV	SM 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B	0,31
Dureza total	Volumetría. Complexometría	SM 2340C	-0,47
Calcio	Volumetría. Complexometría	SM 3500-CaD	-0,07
Magnesio	Cálculo	SM 3500-Mg E	-0,72
Sodio	Fotometría de llama	SM 3500-Na D	-0,90
Potasio	Fotometría de llama	SM 3500-K D	-1,2
Fluoruro	Espectrofotometría Vis	SM 4500-F D	0,80



TABLA 2

## VALORES MÍNIMOS, MÁXIMOS Y PROMEDIO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS Y ALTITUD DE LA FUENTE.

Parámetro	Vmín.	Altitud fuente (m)	V máx.	Altitud fuente (m)	Promedio
pH (unidad pH)	5,70	1.187 Pomereta	9,50	817 Dr. Carulla	7,06
Conductividad (microS/cm)	26	1.601 Bisbes	719	638 Masvidal	190
Bicarbonatos (mg/L)	10,9	1.531 d'en Vila	439,8	736 Puiglagulla	94,9
Cloruros (mg/L)	1,4	1.156 La Rosa	61,1	947 Noi Gran	9,8
Sulfatos (mg/L)	1,7	1.156 La Rosa	49,5	762 Ferro Sala	10,6
Nitratos (mg/L)	0,0	1.143 Llops	47,6	838 Arimany	5,1
Dureza total (° TH)	0,8	1.158 Freda	36,0	736 Puiglagulla	8,4
Calcio (mg/L)	2,4	1.158 Freda	117,8	736 Puiglagulla	25,7
Magnesio (mg/L)	0,5	1.158 Freda	18,9	685 d'El Vilar	4,8
Sodio (mg/L)	1,8	1.531 d'en Vila	89,4	638 Masvidal	10,7
Potasio (mg/L)	0,0	1.187 Pomereta	4,9	638 Masvidal	1,2
Fluoruro (mg/L)	0,05	1.601 Bisbes	0,72	674 Rossinyol	0,19

La calificación de las aguas se ha hecho usando el diagrama de Piper y el balance iónico se ha realizado para evaluar que el análisis se ha realizado correctamente. La interpretación de los resultados, dependiendo de la geología, se ha realizado con mapas del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC).

En pruebas donde el método utilizado ha sido la volumetría, tales como alcalinidad, dureza total, cloruros y calcio, en agua muy poco mineralizada, se han utilizado pipetas automáticas de 0,02 mL para determinar concentraciones muy bajas. Con bureta de 1 mL la concentración mínima detectada para los bicarbonatos es 3,0 mg/L, 1,7 mg/L para cloruros, para la dureza total es 0,5 °TH y 2,0 mg/L de calcio. Con pipetas de 0,02 mL se puede detectar una mínima concentración de bicarbonatos de 1,5 mg/L, cloruros de 0,75 mg/L, dureza total de 0,2 °TH y 0,8 mg/L de calcio.

#### 4. RESULTADOS

En la composición química de las aguas subterráneas, el factor decisivo

es su capacidad para interactuar con la roca. Por esta razón es tan importante no solo la litología de los materiales excavados por las aguas subterráneas, sino también el grado de desarrollo y usos del suelo en la zona de carga y su interacción con la infiltración de agua. Otro factor muy importante en el grado de mineralización de las aguas es, a la vez, el tiempo que ha estado en contacto con una particular formación geológica o, lo que es usualmente equivalente, la distancia de la zona donde el agua se ha infiltrado en el campo de la fuente o la zona de recarga y hasta el área de descarga.

El grado de mineralización del agua viene determinado por la concentración total de iones disueltos indicado, básicamente por la conductividad eléctrica a 20 °C, y de forma individual por las concentraciones de los principales iones:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ . En el caso del Montseny, la altura de la fuente es lo que indica qué mineralización será capaz de tener el agua, valorada en conductividad, y los iones a tener.

En la **Tabla 2** se exponen los valores máximos, mínimos y promedio de los parámetros analizados, y la altitud de la fuente, de los valores encontrados.

En las **Figuras 3-10** se puede observar la relación de los parámetros más importantes analizados, dependiendo de la altitud donde se ubique la fuente. Una vez observadas las excepciones, se pueden crear las formaciones geológicas por las que puede circular el agua y un mapa de los usos del suelo para detectar posibles focos contaminantes.

##### 4.1. PARÁMETRO PH

El valor paramétrico de las aguas según el RD 140/2003 se encuentra entre 6,5 y 8,5. El valor de las 100 fuentes analizadas es de 7,06.

Solo la fuente del Dr. Carulla excede el valor del RD 140/2003, con un valor de pH 9,5. Haciendo caso omiso de esto, las aguas con valores mayores de pH son: Sot de Can Rosell (8,07), Mas de Osor (8,06), Can Bosc (8,01), Noguera (7,98) y Fàbregues (7,95). Como se puede observar, valores muy cerca de pH 8.

Hay fuentes con valor por debajo del mínimo del RD 140/2003 y están generalmente a gran altura. Los manantiales de agua de menor valor son: Pomereta (5,70), Claretta (5,78), Cims (5,98), Freda (5,90), Ferro (6,03) y Sevallar (6,20).

Existe una relación lineal entre pH y la altitud: a medida que disminuye la altitud aumenta el pH (y lógicamente en revés) de todas las fuentes (**Figura 3**).

#### 4.2. PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD

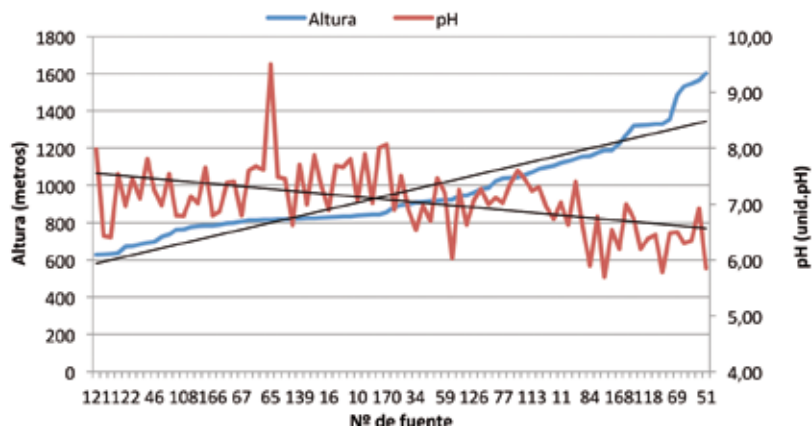
El promedio de todas las fuentes es de 190 microS/cm.

Las fuentes que tienen un valor más alto en conductividad están en las inmediaciones del curso inferior de la Riera Major, en la parte más baja del municipio de Viladrau, todo muy agrupado en la misma zona, entre puente Masvidal y Fàbregues. Estas fuentes son: Masvidal (719) Puiglagulla (685), Vilar (605), Rossinyol (552), Nova (504), Fàbregues (489), la Noguera (451) y Mas de Osor (450). El agua de la fuente de Masvidal puede absorber más minerales, ya que debido a su ubicación puede tener la influencia de depósitos aluviales con más minerales y cultivos cercanos.

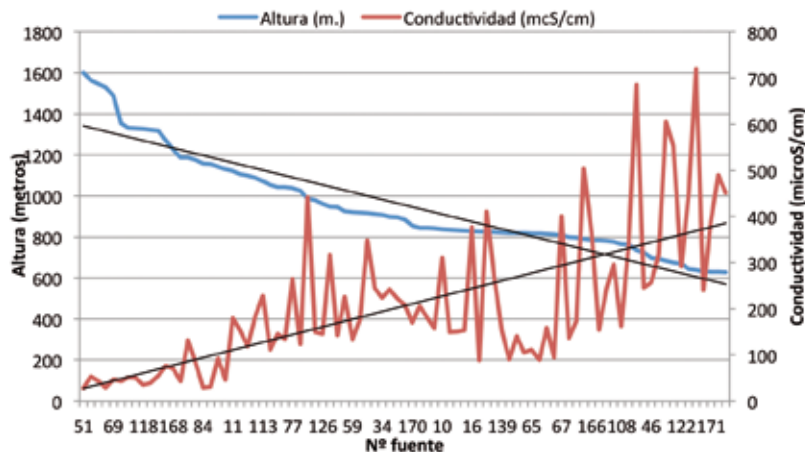
Por el contrario, los manantiales de agua que tienen los valores más bajos son bastante altos y tienden a valores muy bajos: Bisbes (26), Cims (28), Freda (29), de la Vila (29), Rosa (31), Blada (32), Mossèn Cinto (35), Mosquits (39) y Pomereta (43).

También se muestra una relación lineal entre la conductividad y la altitud de las fuentes: a altitudes más bajas, más conductividad, o leído de otra manera, las fuentes más altas tienen muy baja conductividad, como puede verse en la **Figura 4**, por todo el conjunto de fuentes.

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



**FIGURA 4.** Relación y tendencias entre la conductividad y la altura de la fuente (n = 85).



#### 4.3. PARÁMETRO DUREZA TOTAL

La dureza es la característica del agua que está relacionada con el contenido en disolución de cationes metálicos no alcalinos, básicamente alcalinoterreos, cationes calcio y magnesio. El valor promedio de la dureza del agua de las 100 fuentes analizadas es de 8,4 °TH.

Las fuentes naturales que tienen el agua con mayor dureza son: Puiglagulla (36,0), Vilar (26,6), Rossinyol (25,4), Nova (22,4), Salt del Boc (22,0), Masvidal (20,0) y Miquel (19,0). Las cuatro fuentes con menos dureza son: Cims (1,0), Sant Jordi (1,2), Mossèn Cinto (1,2) y Mos-

quits (1,4), todas ellas situadas por encima de los 1.500 m.

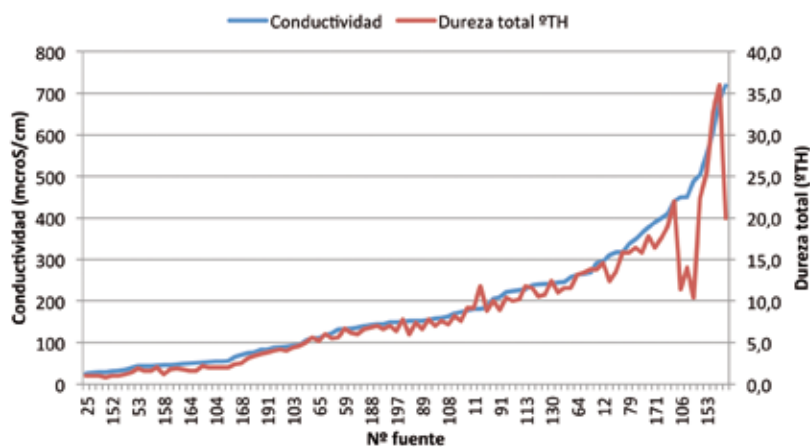
Se puede observar que existe una relación lineal entre las fuentes con aguas más duras y las que tienen mayor conductividad, como se muestra en la **Figura 5**, de todas las fuentes analizadas. Existen cuatro excepciones, correspondientes a las fuentes de Masvidal, Fàbregues, Noguera y Mas de Osor, ubicadas en los depósitos aluviales de la Riera Major y en rocas ígneas, dioritas.

#### 4.4. PARÁMETRO CLORUROS

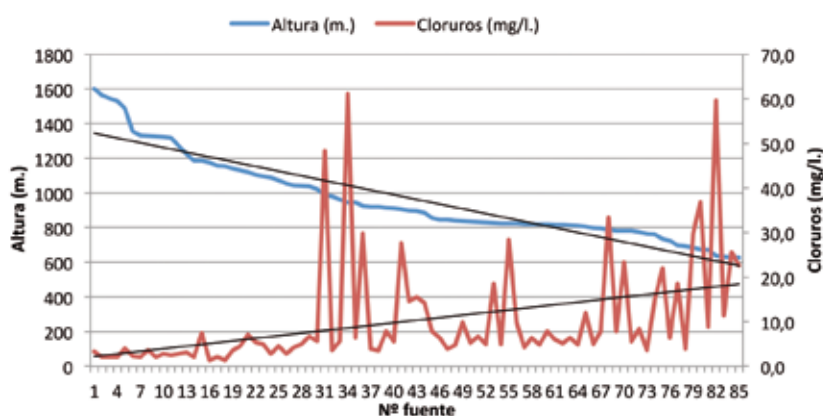
El valor medio de todas las fuentes es de 9,8 mg/L. Las aguas con más



**FIGURA 5.** Relación y tendencias entre la conductividad y la dureza del agua de la fuente (n = 85).



**FIGURA 6.** Relación y tendencias entre la concentración de cloruro y la altura de la fuente (n = 85).



cloruros son generalmente fuentes cercanas al pueblo de Viladrau y a una altitud entre 638 y 987 m sobre el nivel del mar. Hay fuentes que tienen valores relativamente altos de cloruros (>30 mg/L-<65 mg/L), inesperadas en el área de estudio del Montseny, probablemente porque circulan por zonas con rocas ígneas que contienen altas concentraciones de cloruros, como biotitas. Sin embargo, se observa una relación lineal entre la altura y los cloruros, por lo que cuando la fuente es alta, tiende a tener menos cloruros (**Figura 6**).

Las fuentes con menos cloruros son: Rupitosa (1,4), Amistat (1,4), Avet Blau (1,4), Rosa (1,4), Generosa

(1,8), Tronca Pujol (1,8), Bisbes (2,0), Matagalls (2,1), Coll Pregon (2,1) (2,1), Claret (2,1), Mossèn Cinto (2,1) y Pomereta (2,1). Todas ellas están situadas a gran altura y con un muy bajo nivel de cloruros.

#### 4.5. PARÁMETRO NITRATOS

Los nitratos presentes en las aguas de las fuentes naturales pueden tener su origen en la disolución de las rocas que lo contienen, caso raro, o por oxidación bacteriana de la materia orgánica vegetal que existe en el suelo. Se considera que hasta 10 mg/L los nitratos pueden ser de origen natural. Según el RD 140/2003 cuando el valor es mayor de 50

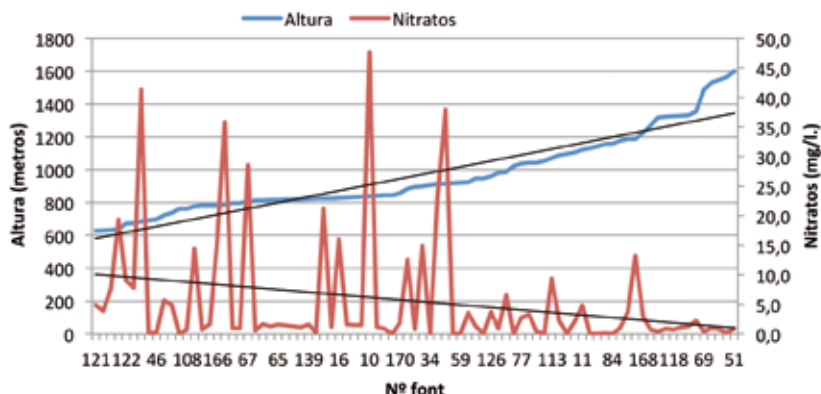
mg/L el agua no es apta para consumo humano. Puede considerarse un agua contaminada cuando "su composición o su estado se modifica directa o indirectamente por la actividad antrópica con la adición de sustancias que son puntuales o continuas y no son propias del agua". En el caso de nitratos, cuando estos provienen de un uso excesivo de fertilizantes en agricultura o de las aguas residuales domésticas.

Las fuentes con mayor concentración de nitratos son: Arimany (47,6), Vilar (41,3), Santa Catarina (38,0), Nova (35,8), Enamorats (28,6) y la Vila (23,3), todas ellas en áreas de influencia humana, ya sea porque hay actividad agrícola y ganadera en el área de drenaje de estas fuentes o cercanas a núcleos habitados

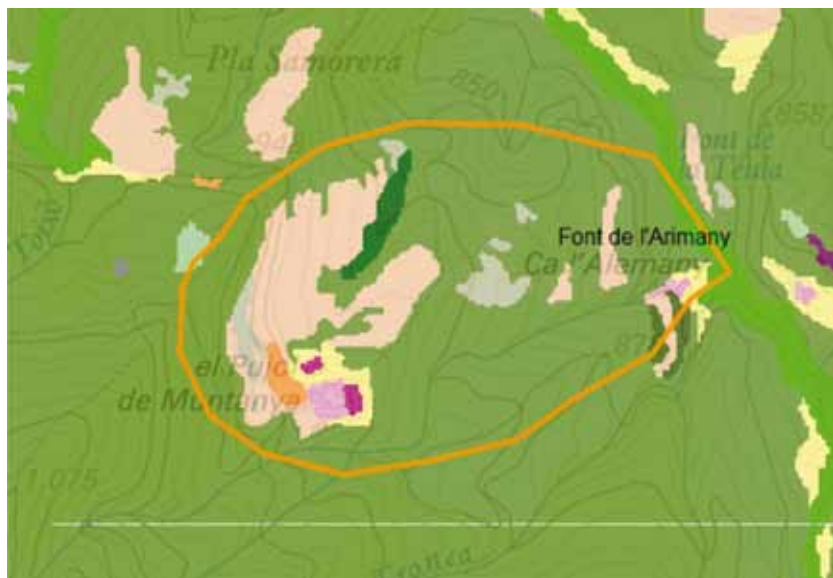
Las fuentes de Arimany, Vilar, de Santa Catarina y Masvidal se encuentran en lugares con actividad agrícola y posible excesiva fertilización de cultivos. Las fuentes Nova, de l'Amistat, de la Vila y d'En Miquel se encuentran en el pueblo de Viladrau y el origen de los nitratos puede ser aguas residuales domésticas o la fertilización de los jardines cercanos. Aunque no hay ninguna fuente que exceda el valor máximo admitido para el consumo humano, estos manantiales de agua con valores más altos se deberían monitorizar periódicamente para controlar el contenido de nitratos. El hecho de que solo el 3% de la superficie terrestre del municipio de Viladrau esté dedicado a usos agrícolas (los principales cultivos son cereales y forraje) y menos del 2% en praderas para el ganado, hace pensar que en el futuro los valores de nitratos se mantendrán en cantidades bajas.

El otro problema de los nitratos en aguas subterráneas, procedentes de fertilizantes orgánicos aplicados

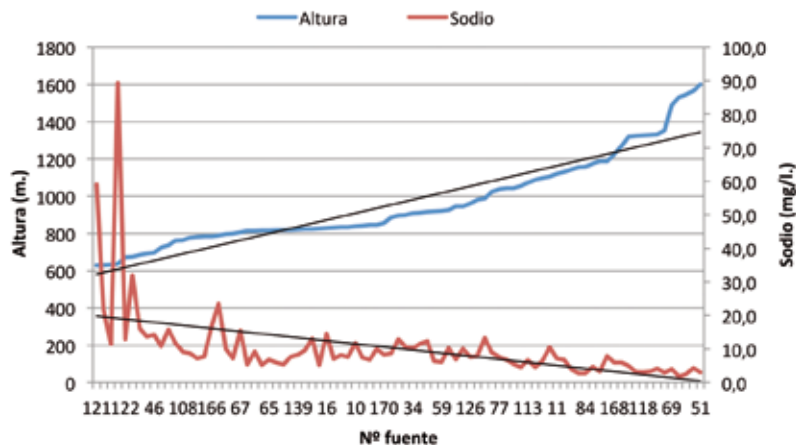
**FIGURA 7.** Relación y tendencias entre la concentración de nitrato y la altura de la fuente (n = 85).



**FIGURA 8.** Fuente de l'Arimany y área de posible entrada de contaminantes de origen agrícola.



**FIGURA 9.** Relación y tendencias entre la concentración de sodio y la altitud de la fuente (n = 85).



a cultivos, o de aguas residuales domésticas o ganaderas es que pueden llevar asociada una importante carga microbiológica que puede llegar a la fuente de agua y poner en peligro la salud de la población consumidora. En el caso de los nitratos, aunque con notables excepciones, también conforma la correlación lineal entre la altura y el contenido, a mayor altitud menos nitratos (**Figura 7**).

En la **Figura 8** se puede observar los usos del suelo de la zona próxima a la fuente de l'Arimany, la que tiene el mayor contenido en nitratos (47,6 mg/L) del municipio de Viladrau. En color rosado, los cultivos agrícolas, justo encima de la dirección del agua subterránea por la pendiente del terreno hacia la fuente (de 950 m a 850 m), siguiendo las curvas de nivel, y situada cerca de la riera del Matagalls.

#### 4.6. PARÁMETRO SODIO

Los manantiales de agua con valores más altos de sodio son: las fuentes de Masvidal (99,4), Fàbregues (85,0), Noguera (69,0), Mas de Osor (68,4), Rossinyol (31,9), Nova (23,5), Sot de les Bruixes (21,7) y Segalàs (16,7), relativamente altos para la zona del Montseny. Las cinco primeras están concentradas alrededor de la parte inferior de la Riera Major, en los depósitos aluviales del río y en rocas ígneas, dioritas, que debido a la meteorización de plagioclasas/feldespatos que contienen, pueden enriquecer en sodio las aguas circulantes. Existe una relación lineal significativa entre la altitud y la cantidad de sodio en las fuentes, excepto en las ya mencionadas (**Figura 9**).

#### 4.7. PARÁMETRO FLUORUROS

Aunque en un principio no se había considerado la posibilidad de análisis de fluoruros, la relativa proximidad



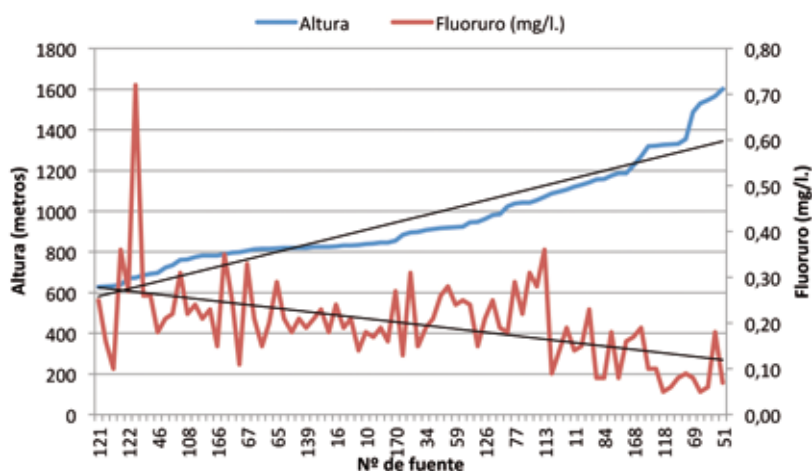
del área de estudio con Caldes de Malavella y las características de sus aguas, ha llevado a considerar este análisis. Se ha demostrado que el fluoruro también mantiene la misma correlación que el resto de los minerales en general con respecto a la altitud: a mayor altitud, menos fluoruros y, lógicamente, a la inversa (Figura 10).

El promedio de fluoruros de las 100 fuentes analizadas ha sido de 0,19 mg/L, siendo las fuentes con mayor concentración: Rossinyol (0,72), Masvidal (0,36), Minyons (0,36) y Nova (0,35). Las fuentes con menos fluoruros son: de la Vila (0,06), Mossèn Cinto (0,06), Blada (0,06), Bisbes (0,06) y Sardana (,05). En ningún caso se ha superado el valor paramétrico de 1,5 mg/L (RD 140/2003).

### 5. CORRELACIONES

Una vez realizados todos los análisis y su estudio, se puede considerar que las correlaciones más significativas entre la altitud y los parámetros analizados son con la conductividad, la dureza, los bicarbonatos, el potasio, el calcio y el flúor. Las correlaciones más significativas entre los

**FIGURA 10.** Relación y tendencias entre la concentración de fluoruro y la altura de la fuente (n = 85).



parámetros y que confirman la composición mineral de las aguas del Montseny son: la conductividad con la dureza, bicarbonato y calcio (> 0,9) y el bicarbonato con el calcio (> 0,9). En la Figura 11 se señalan los factores de correlación entre cada uno de los parámetros analizados, teniendo en cuenta que la correlación es más significativa cuando más cercano a +1 y -1. Se han marcado en color amarillo estas correlaciones de +/-0,5, que puede ser considerado más importante y en naranja > 0,9 que caracterizan el agua.

### 6. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS. DIAGRAMAS DE PIPER

La Figura 12 muestra los diagramas de Piper de cada una de las fuentes analizadas que definen su composición. Se ha hecho el balance iónico y el 66% de las muestras está entre +/-5% y el 34% restante entre +/-5-10%. La mayoría bicarbonatado-cálcicas y bicarbonatado cálcico-magnésicas, excepto las Fuentes de la Noguera, Masvidal, Font Freda, Fàbregues, Mas d'Osor y Sant Jordi, que son cálcico-sódicas (Figura 13).

**FIGURA 11.** Factores de correlación entre la altura y los parámetros analizados y entre ellos mismos (n 0 85-100).

	Altura	Cond	DurezaT	Bicarb	Nitrato	Sodio	Potasio	Flúor	Cloruro	Calcio
Altura		-0,663	-0,628	-0,655	-0,272	-0,471	-0,539	-0,534	-0,430	-0,605
Cond	-0,663		0,943	0,961	0,428	0,693	0,780	0,580	0,780	0,951
DurezaT	-0,628	0,943		0,930	0,549	0,437	0,706	0,598	0,685	0,993
Bicarb.	-0,655	0,961	0,930		0,459	0,658	0,733	0,599	0,629	0,919
Nitrato	-0,272	0,428	0,549	0,459		0,256	0,508	0,272	0,364	0,573
Sodio	-0,471	0,693	0,437	0,658	0,256		0,591	0,395	0,616	0,419
Potasio	-0,539	0,780	0,706	0,733	0,508	0,591		0,391	0,633	0,716
Fluoruro	-0,534	0,584	0,598	0,599	0,272	0,395	0,391		0,402	0,570
Cloruro	-0,430	0,780	0,685	0,629	0,364	0,616	0,633	0,402		0,678
Calcio	-0,605	0,951	0,993	0,919	0,573	0,419	0,716	0,570	0,678	



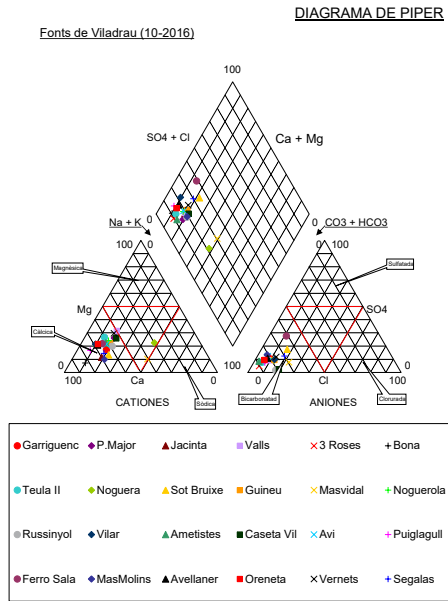


FIGURA 12. Composición de las aguas y diagramas de Piper.

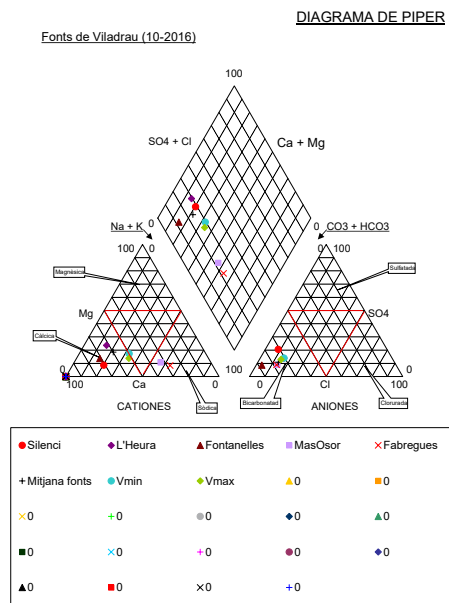
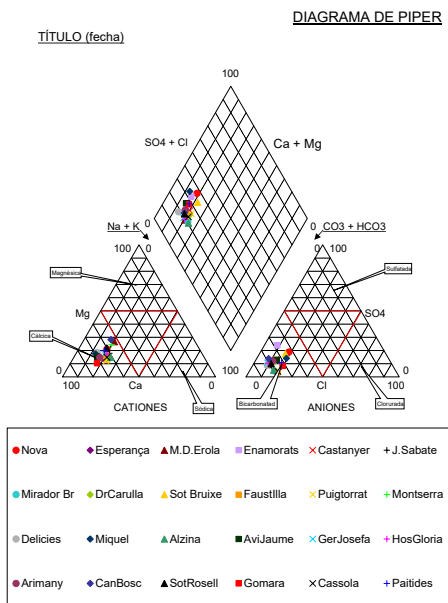
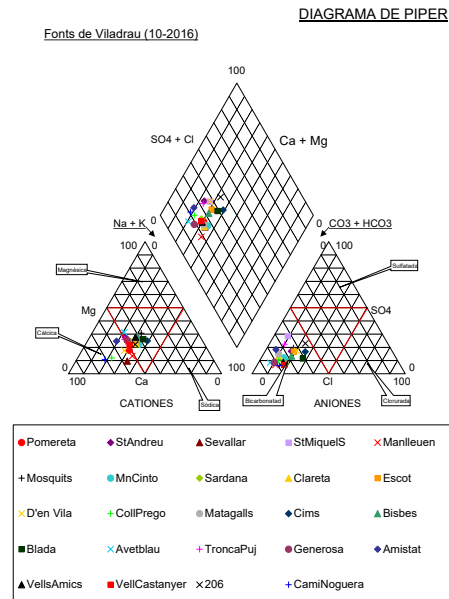
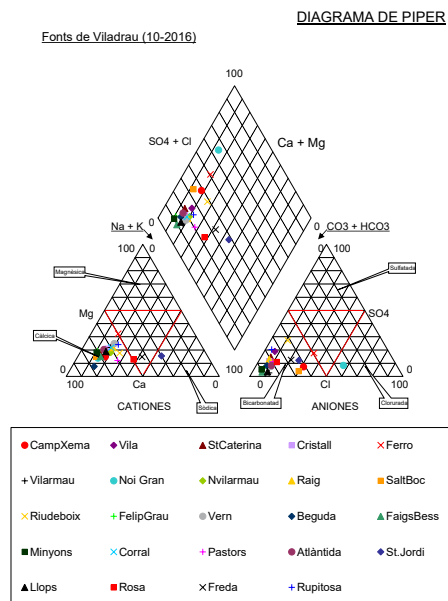


FIGURA 13. Situación de las fuentes en aluvial de Riera Major.





» En general, las aguas de las fuentes de Viladrau son de mineralización débil, con concentraciones alrededor de los 90 mg/L de bicarbonato y 25 mg/L de calcio, lo que explica la cantidad de plantas embotelladoras de agua que existen en la zona. No obstante, la mineralización de las fuentes disminuye a medida que aumenta la altitud

## 7. CONCLUSIONES

En general, las fuentes de Viladrau son de mineralización débil, bicarbonatadas y cálcicas, con concentraciones alrededor de los 90 mg/L de bicarbonato y 25 mg/L de calcio. Se debe a las características geológicas del Montseny y a la agresividad del agua a la composición química de las rocas, muy poco solubles y que dan muy poco mineral al agua.

Esto explica la gran cantidad de plantas embotelladoras de agua que existen en este entorno porque, además de ser agua de gran calidad física y química, son muy equilibradas, de bajo contenido en sodio y con un sabor es muy apreciado por la población. La mineralización de las fuentes disminuye a medida que aumenta la altitud debido al menor tiempo que ha estado en contacto con una particular formación geológica y la menor distancia recorrida de la zona de recarga hasta el área de descarga.

Se puede establecer una relación  $>0,9$  entre dureza, conductividad, bicarbonatos y calcio en las aguas del Montseny, en el municipio de Viladrau, y que determinan su composición.

Hay aguas con valores de pH  $<6,5$ , de origen natural, normalmente aguas muy poco mineralizadas y agresivas. Cuando la circulación del agua subterránea solubiliza calcio, el pH sube entre 7 y 8 y puede llegar hasta 8,3 pH cuando hay carbonatos.

Las excepciones en la concentración de cloruro y sodio, en algunas aguas, pueden explicarse por la localización de la fuente y la geología.

Existen 15 fuentes con valores de nitrato mayor que 10 mg/L, todas ellas ubicados en zonas de influencia humana y cultivos herbáceos. Ninguna de ellas sobrepasa los 50 mg/L (valor paramétrico del RD 140/2003).

El hecho de realizar un ejercicio de intercomparación de resultados garantiza su fiabilidad, como lo demuestran los valores Z-score y los porcentajes de error del balance iónico, ya que la mayor garantía de calidad en el control analítico se deriva de la comparación de los resultados obtenidos a través de ejercicios entre laboratorios, de su historial y el uso de la muestra certificada como control interno.

### Bibliografía

- [1] Ariet Barberis, A. (1915). Topografía médica de Viladrau. Fidel Giró Impresor, Barcelona.
- [2] Boada, M. (2003). Presentació '111 Fonts de Montseny i molts indrets per descobrir'. Ed. Farell, Llibre de Muntanya, 5. ISBN 84-95695-18-9. Dipòsit legal: B-11680-2003. Diputació de Barcelona y Diputació de Girona.
- [3] Boy Roura, M. (2013). Nitrate groundwater pollution and aquifer vulnerability: the case of the Osona region PhD dissertation. Universitat de Girona.
- [4] Busquets, P.; Domínguez, A.; Vilaplana, M. (1979). Geologia d'Osona. EUMO Pub., Vic, Barcelona.
- [5] Carmona, J.M.; Font, X.; Bisbal, E.; Casas, A. (1999). Característiques hidrogeoquímiques de les aigües subterrànies i superficials del Montseny. Diputació de Barcelona, Monografies, 27, <http://parcs.diba.cat/documents/155678/7a8419e8-2648-45ec-be1b-5e13009d2c2a>.
- [6] Carmona, J.M.; Bouazza, M.; Puigserver, D. (2002). Determinació de la zona de recàrrega de les aigües subterrànies del Montseny. Diputació de Barcelona, Monografies 33. <http://parcs.diba.cat/documents/155678/b725a53b-c901-44e5-8009-2153c4fcb10>.
- [7] Carmona, J.M.; Viladevall, M.; Font, X. (2002). Relació entre les característiques químiques de les aigües subterrànies del Montseny i el seu context geològic. Diputació de Barcelona, Monografies 33. <http://parcs.diba.cat/documents/155678/31952149-8324-4632-bc9e-42b378104b97>.
- [8] De Miguel Fernández, C; Vázquez Taset, Y. (2006). Origen de los nitratos (NO<sub>3</sub>) u nitritos (NO<sub>2</sub>) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. Minería y Geología, núm. 3 (2006), págs. 1-9.
- [9] Farrerons, O. (2015). Abundància i qualitat de les fonts el Montseny nord. Àlbum Aplec Matagalls, núm. 66, págs. 16-24, Barcelona
- [10] Farrerons, O (2013). El paradís del Montseny. Les fonts de Viladrau. 1a. ed. Sant Vicenç de Castellet: Farell (Llibres de Muntanya, 34).
- [11] Farrerons, O. (2012). Amics Fonts de Viladrau [en línia]. Barcelona: 2012 <http://fontssdeviladrau.jimdo.com>.
- [12] Farrerons, O; Matamoros, J; Pascual J. (2014). Estudio geobiológico de las fuentes de Viladrau. Mollet del Vallès (recurs electrònic).
- [13] Farrerons, O; Pagespetit, L. (2016). El Montseny. 51 passejades per descobrir. 1a ed. Sant Vicenç de Castellet: Farell (Llibres de Muntanya, 44).
- [14] Gallart, M.; Jiménez, M.; Montijano, V.; Olivé, M.; Ros, A. (2003). Diagnosi ambiental i historico-cultural de les fonts més representatives del Parc Natural del Montseny. Diputació de Barcelona, Monografies 36, <http://parcs.diba.cat/documents/155678/6a637fe5-a501-4577-ad5b-ccfa47b6a5eb>.
- [15] Gallart, M.; Jiménez, M.; Montiano, V.; Olivé, M.; Ros, A. (2003). Característiques fisicoquímiques i bacteriològiques de les aigües superficials i subterrànies del Parc Natural del Montseny. Diputació de Barcelona, Monografies 36, <http://parcs.diba.cat/documents/155678/7c0b2331-0645-4094-ad74-d5bf52be3e25>.
- [16] Pagespetit Blancafort, L. (2003). 111 Fonts de Montseny i molts indrets per descobrir. Ed Farell. Llibre de Muntanya, 5. ISBN 84-95695-18-9. Dipòsit legal: B-11680-2003. Diputació de Barcelona y Diputació de Girona.
- [17] Prat, F.; Oliveras, J.; Torrecasana, E. (2011). Evolució dels nitrats analitzats a l'aigua de 87 fonts situades en 28 municipis de la comarca d'Osona. AUSA XXV, núm. 168, pág. 252.
- [18] Prat, F. (1999). Qualitat de les aigües subterrànies de la comarca d'Osona. Beca col·legial 98-99. Enlace:<http://mon.uvic.cat/tlc/files/2012/06/nitrats-osona-beca-1999.pdf>
- [19] Tolosa Cabani, F. Viladrau. (2005). Un munt de noms i d'imatges. Edició realitzada por Taller Gràfic Ramon. Palma. Mallorca. Dipòsit legal: PM 1387-2005. ISBN: 84-60957-02-0.
- [20] Vives España, M.; Cid Espinach, L. (2016). 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\\_redacció\\_POUM\\_Viladrau.pdf](http://poumviladrau.cat/docs/Bases_redacció_POUM_Viladrau.pdf) [c: 12 desembre 2016].