

## CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS NATURALES ESPAÑOLAS

Ignacio S. SANTOS PIÑEIRO\*

Pontevedra, España

\* isantospineiro@gmail.com

*Recibido: 05-Septiembre-2022*

*Aceptado: 06-Noviembre-2022*

*Publicado on-line: 24-Noviembre-2022*

Cita:

Santos Piñeiro IS. 2022. Características de las aguas naturales españolas. Mol 22: 4.

### Resumen

En este trabajo se describen las principales características fisicoquímicas de las aguas naturales españolas de consumo humano. Los análisis químicos realizados por los laboratorios que controlan la calidad en 32 manantiales españoles se recogieron de las etiquetas comerciales que contienen las botellas con dichas aguas. En el total de 23 provincias españolas, se han recogido los datos correspondientes a los parámetros del Residuo seco a 180° C, expresado en mg/L, pH y de la Conductividad expresada en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , además de los datos relativos a Sulfatos, Bicarbonatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruros, Sílice, Flúor, Litio y Nitratos, todos expresados también en mg/L. El valor máximo de Bicarbonatos se detectó en la provincia de Jaén; de Sulfatos en Zaragoza y de Cloruros en Murcia, mientras que los valores máximos de Sodio y de Potasio se detectaron en Lugo. Las aguas españolas que presentaron una composición química más parecida al agua de glaciar, se localizan en las provincias de Granada y de León. Parece necesario unificar los distintos tipos de análisis sobre la composición química de las aguas naturales españolas con el fin de aclarar dicha composición y facilitar su comprensión, de forma que todos los consumidores puedan reconocer la conveniencia o no de beber cada tipo de agua natural. También puede existir cierto interés en analizar el contenido en estroncio y en otros metaloides para completar la información analítica recogida en las etiquetas comerciales.

### Abstract

This work describes the main physical-chemical characteristics of Spanish natural waters from the chemical analyzes of 32 Spanish springs, carried out by the laboratories that control the quality of these springs. In total, data corresponding to 23 Spanish provinces have been collected, including Dry residue at 180° C, expressed in mg/L, pH and Conductivity expressed in  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , in addition to data on Sulfates, Bicarbonates, Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium, Chlorides, Silica, Fluorine, Lithium and Nitrates, all also expressed in mg/L. The maximum value of Bicarbonates was detected in the province of Jaén; of Sulfates in Zaragoza and of Chlorides in Murcia, while the maximum values of Sodium and Potassium were detected in Lugo. The Spanish waters that presented a chemical composition more similar to glacier water are located in the provinces of Granada and León. It seems necessary to unify the different types of analysis on the chemical composition of Spanish natural waters in order to clarify said composition and facilitate its understanding, so that all consumers can recognize the

convenience or not of drinking each type of natural water. There may also be some interest in analyzing the contents of strontium and others metals to complete the analytical information collected on commercial labels.

## Introducción

El agua natural como elemento vital de la Tierra, procede de la lluvia y de la evaporación del agua de mar y circula por los ríos de acuerdo con un ciclo de vida geológico que, en términos generales, se mantendrá en equilibrio cuando los fenómenos de evaporación y precipitación mundiales sean similares (Penman 1972). La aridez, las altas temperaturas, la desertización o el aumento de la contaminación, impiden el retorno del agua a la atmósfera y, por tanto, alteran el ciclo del agua.

La mayor parte del ciclo del agua se realiza entre los océanos y la atmósfera. El 80% del agua evaporada vuelve después al mar mientras que el 20% vuelve a la superficie del suelo, en forma de lluvia, granizo, hielo, nieve o de rocío estimándose que el agua disponible en ríos, lagos y subsuelo es de 39 km<sup>3</sup> (Ramade 1977).

Las  $\frac{2}{3}$  partes del cuerpo humano aproximadamente son agua y la necesidad de este elemento vital se extiende además a muchos aspectos de las poblaciones humanas, entre ellos, el problema de su escasez en regiones donde se pueden detectar conflictos bélicos y hambrunas devastadoras para sus habitantes. Cuando se viaja a países del tercer mundo siempre resulta aconsejable beber exclusivamente aguas naturales embotelladas para evitar problemas gástricos y estomacales. En esos países, bastan unas gotas de disolución de hipoclorito para que el agua se mantenga limpia de gérmenes y sea potable (Casalderrey 2021) y, por consiguiente, transformar las aguas turbias de que disponen en aguas potables, se puede realizar añadiendo básicamente una sustancia precipitante como el sulfato de hierro, filtrando a través de arena y luego, esterilizando con gotas de lejía de cloro.

En este trabajo nos referimos a las aguas naturales como las aguas bebibles que tienen su origen en manantiales y que, para su comercialización, no han sido sometidas a ningún proceso químico de transformación o de conservación. Existen también las aguas artificiales que se pueden elaborar a partir de sus componentes. La síntesis del agua se conoce desde hace mucho tiempo y se puede realizar a partir del oxígeno y del hidrógeno, mezclando ambos componentes en un aparato denominado eudiómetro y haciendo saltar la chispa eléctrica (Aleixandre 1936).

Cuando se habla cotidianamente de agua destilada, se suele entender que es agua natural que ha sido despojada de sus componentes más pesados (sales, iones y partículas metálicas), aplicando procesos de ebullición y de condensación. También es frecuente hablar de agua bidestilada cuando ha sido sometida también a un proceso de doble destilación, por el cual se van eliminando más impurezas hasta obtener un agua de mayor pureza química.

La mayor parte del agua en la naturaleza fluye a través de los ríos, desde los manantiales hasta el mar, formando una corriente continua que impide que haya proliferaciones bacterianas, por lo que es muy raro que no se puedan beber directamente, excepto en el caso de que se tome el agua del lugar inmediato a un vertido contaminante. Sin embargo, las aguas estancadas o que permanecen almacenadas cierto tiempo, no se deben ingerir nunca, ya que es necesario depurarlas para eliminar las sustancias contaminantes, las bacterias y los virus responsables de muchas enfermedades de transmisión por el agua.

Los primeros ensayos para depurar las aguas consistieron en filtrarlas a través de arena y más tarde se descubrió que añadiendo cloro se destruían los gérmenes causantes de enfermedades (Johnson 1971). El proceso de depuración del agua para las ciudades consiste básicamente en extraer los elementos flotantes, dejar reposar la materia orgánica, añadir cloro y utilizar filtros para retener y separar las partículas sólidas. El cloro es el elemento desinfectante principal que se emplea en las estaciones depuradoras. Para controlar la eficacia de este proceso resulta necesario conocer exactamente los valores la carga microbiana inicial y final. Esto se realiza mediante el conteo de unidades formadoras de colonias y, expresándolo por ejemplo, en forma del número de reducciones logarítmicas. Otros procedimientos más avanzados para desinfectar las aguas, consisten en utilizar los rayos ultravioleta y el ozono (O<sub>3</sub>).

Por otra parte, se hace necesario depurar las aguas eliminado compuestos químicos nocivos y perjudiciales para la salud humana. La contaminación química del agua es importante y procede básicamente de los compuestos utilizados en agricultura, metalurgia, sector sanitario y en otros sectores industriales. El caso de la contaminación de los ríos por nitratos, es consecuencia de los abonos utilizados en los cultivos agrícolas. Parece conveniente citar también el caso de la contaminación de las aguas por medicamentos antimicrobianos cuando no se tratan estos residuos en clínicas y hospitales.

En la actualidad, todavía existen lugares en España donde se pueden encontrar aguas naturales sin contaminar, sobre todo en aldeas de alta montaña, aunque esto no significa que no puedan transportar ocasionalmente bacterias procedentes de heces y de orines animales que pastan por sus alrededores. De hecho, en los depósitos de almacenaje de las aguas naturales en las aldeas, es frecuente detectar contaminación bacteriana causada por el ganado doméstico o por los animales salvajes.

Es preciso que las aguas naturales que se comercializan en España sean potables para que pueden beberse sin peligro para la salud humana, pero no son puras en sentido estricto, puesto que contienen sales y gases disueltos en ellas. Las aguas naturales más puras son las que tienen un valor de pH igual a 7 y se suelen encontrar en la nieve y en la lluvia (Aleixandre 1936, Vollhardt 1994).

Las aguas naturales de España, en principio, es posible clasificarlas en 3 grandes grupos:

- Aguas duras: caracterizadas por tener un pH alcalino y elevado contenido en carbonatos y calcio. La cantidad de sales cálcicas y magnésicas determinan la dureza del agua.
- Aguas blandas: caracterizadas por tener pH ácido y poco contenido en sales minerales. Estas aguas suelen presentar elevados contenidos en sílice y escasas sales minerales, siendo recomendadas para dietas alimenticias ligeras, es decir, con poca cantidad de sales en disolución.
- Aguas sulfurosas: caracterizadas por tener también pH ácido y con elevado contenido en azufre, siendo recomendadas para facilitar la expulsión de moco de las vías respiratorias y, además utilizadas por vía tópica, para el tratamiento de ciertas enfermedades de la piel.

Entre las aguas duras destacan las que tienen un elevado contenido de calcio, en forma de carbonatos y bicarbonatos que son sustancias de carácter básico, con pH > 7. Este elemento es importante debido a que forma parte de los huesos y, además, interviene en las contracciones musculares. En el organismo humano se concentra básicamente en los propios huesos y,

aproximadamente un 20% se absorbe con la ingesta. Cuando las aguas presentan valores elevados de calcio, pueden resultar no adecuadas para alimentación infantil ni para personas con enfermedades específicas. Por otra parte, las aguas duras que contienen demasiado carbonato cálcico suelen también provocar depósitos e incrustaciones en las calderas y en las tuberías. Además, son aguas inadecuadas para producir jabón.

El sodio es un elemento importante para el organismo. Todos los seres vivos toman básicamente este elemento a través de la sal, pero además hay que tener en cuenta en las dietas alimenticias que existen alimentos que contienen mucha sal, como el jamón curado de cerdo y el bacalao a los que se añaden sal en abundancia para eliminar su humedad y facilitar su conservación. Un consumo excesivo de sodio se relaciona con el aumento de la presión arterial. La hipertensión puede ser debida a una deficiente excreción de sodio a nivel renal, debida a distintas causas. Cualquiera que sea el mecanismo retenedor de sal, la menor excreción de sodio hace aumentar el volumen sanguíneo y elevar la presión venosa (Varios autores 1984).

Por otra parte, el nivel de potasio en el organismo también debe estar equilibrado, pues cumple importantes funciones en los músculos y en las transmisiones nerviosas, pero al contrario que el sodio, un exceso determina el descenso de la presión arterial. Además, resulta esencial, en la práctica deportiva, tomar ciertas frutas, ricas en potasio, para prevenir calambres musculares, teniendo precaución de no ingerir demasiada cantidad porque este elemento a elevada concentración en el cuerpo humano llega a ser mortal. Las aguas que contienen muchas sales en disolución pueden transformarse en materias primas de alto valor, como por ejemplo, en el caso de las aguas del Mar Muerto que contienen más de 400 gramos de sales por litro en disolución y de las que por evaporación, se obtiene principalmente potasio y magnesio (Johnson 1971).

Las aguas duras presentan con bastante frecuencia asociados el calcio y el magnesio. La importancia del magnesio en el organismo radica en aliviar la fatiga y en mejorar la respuesta muscular pero también, en activar las enzimas necesarias para la producción de serotonina y dopamina que son neurotransmisores cerebrales.

Las aguas blandas que contienen bajas cantidades de elementos minerales, se recomiendan para facilitar la digestión, elaborar alimentos infantiles y también para elaborar dietas específicas.

Las aguas sulfurosas tienen propiedades anti fúngicas por lo que se utilizan para prevenir micosis y otras enfermedades de la piel, resultando los sulfatos esenciales para la formación de la metionina de las proteínas. Las aguas sulfurosas se pueden tomar, en dosis controladas, en balnearios termales como el de *Karlovy vary*, en la República Checa.

## Material y Métodos

Se han recogido los datos correspondientes a los análisis químicos de 32 manantiales de aguas naturales españolas, realizados por los laboratorios que controlan la calidad de dichos manantiales. Los lugares donde se ubican dichos manantiales corresponden a 23 provincias de España (tabla 1).

En todos los manantiales se analizaron los bicarbonatos y el calcio. Por el contrario, los nitratos se analizaron solamente en dos manantiales y el elemento litio solamente en un manantial. La analítica completa incluye los datos relativos al residuo seco a 180° C, expresado en mg/L, pH y conductividad expresada en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , además del contenido de sulfatos, bicarbonatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sílice, flúor, litio y nitratos, todos expresados también en mg/L.

Tabla 1. Localización de los manantiales registrados, indicando sus coordenadas geográficas (X,Y).

Provincia	Código	X	Y
Albacete	Al	559257	4286320
Asturias	As <sub>1</sub>	303838	4792607
Asturias	As <sub>2</sub>	312382	4806772
Ávila	Av	350634	4522631
Badajoz	B <sub>1</sub>	672450	4343119
Badajoz	B <sub>2</sub>	323291	4337364
Gerona	G	459639	4629512
Granada	Gr	456975	4085999
Guadalajara	Gu	530026	4546256
Huesca	H	294330	4706338
Jaén	J <sub>1</sub>	499364	4224644
Jaén	J <sub>2</sub>	427756	4171953
León	L <sub>1</sub>	281514	4721616
León	L <sub>2</sub>	719971	4724773
Lugo	Lu	632031	4743398
Madrid	Md	448173	4523844
Mallorca	Mll	474184	4393992
Murcia	M	606655	4246130
Ourense	O <sub>1</sub>	629412	4644372
Ourense	O <sub>2</sub>	630289	4642051
Pontevedra	P <sub>1</sub>	519728	4720205
Pontevedra	P <sub>2</sub>	542169	4674951
Salamanca	S <sub>1</sub>	267562	4554049
Salamanca	S <sub>2</sub>	273285	4534164
Soria	So	538769	4592962
Toledo	T <sub>1</sub>	330352	4416828
Toledo	T <sub>2</sub>	332659	4403072
Teruel	Te	619568	4485368
Valencia	V <sub>1</sub>	660836	4372847
Valencia	V <sub>2</sub>	683997	4297532
Zamora	Z	686958	4655414
Zaragoza	Za	593424	4560839

## Resultados y Discusión

Las aguas naturales españolas presentan una composición muy diferente a lo largo de todo el territorio. Se han comprobado 3 características fisicoquímicas y 12 compuestos químicos presentes en las aguas naturales de 32 manantiales españoles (figura 1).



Figura 1. Localización de los manantiales de aguas naturales en España.

No se detectó el análisis completo en ninguna agua natural examinada. Las aguas naturales españolas que indicaron la analítica más completa se localizan en las provincias de Madrid y de Ourense, con 12 y 11 características analizadas respectivamente. De las 32 aguas naturales españolas examinadas, solamente 4 aguas indican el pH, registrándose el pH más ácido de 6,7 en la provincia de Pontevedra (estación P<sub>2</sub>) y el más básico, de 8,0 en Jaén (código J<sub>2</sub>). Sin embargo, en otros países de nuestro entorno, resulta más frecuente indicar el pH de las aguas naturales (Penacova, Gouveia y Serra de San Mamede en Portugal; Ogeu, y Vergéze, en Francia; Harrogate, Reino Unido).

Además, en otros países europeos se pueden encontrar análisis de otros elementos raros, como el estroncio (Bérgamo, Italia). Sin embargo, la composición química de las aguas naturales embotelladas en otros países es desconocida para el consumidor (Mount Franklin, Australia).

La conductividad es otro parámetro que solamente se indican en 4 aguas naturales, mientras que el residuo seco lo indican 22 de las 32 aguas examinadas. El valor promedio del residuo seco fue  $192,64 \pm 82,79$  mg/L., detectándose el valor máximo en la provincia de Jaén (código J<sub>1</sub>) y el valor mínimo en la provincia de Teruel.

La cantidad de bicarbonatos en las aguas españolas examinadas (figura 2), registró un promedio de  $172,90 \pm 108,53$  mg/L, detectándose el valor máximo en la provincia de Jaén (J<sub>1</sub>) y el mínimo en la provincia de Pontevedra (P<sub>1</sub>).

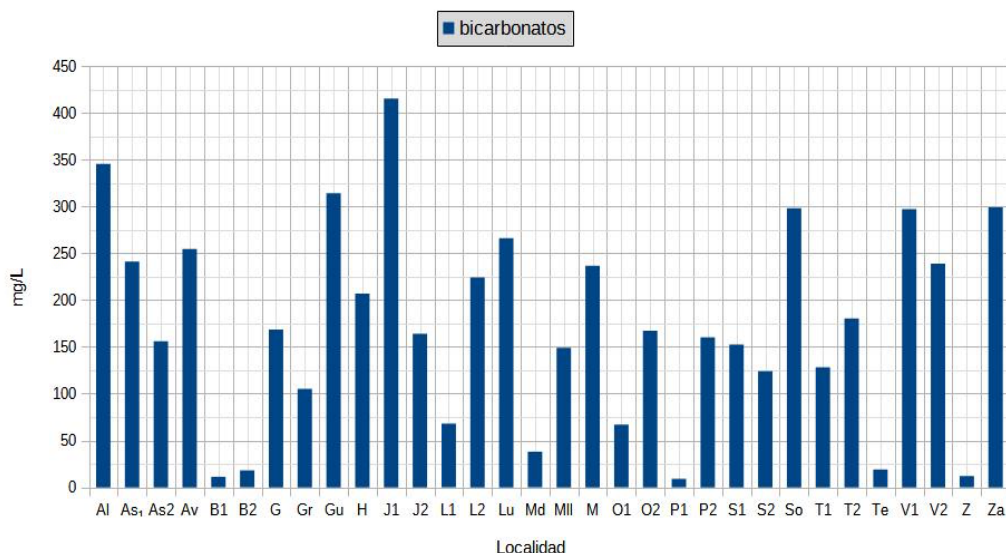


Figura 2. Contenido en bicarbonatos de las aguas naturales españolas (N=32).

En una misma provincia se pueden encontrar distintas clases de aguas naturales y, por tanto con propiedades muy diferentes debido a que sus manantiales surgen en lugares distintos con diferente formación geológica. En Asturias y en Valencia se comercializan aguas naturales con mucho calcio y magnesio pero también se encuentran aguas naturales con menos cantidad de estos elementos.

Los sulfatos se analizan en 23 de las 32 las aguas naturales examinadas, resultando el valor promedio igual a  $24,41 \pm 33,90$  mg/L, detectándose el valor máximo en Zaragoza y el valor mínimo, en la provincia de Salamanca (figura 3).

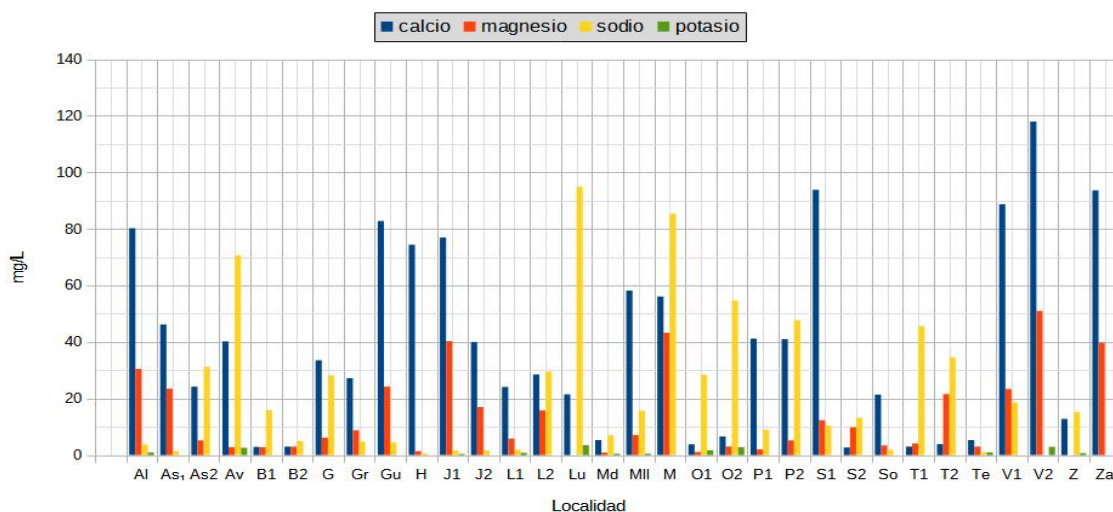


Figura 3. Contenido en sulfatos y en cloruros de las aguas naturales españolas. En las localidades B<sub>2</sub>, J<sub>2</sub>, S<sub>2</sub> y V<sub>2</sub> no se analizan ni sulfatos ni cloruros.

Los cloruros se indican en 25 manantiales, siendo su valor promedio igual a  $22,12 \pm 27,60$  mg/L, detectándose el valor máximo en Murcia y el valor mínimo, en la provincia de Huesca (figura 3). La elevada presencia de cloruro en el agua de Murcia puede ser debida a su proximidad con el mar y a las características del subsuelo de esta provincia mediterránea.

El calcio (N=32) es el elemento más analizado en las aguas naturales, registrando un valor promedio igual a  $39,41 \pm 33,48$  mg/L, y detectándose el valor máximo en Valencia (localidad V<sub>2</sub>) y el mínimo, en Toledo (localidad T<sub>1</sub>). El magnesio (N=30) es un elemento químicamente similar al calcio y presenta un promedio igual a  $13,94 \pm 14,44$  mg/L, detectándose también el valor máximo en Valencia (localidad V<sub>2</sub>) y el valor mínimo en Madrid (figura 4). La cantidad diaria de magnesio que se recomienda ingerir es de 375 mg., de forma que si una persona tomase solamente agua, necesitaría ingerir al menos unos 7 litros de agua natural del manantial valenciano V<sub>2</sub>, donde este elemento alcanza el mayor contenido.

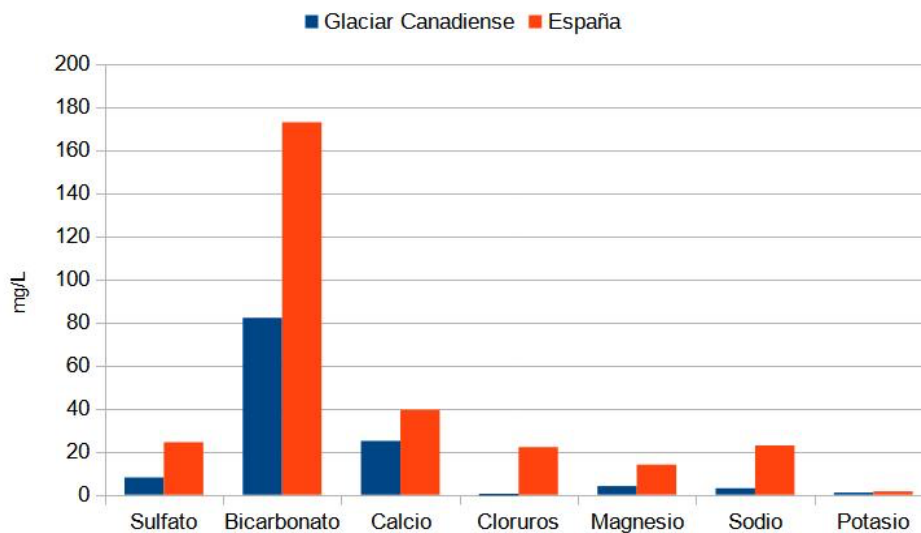


Figura 4. Contenido en calcio, magnesio, sodio y potasio de las aguas naturales españolas.

Por otra parte, el sodio (N=30) se detecta siempre en cantidades muy superiores al potasio (N=12), aunque ambos elementos tienen propiedades químicas similares. Mientras que el primero registró un promedio de  $22,78 \pm 25,78$  mg/L, el segundo registró un promedio bastante menor, igual a  $1,53 \pm 1,12$  mg/L. Los valores máximos se detectaron ambos en la provincia de Lugo, pero los valores mínimos se detectaron en Huesca y en Jaén (localidad J<sub>1</sub>) respectivamente.

La mayor cantidad de potasio en España se registra en la provincia de Lugo con un valor de 3,50 mg/L valor que contrasta mucho con el valor de 10-40 mg/L que llega a alcanzar en el agua natural de la península arábiga (Alka Live, Qatar).

Los restantes elementos que se indican en las analíticas de las aguas naturales españolas son la sílice, el flúor y los nitratos, aunque los datos que se pueden recoger en la actualidad son escasos. De los tres citados, la sílice se indica en 18 de las 32 aguas naturales comprobadas, mostrando un valor promedio de  $16,98 \pm 14,49$  mg/L, detectándose el máximo valor en Ourense (código de localidad O<sub>1</sub>) y el mínimo, en Mallorca. El flúor aparece indicado solamente en 6 manantiales, siendo su valor promedio  $0,34 \pm 0,33$  mg/L, detectándose el máximo valor en la provincia de Ourense (código de localidad O<sub>2</sub>) y el mínimo valor, en la provincia de Zamora. A pesar de la importancia de los nitratos como bioindicadores de la carga orgánica del agua, solamente se indican los análisis en 2 de las 32 aguas naturales examinadas, registrándose el valor de 0,60 mg/L en la provincia de Mallorca y, ausencia en el agua natural de La Cabrera, en la provincia de Madrid. El elemento litio se registra solamente en Ourense (código de localidad O<sub>2</sub>) y en concentración de 0,16 mg/L.

En conjunto, las aguas naturales españolas tienen más cantidad de sales en disolución que el agua considerada más pura de los glaciares norteamericanos, con más de 9000 años de antigüedad (Eska, Canadá) donde las cantidades de elementos químicos son mucho menores, excepto en el caso del potasio (figura 5). Las aguas españolas que presentaron una composición química más parecida al agua de este glaciar, se localizan en Granada y en Rabanedo, provincia de León.

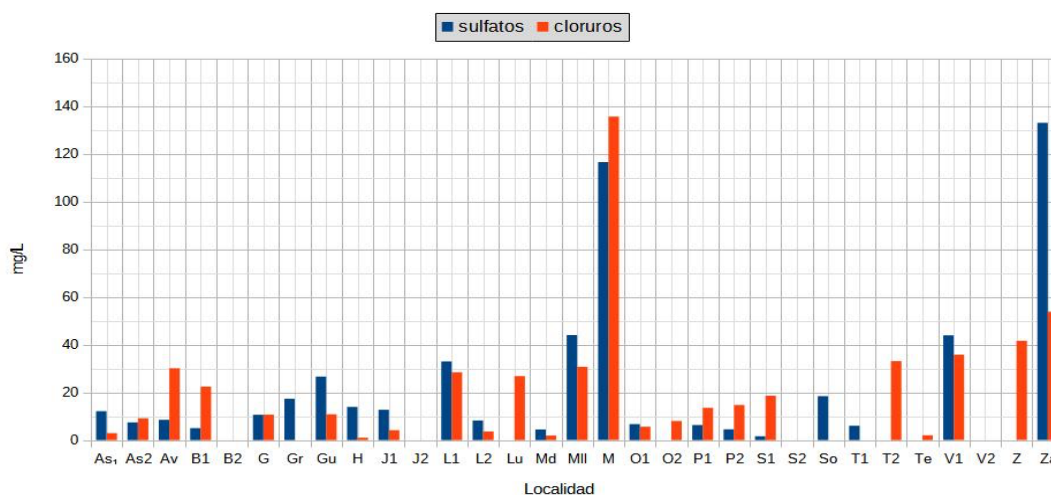


Figura 5. Composición química promedio del agua española y la del glaciar canadiense.

Por otra parte, a partir de los resultados de los análisis de la composición química de las aguas naturales, sería posible intentar relacionar el consumo habitual del agua bebida en las distintas localidades con la frecuencia de determinadas carencias minerales de la población. Es bastante notorio que en Galicia las aguas presentan escasez de calcio, mientras que en localidades como Asturias y Aragón existen aguas muy ricas en calcio. Sin embargo todavía no se conoce exactamente la relación de este elemento químico con una mayor incidencia de la osteoporosis.

Respecto a la incidencia de distintas enfermedades relacionadas con el consumo de agua existen enfermedades que se podrían asociar tanto a un consumo habitual de agua dura procedente de manantiales con rocas calcáreas, como a un consumo habitual de agua blanda, procedente de manantiales con rocas graníticas que filtran mucha agua de lluvia y, por ello contienen poca materia orgánica. En cualquier caso, resulta necesario estudiar cada caso particular para determinar con cierto nivel de seguridad, cual es el agua natural más idónea para cada persona, en función de su edad y de sus problemas de salud.

### Conclusiones

Las principales aguas naturales duras se encontraron en las provincias de Albacete, Jaén y Guadalajara; estas aguas suelen recomendarse para restablecer el equilibrio mineral del organismo, fortalecer los huesos y mejorar la respuesta muscular.

Las principales aguas naturales blandas se registraron en las provincias de Pontevedra, Zamora y Badajoz. Son aguas calificadas como de mineralización débil que presentan unos valores bajos de residuo seco y de sales, siendo aguas recomendadas para la elaboración de dietas infantiles y de bebés.

Las principales aguas naturales con mayor contenido en sulfatos, se detectaron en las provincias de Zaragoza, Murcia y Mallorca. Por otra parte, las aguas con alto contenido de azufre muchas veces están asociadas con el hierro que resulta esencial para la formación de la hemoglobina, sustancia roja de la sangre y, cuya carencia, causa una variedad de anemia.

Parece necesario unificar los distintos tipos de análisis sobre la composición química de las aguas naturales españolas y también ampliar el número de parámetros analizados con el fin de aclarar dicha composición y facilitar su comprensión, de forma que todos los consumidores puedan reconocer la conveniencia o no de beber cada tipo de agua natural.

Existen ciertos elementos químicos como el estroncio que pueden tener interés indicar sus valores en las etiquetas comerciales de las botellas, para completar la información analítica y también, para controlar las posibles desviaciones perjudiciales para la salud humana o para los ecosistemas.

### **Agradecimientos**

A Ignacio Santos Rosales por facilitar el mapa de los manantiales naturales de España y a Víctor Santos Rosales por colaborar en la redacción del manuscrito.

### **Referencias**

- Aleixandre V. 1936. Química. Imprenta Sucesores de Rivadeneira, S.A. Madrid. 211 pp.
- Casalderrey ML. 2021. Química, benefactora de la humanidad. Editorial Planeta S.A.U. Barcelona. 204 pp.
- Varios autores. 1984. Harrison Principios de Medicina Interna. Tomo I. Salvat editores, Libros McGraw-Hill. 6ª edición en español. Págs.: 240-243.
- Johnson JH. 1971. El hombre y el agua. Biblioteca General Salvat. Barcelona. Págs.: 75-88.
- Penman HL. 1972. La Biosfera. Alianza Editorial S.A. Madrid. El ciclo del agua, págs.: 80-101.
- Ramade F. 1977) Elementos de Ecología aplicada. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 581 pp.