

ARTÍCULOS

Calidad bacteriológica del agua de manantial envasada
expandida en la ciudad de Quito, Ecuador

Bacteriological quality of bottled spring water sold in the city of
Quito, Ecuador



Christian Pillajo- Llushca¹, Judith Araque- Rangel², Félix Andueza-Leal^{3,4,5}



christian_pill@hotmail.com

¹ Consultor Independiente en el área de Ingeniería Ambiental. Quito, Ecuador.



jdaraqued@uce.edu.ec

² Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Química. Grupo de Investigación ACMME. Quito, Ecuador.



fdandueza@uce.edu.ec

³ Universidad Central del Ecuador. Carrera de Ingeniería Ambiental. Quito, Ecuador.



andueza@ula.ve

⁴ Universidad de los Andes. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Departamento de Microbiología y Parasitología. Campus de Campo de Oro. Mérida, Venezuela.



fandue01@ucm.es

⁵ Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas. Doctorado en Ciencias Biológicas. Campus de la Moncloa. Madrid, España.

FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 19, núm. 1, 2025

revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 09 diciembre 2024

Aprobación: 28 febrero 2025

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v19i1.7621>

Autor de correspondencia:

fdandueza@uce.edu.ec

RESUMEN

El consumo de agua mineral de manantial envasada ha venido creciendo a nivel mundial en los últimos años, representando un mercado de miles de millones de dólares. El agua de manantiales envasada es un producto no estéril con una microbiota bacteriana autóctona, por lo que requiere estudios periódicos para garantizar su inocuidad. Por ello, el objetivo del trabajo fue determinar la calidad bacteriológica del agua de manantial envasada al momento de su comercialización en la ciudad de Quito, cuantificando diferentes grupos bacterianos indicadores de la calidad sanitaria. Las muestras de agua envasada fueron obtenidas aleatoriamente en establecimientos comerciales, evaluándose cinco marcas de agua de manantial envasada sin gas. De cada marca de agua envasada se recolectaron durante dos campañas de muestreos un total de ocho botellas de plástico con un volumen de 1,50 litros de agua de un mismo lote. Se cuantificaron los grupos de bacterias heterótrofas, coliformes totales y fecales, así como el grupo de las bacterias del género *Pseudomonas* utilizando la técnica de filtración en membrana. Los resultados obtenidos en el análisis bacteriológico evidencian la presencia de bacterias heterótrofas en un rango de $1,2 \times 10$ UFC/100 mL a $1,6 \times 10^3$ UFC/100 mL y bacterias del género *Pseudomonas* en un rango de $2,0 \times 10$ a $5,2 \times 10$ UFC/100 mL. No se observó la presencia de coliformes totales y de *Escherichia coli* en ninguna de las muestras analizadas. Los resultados evidencian números superiores de bacterias a los establecido en las normativas nacionales e internacionales.

Palabras claves: agua envasada; agua manantial; agua mineral; calidad microbiológica; calidad sanitaria.

ABSTRACT

The consumption of natural spring mineral water has been growing worldwide in recent years, representing a market worth millions of dollars. Bottled mineral water from natural springs is a non-sterile product with an indigenous bacterial microbiota, which is why it requires periodic studies to guarantee its safety. Therefore, the objective of the work was to determine the bacteriological quality of bottled natural mineral water at the time of its commercialization in the city of Quito, quantifying different bacterial groups that are indicators of sanitary quality. Samples of bottled natural mineral water were obtained randomly in commercial establishments, evaluating five brands of bottled natural mineral water without gas. From each brand of bottled water, a total of eight plastic bottles with a volume of 1.50 liters of water from the same batch were collected during two sampling campaigns. The groups of heterotrophic bacteria, total and fecal coliforms, as well as the group of bacteria of the *Pseudomonas* quantified using the membrane filtration technique. The results obtained in the bacteriological analysis show the presence of heterotrophic bacteria in a range of 1.2×10 CFU/100 mL to 1.6×10^3 CFU/100 mL and bacteria of the *Pseudomonas* in a range of 2.0×10 at 5.2×10 CFU/100 mL. The presence of total coliforms and *Escherichia coli* was not observed in the samples analyzed. The results show higher numbers of bacteria than those established in national and international regulations.

Keywords: bottled water; spring water; mineral water; microbiological quality; health quality



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

Cómo citar:

Pillajo- Llushca, C., Araque-Rangel, J. & Andueza-Leal, F. (2025). Calidad bacteriológica del agua de manantial envasada expendida en la ciudad de Quito, Ecuador.

FIGEMPA: *Investigación y Desarrollo*, 19(1), e7621. <https://doi.org/10.29166/revfig.v19i1.7621>

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha estimado a nivel mundial ventas de alrededor de 350 mil millones de litros de agua envasada, con un valor aproximado de 270 mil millones de dólares, representando un crecimiento en el mercado mundial del agua envasada del 73% (Bouhleb *et al.*, 2023).

Para el año 2021 América Latina y el Caribe representaron el 9% del mercado global en ventas de agua envasada, siendo el mercado asiático el más grande con 49%. Entre los 50 países con mayores ventas de agua envasada Ecuador se encuentra en el puesto 31, con un valor de 1000 millones de dólares para el año 2021, mientras que ocupó el lugar 30, entre los países con mayor consumo de agua envasada per cápita para ese año (Bouhleb *et al.*, 2023).

En Ecuador el porcentaje de población que consume agua tratada, según el tipo de suministro, es a nivel rural del 41,3%, del cual el 5,5% corresponde a agua envasada, mientras que, a nivel urbano el porcentaje es del 19,7%, del cual el 6,6% pertenece a agua envasada (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019).

El agua es uno de los compuestos esenciales para la vida, dado que es el principal componente del cuerpo humano (Rodríguez-Mañas *et al.*, 2020). El agua inocua para el consumo humano es aquella que no produce riesgo a enfermedades y no contiene contaminantes biológicos y químicos (OMS, 2018).

El agua envasada suele ser considerada como saludable, segura y pura, sin embargo, de acuerdo con el informe de la United Nations University Institute for Water, Environment and Health (Bouhleb *et al.*, 2023) realizado en el año 2023 y que incluye datos obtenidos de 109 países, se indica que alrededor del mundo se han reportado estudios que señalan la contaminación en varias marcas de agua envasada en los parámetros inorgánicos, orgánicos y microbiológicos, los cuales superaban los valores límites de la normativas internacionales.

De acuerdo con la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2178, el agua de mineral natural es caracterizada por su composición de minerales y oligoelementos, de origen en fuentes subterráneas o naturales, las cuales se encuentran protegidas de contaminación (INEN, 2011a). La cual no debe someterse a tratamientos que altere su composición hasta su llegada al consumidor.

La contaminación por agentes microbiológicos y químicos del agua de manantial envasada puede ocurrir en varias fases de su procesamiento. El agua mineral de manantial al salir de su fuente se encuentra constituida por una microbiota autóctona y posteriormente se puede ir añadiendo una microbiota denominada alóctona la cual pertenece a otros hábitats. Esta población microbiana alóctona pueden tener origen en el transporte, envasado o almacenamiento del agua. El agua mineral de manantial no es estéril, conteniendo poblaciones microbianas que se pueden multiplicar posterior al envasado, representando un riesgo para los consumidores, siendo crucial la evaluación de la calidad sanitaria del agua una vez envasada (Da Silva Luz *et al.*, 2020; Pourfadakari *et al.* 2022).

Se han realizados una gran cantidad de estudios sobre la calidad microbiológica del agua de manantial envasada en diferentes partes del mundo, en donde se ha evidenciado el riesgo de este tipo de contaminación para el público consumidor y la necesidad de hacer estudio periódicos y sistemáticos sobre ello (Eckmanns *et al.*, 2008; Naze *et al.*, 2010; Andueza, 2013; Araque, 2014; Rodríguez *et al.*, 2018; Da Silva Luz, 2020; Bances Torres, 2023; Bradley *et al.*, 2023; Perera *et al.*, 2023; Schalli *et al.*, 2023; Martínez & Salas, 2024).

En Ecuador son escasos los estudios sobre la contaminación microbiológica del agua de manantiales envasada, sin embargo, en el último año se han realizados varias investigaciones en diferentes lugares del país evidenciado la necesidad de que se realicen análisis más frecuentes de manera de evitar problemas de salud pública (Sánchez Pilco, 2019; Fienco Bacusoy *et al.*, 2023; Pillajo, 2023, Llanos García, 2024).

El objetivo de este trabajo es determinar la calidad bacteriológica del agua de manantial envasada al momento de su comercialización en establecimientos comerciales de la ciudad de Quito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La investigación se realizó en la ciudad de Quito, capital de Ecuador, ubicada en el centro del país en la provincia de Pichincha (ver Figura 1), a una altitud de 2850 m s.n.m. y con una población estimada de 2'679.722 personas (Prefectura de Pichincha, 2021).

Recolección de las muestra

Las muestras de agua de manantial envasada fueron obtenidas por medio de muestreo aleatorio en establecimientos comerciales en la ciudad de Quito, siguiéndose las metodologías utilizadas por Andueza (2013) y Araque (2014). Se seleccionaron 5 marcas de agua de manantial en envases de plástico con un volumen de 1,50 litros, recolectadas en dos campañas de muestreo. En cada muestreo se obtuvieron por duplicado 4 unidades por cada marca pertenecientes al mismo lote de fabricación, analizándose 10 lotes y 80 unidades en total.

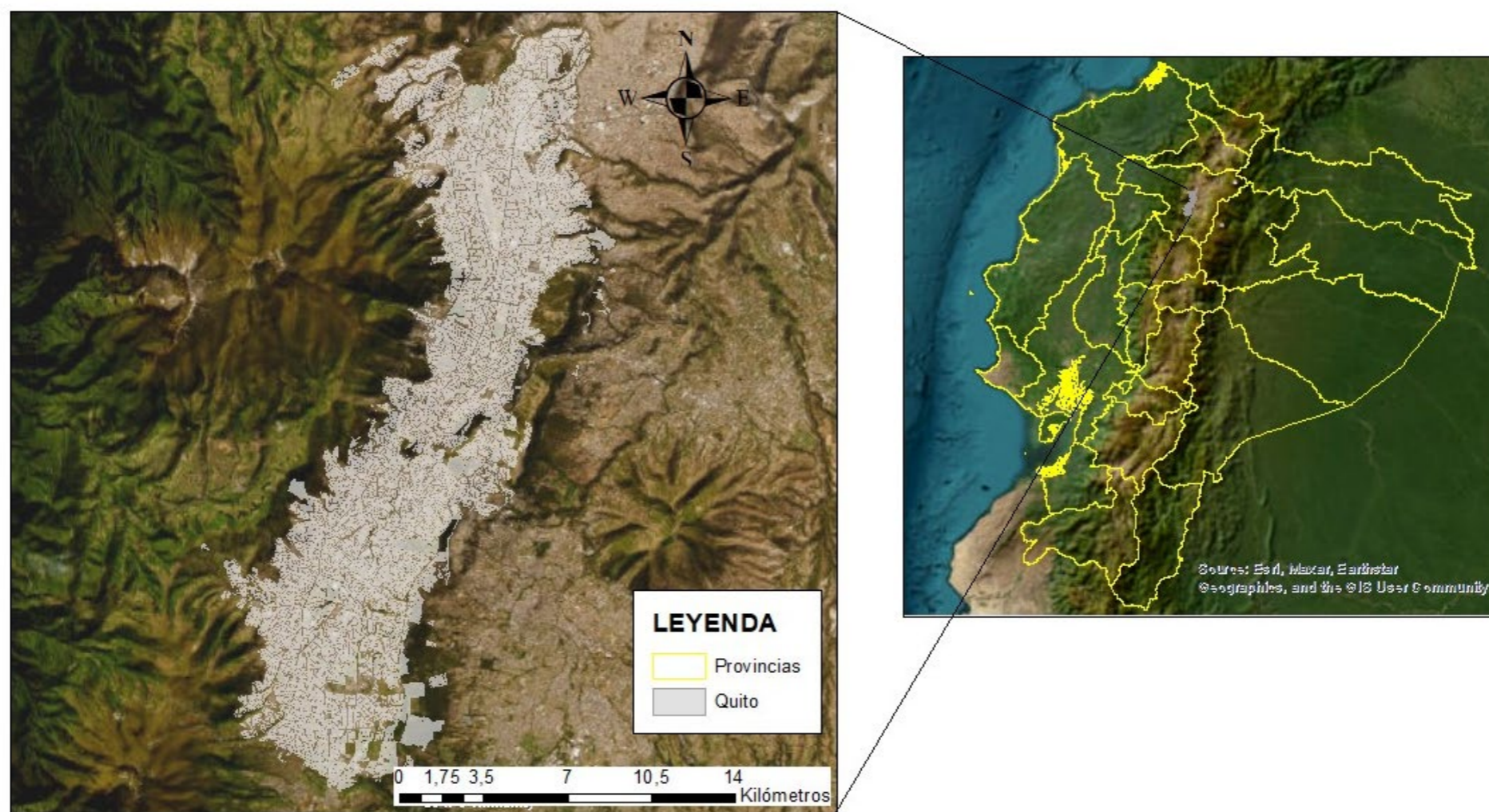


FIGURA 1
Ubicación geográfica de la zona de estudio

Las muestras de agua envasada fueron conservadas en cavas a temperatura ambiente para su procesamiento en laboratorio, empleándose equipo de protección personal y siendo desinfectadas superficialmente los envases con alcohol a 72° para evitar contaminación cruzada. Con la finalidad de mantener la confidencialidad las muestras fueron etiquetadas como A, B, C, D, E del 1 al 4 para la primera campaña y del 5 al 8 para la segunda (Pillajo, 2023).

Análisis microbiológico

El recuento de bacterias heterótrofas se realizó por método de filtración en membranas, filtrando 100 mL de cada una de las muestras de agua de manantial envasada a través de filtro de celulosa estériles de 47 mm de diámetro y 0,45 μm de tamaño de poro, colocándose en cajas Petri, siendo posteriormente incubadas por 24 a 72 horas a 30 °C (Araque, 2014).

Por medio del método de siembra en superficie se determinó la presencia de bacterias coliformes totales y *Escherichia coli* en placas Compact Dry EC, en las cuales se inoculó 1 mL de cada una de las muestras de agua de manantial envasada, llevándose a incubación durante 48 horas a 37 °C. Los análisis se realizaron por duplicado (Pillajo, 2023).

Para el recuento de las bacterias del género *Pseudomonas* se siguió la metodología indicada por APHA (2017), mediante la técnica de filtración en membrana, filtrando un volumen de 100 mL de cada una de las muestras de agua mineral de manantial envasada, a través de filtros de celulosa estéril de 47 mm de diámetro y 0,45 μm de tamaño de poro, siendo colocados en las cajas Petri de plástico desechables con Agar Cetrimide, llevándose a incubación durante 24 a 72 horas a 37 °C (Araque, 2014). Los resultados fueron reportados como unidades formadoras de colonias en cien mililitros (UFC/100 mL).

Comparación de los resultados obtenidos con la normativa nacional e internacional

Los resultados obtenidos en los cultivos y aislamientos realizados fueron comparados con los valores paramétricos establecidos en las normativas de Ecuador (INEN, 2011a, 2011b), España (BOE, 2023a, 2023b), Unión Europea (UE, 2009, 2020) y Venezuela (COVENIN, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Microbiológico

La Organización mundial de la salud define a las aguas aptas para el consumo humano como aquellas que son inocuas para la salud y no contienen ningún organismo patógeno (OMS, 2018).

En diversas partes del mundo se ha conocido que el agua mineral de manantial envasada puede presentar problemas de contaminación con bacterias y se ha indicado que la presencia de estos microorganismos en las aguas envasadas pueden proceder de fuentes tales como la contaminación del agua en las nacientes de los manantiales utilizados, de los equipos empleados en el procesamiento del agua durante su envasado, problemas de asepsia con los envases, así como por contaminación microbiana procedentes del ambiente y/o de las personas que trabajan en estas industrias (Araque, 2014; Da Silva et al., 2020; Fienco Bacusoy et al., 2023; Bances Torres, 2023; Perera et al., 2023; Schalli et al., 2023).

De igual forma, diversos investigadores han señalado que el consumo de agua envasada contaminada con microorganismos puede representar

un riesgo para la salud del público consumidor, sobre todo en los individuos con problemas en su estado inmunológico o en niños recién nacidos y personas de la tercera edad (Eckmanns *et al.*, 2008; Andueza, 2009; Naze *et al.*, 2010; Rodríguez-Mañas *et al.*, 2020; Bradley *et al.*, 2023).

Una de las formas de conocer y cuantificar la contaminación microbiológica en el agua es determinando el número de microorganismos indicadores de calidad sanitaria presentes, entre estos indicadores se encuentran las bacterias heterótrofas, coliformes totales, coliformes fecales y *Pseudomonas* (Pullés *et al.*, 2014; Ríos-Tobón *et al.*, 2017; Derakhshani *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2018; Quinteros y Mejía, 2018).

Es por ello por lo que en la investigación se cuantificaron los indicadores de calidad sanitaria bacterias heterótrofas, coliformes totales y fecales y la presencia de bacterias del género *Pseudomonas*.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, respecto a bacterias heterótrofas indican valores promedios de Unidades Formadora de Colonias (UFC) de bacterias heterótrofas en el rango de $1,2 \times 10$ UFC/100 mL a $1,6 \times 10^3$ UFC/100 mL, con una media para cada marca entre $3,5 \times 10$ y $1,6 \times 10^3$ UFC/100 mL (Ver Tablas 1, 2, 3 y 4).

De acuerdo con la normativa internacional de la Comunidad Económica Europea y de España (UE, 2009, 2020; BOE, 2023a, 2023b), para las aguas de consumo humano, los resultados obtenidos en el presente trabajo superan en algunas de las muestras analizadas el valor límite máximo permitido para el conteo de bacterias heterótrofas que es de 100 UFC/mL.

Por otro lado, las normativas COVENIN 1431-82 de Venezuela y la norma e INEN 2178 de Ecuador, no consideran la determinación de las bacterias heterótrofas en sus normas, por lo que no existen límites con los cuales comparar para este indicador (COVENIN, 1993; INEN, 2011a, 2011b).

Los resultados evidencian problemas de crecimiento bacteriano durante la permanencia de las botellas de agua en los anaqueles, debido a que valores superiores a 100 UFC/mL pueden señalar problemas bacterianos en el envasado, distribución o almacenamiento y un posible riesgo para la salud de los consumidores (Andueza, 2013; Araque, 2014).

TABLA 1
 Valores promedios del número de bacterias heterótrofas, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas spp* correspondientes al primer muestreo

Marca	Unidad de muestra	Bacterias heterótrofas (UFC/100 mL)	Coliformes totales (UFC/100 mL)	<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL)	<i>Pseudomonas spp</i> (UFC/100 mL)
A	A1	$5,1 \times 10$	0	0	0
	A2	$1,6 \times 10^3$	0	0	0
	A3	0	0	0	0
	A4	0	0	0	$2,0 \times 10$
B	B1	0	0	0	0
	B2	$1,4 \times 10$	0	0	0
	B3	$1,6 \times 10^3$	0	0	0
	B4	$9,0 \times 10$	0	0	0
C	C1	$7,0 \times 10$	0	0	0
	C2	$1,6 \times 10^3$	0	0	0
	C3	$1,6 \times 10^3$	0	0	$3,0 \times 10$
	C4	0	0	0	0
D	D1	$1,6 \times 10^3$	0	0	0
	D2	$1,6 \times 10^3$	0	0	0
	D3	$1,6 \times 10^3$	0	0	0
	D4	$1,6 \times 10^3$	0	0	0
E	E1	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0
	E4	0	0	0	0

TABLA 2

Valores promedios de número de bacterias heterótrofas, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas spp* correspondientes al segundo muestreo

Marca	Unidad de muestra	Bacterias heterótrofas	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas spp</i>
		(UFC/100 mL)	(UFC/100 mL)	(UFC/100 mL)	(UFC/100 mL)
A	A5	0	0	0	0
	A6	1,6 x 10 ³	0	0	5,2 x 10
	A7	0	0	0	0
	A8	1,6 x 10 ³	0	0	0
B	B5	1,6 x 10 ³	0	0	0
	B6	1,6 x 10 ³	0	0	0
	B7	0	0	0	0
	B8	1,2 x 10	0	0	0
C	C5	0	0	0	0
	C6	1,4 x 10 ²	0	0	3,2 x 10
	C7	0	0	0	0
	C8	0	0	0	0
D	D5	1,6 x 10 ³	0	0	0
	D6	1,6 x 10 ³	0	0	0
	D7	2,7 x 10 ²	0	0	0
	D8	1,7 x 10 ²	0	0	0
E	E5	0	0	0	0
	E6	0	0	0	0
	E7	0	0	0	0
	E8	0	0	0	0

TABLA 3

Media de los valores de bacterias heterótrofas, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas spp* correspondientes al primer muestreo

Marca	Unidad de muestra	Bacterias heterótrofas	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas spp</i>
		Valores Promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL
A	A1				
	A2				
	A3	4,12 x 10 ²	0	0	0,5 x 10
	A4				

Marca	Unidad de muestra	Bacterias heterótrofas	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas spp</i>
		Valores Promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL
B	B1				
	B2				
	B3	4,26 x 10 ²	0	0	0
	B4				
C	C1				
	C2				
	C3	4,43 x 10 ²	0	0	0,75 x 10
	C4				
D	D1				
	D2				
	D3	1,63 x 10 ³	0	0	0
	D4				
E	E1				
	E2				
	E3	0	0	0	0
	E4				

TABLA 4

Media de los valores de bacterias heterótrofas, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas spp* correspondientes al segundo muestreo

Marca	Unidad de muestra	Bacterias heterótrofas	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas spp</i>
		Valores Promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL
A	A5				
	A6				
	A7	8,0 x 10 ²	0	0	1,3 x 10
	A8				
B	B5				
	B6				
	B7	8,03 x 10 ²	0	0	0
	B8				
	C5				

Marca	Unidad de muestra	Bacterias heterótrofas	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas spp</i>
		Valores Promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL	Valores promedios en UFC/100 mL
C	C6				
	C7	3,5 x 10	0	0	0,80 x 10
	C8				
D	D5				
	D6				
	D7	9,10 x 10 ²	0	0	0
	D8				
E	E5				
	E6				
	E7	0	0	0	0
	E8				

El recuento de bacterias heterótrofas, aunque excede los valores máximos permitidos en la normativa europea y española (UE, 2009, 2020; BOE, 2023a, 2023b), estuvo por debajo de los reportados por autores de diversas partes del mundo (Andueza, 2013; Marín et al., 2017; Rygala et al., 2020; Sala-Comorera et al., 2020).

Varga en un trabajo donde se evaluó 246 muestras de agua mineral sin gas expendidas en Hungría, señala que en 59 muestras se evidenció presencia de bacterias heterótrofas con recuento superiores a 100 UFC/mL representado el 24% de total, resultados similares al encontrado en la presente investigación (Varga, 2011).

Así mismo, Sala-Comorera et al., en un estudio realizado en la Ciudad de Barcelona, España en el año 2020 en donde se examinaron 10 marcas de agua mineral natural envasadas de circulación en esa ciudad de España, observaron la presencia de bacterias heterótrofas en 7 marcas de agua envasada con valores en el rango 2 UFC/100 mL a $4,2 \times 10^5$ UFC/100 mL, resultados superiores en cuanto al número de bacterias heterótrofas a los obtenidos en los análisis realizados en las muestras de agua envasada de la ciudad de Quito, Ecuador (Sala-Comorera et al., 2020).

Rygala et al. (2020) evaluaron 10 muestras de agua mineral sin gas, las cuales en su recuento de bacterias heterótrofas superaron las 100 UFC/100 mL, con un valor promedio de 450 UFC/100 mL, resultado similar al encontrado en el presente estudio.

Las bacterias heterótrofas suelen estar presente en mayor cantidad en las nacientes de los manantiales de agua mineral, el recuento alto tiende a interpretarse como indicador de proliferación natural de bacterias, sin embargo, su presencia también puede indicar contaminación en las instalaciones y/o equipos de las empresas expendedoras (Leclerc y da Costa, 2011). Se ha indicado que las bacterias del agua mineral envasada presentan la capacidad de multiplicarse a pesar de encontrarse en un medio pobre en nutrientes. Entre los factores que propician su multiplicación en agua mineral son el aumento de temperatura, nutrientes del envase y la oxigenación (Leclerc y da Costa, 2011; Andueza, 2013; Araque, 2014).

Las bacterias heterótrofas tienen la capacidad de forma biopelícula y colonizar superficies inertes, especialmente en medio acuosos pobres en carbono orgánico, facilitando su adhesión, propiciando la transmisión de patógenos oportunistas (Varga, 2011; Rygala et al., 2020).

Otros de los grupos bacterianos indicadores de calidad sanitaria investigados fueron el de los coliformes totales y de las bacterias *Escherichia coli*. Como se observa en la Tabla 1 y Tabla 2 los grupos bacterianos de coliformes totales y *Escherichia coli* no se detectaron en ninguna de las unidades de agua envasadas evaluadas en ambos muestreos. Estos resultados se encuentran acorde con trabajos realizados por otros investigadores (Andueza, 2000; Derakhshani et al., 2018; De Souza Portugal et al., 2019).

Los coliformes totales en agua mineral envasada son un indicador de presencia de materiales como tierra o plantas y de fallas de higiene en el procesamiento industrial, indicando ocurrencia de contaminación con origen desconocido, ya sea en la naciente, tratamiento o distribución, además tienen la capacidad de generar biopelícula en tuberías, equipos y envases (Ríos-Tobón et al., 2017).

La presencia de *Escherichia coli* señala posible contaminación orgánica reciente de origen fecal y un riesgo para la salud del público consumidor (Gomes et al., 2014; Pullés, 2014; Marín L et al., 2017; OMS, 2018).

En la relación a la cuantificación del grupo bacteriano de las bacterias del género *Pseudomonas*, uno de los indicadores de calidad sanitaria evaluados, los resultados obtenidos evidencian la presencia de la bacteria *Pseudomonas spp* con valores promedios en un rango de $2,0 \times 10$ a $5,2 \times 10$ UFC/100 mL, y medias entre $0,5 \times 10$ y $1,3 \times 10$ UFC/mL (Ver Tablas 1,2,3 y 4).

En 4 de las muestras analizadas se superaron los valores paramétricos establecidos para la bacteria *Pseudomonas* por la Directiva Europea (UE, 2009, 2020), en las normas españolas (BOE, 2023a, 2023b) y en la normativa venezolana y ecuatoriana (COVENIN, 1993; INEN, 2011a, 2011b).

El recuento en el número de células de las bacterias del género *Pseudomonas* observado en el presente estudio, fue menor a los señalados por Araque (2014) en un estudio realizado en la ciudad de Mérida Venezuela, con presencia positiva en 82 de las 190 (43,16%) muestras analizadas con un valor que fluctuó entre (1 a 31 UFC/100 mL) en 20 de las 38 marcas analizadas.

Da Silva Luz *et al.* (2020) evaluaron 99 muestras de 15 marcas de agua mineral envasada, representado 33 lotes hallándose presencia positiva a *Pseudomonas spp* en 10 muestras, correspondientes a 8 lotes, superando los valores establecidos en la legislación brasileña y a los observados en el presente trabajo.

Varga (2011) de las 246 muestras de agua mineral sin gas analizadas, consiguió presencia positiva a *Pseudomonas spp* en seis muestras, es decir, en el 2,4% del total, resultado similar al observado en la presente investigación.

Los microorganismos del género *Pseudomonas* no son un componente natural de la microbiota de las aguas minerales de manantiales, considerándose su presencia como un indicador de contaminación en su origen o durante el proceso de envasado. Su capa de polisacáridos actúa como protección al efecto del cloro residual, favoreciendo su capacidad de sobrevivir y multiplicarse en agua a pesar de su tratamiento. La presencia de *Pseudomonas* al ser considerados como patógenos oportunistas es inaceptable en agua mineral envasada (Varga, 2011; Araque, 2014; Ríos *et al.*, 2017; Da Silva Luz *et al.*, 2020).

Varios autores relacionan el efecto bacteriostático del género *Pseudomonas* a inhibir el crecimiento de coliformes y de las bacterias heterótrofas pudiendo ello ser una de las causas del número bajo en los indicadores bacterianos observados (Souza Coelho *et al.*, 2010; Andueza, 2013; Ríos-Tobón *et al.*, 2017; Tomaselli Ribeiro *et al.*, 2020; Da Silva Luz *et al.*, 2020).

Finalmente es importante destacar que se detectó la presencia de bacterias heterótrofas en el 55% (22 unidades) de las muestras analizadas, la presencia de *Pseudomonas spp* en 4 muestras (10%), mientras que no se observó presencia de *Escherichia coli* y coliformes totales en ninguna de las muestras analizadas (Ver Tabla 5).

TABLA 5
 Presencia de bacterias en las aguas minerales envasadas analizadas

Muestreo	Muestras analizadas	Bacterias heterótrofas	<i>Escherichia coli</i>	Coliformes totales	<i>Pseudomonas spp</i>
1	20	12 (60%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (10%)
2	20	10 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (10%)
Total	40	22 (55%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (10%)

CONCLUSIONES

Se evidenció la presencia de bacterias heterótrofas con valores superiores a lo aceptado por la normativa de la Comunidad Económica Europea y los reglamentos para el agua envasada de España.

No se detectó la presencia de coliformes totales y de la bacteria de *Escherichia coli*.

El recuento de *Pseudomonas spp* superó los valores establecidos en las normativas de la Comunidad Europea, Ecuador, España y Venezuela en algunas de las muestras y lotes evaluados.

Los valores de los indicadores bacterianos analizados señalan una calidad bacteriológica insatisfactoria de las aguas minerales analizadas para la mayoría de las marcas de agua envasadas estudiadas.

La presencia de patógenos oportunistas en algunas de las muestras, como es el caso de bacterias del género *Pseudomonas*, pone en evidencia la necesidad un control más estricto, precautelando la seguridad del consumidor, a fin de evitar brotes de enfermedades infecciosas, especialmente en personas inmunodeprimidas, niños pequeños y personas de la tercera edad.

REFERENCIAS

- Andueza, F. (2013) "Calidad bacteriológica del agua mineral envasada expendida en la ciudad de Mérida, Venezuela", *Perspectiva*, 14(16), pp. 41-49. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/288258196_Calidad_bacteriologica_del_agua_mineral_ensavada_expendida_en_la_ciudad_de_Merida_Venezuela/link/567f8bda08ae1e63f1e80615/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Andueza, F. (2009) "El agua mineral envasada", *Investigación*, (19), pp. 20-23. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/30419>
- Andueza, F. (2000) "Calidad bacteriológica del agua mineral envasada expendida en la ciudad de Mérida: Estudio transversal julio-agosto año 1998", *Rev. Fac. Farm.*, 38, pp. 9-19. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-294269>

- APHA (2017) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23^{ra} Ed. USA: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. Disponible en: <https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf>
- Araque Rangel, J. (2014) *Microbiota bacteriana heterótrofa aerobia mesófila del agua envasada*. Tesis de Maestría. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Bances Torres, F. (2023) *Indicadores microbiológicos de calidad sanitaria en las etapas del proceso industrial de agua embotellada de la empresa industrial de bebidas AJEPER – Chiclayo, enero 2021 – julio 2021*. Tesis de Grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú, Lambayeque. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12042>
- Bradley, P.M., Romanok, K.M., Smalling, K.L., Focazio, M.J., Evans, N., Fitzpatrick, S.C., Givens, C.E., Gordon, S.E., Gray, J.L., Green, E.M., Griffin, D.W., Hladik, M.L., Kanagy, L.K., Lisle, J.T., Loftin, K.A., Blaine McCleskey, R., Medlock-Kakaley, E.K., Navas-Acien, A., Roth, D.A., South, P., & Weis, C.P. (2023) "Bottled water contaminant exposures and potential human effects", *Environment international*, 171, 107701. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107701>
- BOE - Boletín Oficial del Estado (2023a) *Real Decreto 2/2023, de 10 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano, y el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano*. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. Madrid, España. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-627
- BOE Boletín Oficial del Estado (2023b) *Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro*. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. Madrid, España. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2023-628>.
- Bouhlef, Z., Köpke, J., Mina, M., and Smakhtin, V. (2023) *Global Bottled Water Industry: A Review of Impacts and Trends*. Hamilton, Canada: United Nations, University Institute for Water, Environment and Health. Disponible en: <https://doi.org/10.53328/AGYM7357>
- COVENIN (1993) *Normas sobre la caracterización de las aguas envasadas para consumo humano y comercializadas en el país*. Caracas, Venezuela: Comité Venezolano de Normas Industriales (COVENIN). Disponible en: <https://faolex.fao.org/docs/html/ven24828.htm>
- Da Silva, L.I., Vasconcellos, L., De Mello Medeiros, V., Chaia Miranda, C.A., De Oliveira Rosas, C., Araújo Pimenta, M.M., Ferreira, F.C., Carvalho Pereira, C.M., Lima Brandão, M.L., & Pereira Miagostovich, M. (2020) "Assessment of the microbiological quality of natural mineral waters according to the manufacturing time of 20 L returnable packs in Brazil", *FEMS Microbiology Letters*, 367 (15), fnaa120. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa120>
- Derakhshani, E., Naghizadeh, A., Yari, A. R., Mohammadi, M. J., Kamranifar, M., & Farhang, M. (2018) "Association of toxicochemical and microbiological quality of bottled mineral water in Birjand city, Iran", *Toxin Reviews*, 37 (2), pp. 138–143. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1331359>
- De Souza Portugal, D., Rodrigues Silva, C., Vasconcelos Machado, D., de Lima, L. A., & Vieira da Silva-Filho, E. (2019) "Evaluation of the Quality of Drinking Mineral Waters Commercialized in Niterói Municipality-RJ", *Anuario do Instituto de Geociencias*, 42(2). Disponible en: http://dx.doi.org/10.11137/2019_2_299_308
- Eckmanns, T., Oppert, M., Martin, M., Amorosa, R., Zuschneid, I., Frei, U. & Weist, K. (2008) "An outbreak of hospital-acquired *Pseudomonas aeruginosa* infection caused by contaminated bottled water in intensive care units", *Clinical Microbiology and Infection*, 14(5), pp. 454-458. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2008.01949.x>
- Fienco Bacusoy, A. R., Hernández Escobar, A. A., Cañarte Vélez, C. R., & Once Ponce, J. M. (2023) "Análisis microbiológico de las aguas embotelladas comercializadas en la ciudad de Jipijapa-Manabí-Ecuador", *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 16 (44), pp. 1272-1287. Disponible en: <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n44-017>
- Gomes, F. C. O., Silveira, D. M. S., Silva, A. L. D., de Sousa, P. P., & Badottim F. (2014) "Monitoring microbiological and physicochemical quality of bottled mineral water sold in Minas Gerais, Brazil", *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 4 (3), pp. 538–543. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/washdev.2014.159>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2011a) *Aguas Minerales. Aguas Minerales Naturales. Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 2178, pp. 1–8. Quito, Ecuador. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/352538949/Normas-INEN-2178-Ecuador>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2011b) *Aguas Minerales y Aguas Purificadas*. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 055. Quito, Ecuador. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-055-1R.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2019) *Medición de los indicadores de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH), en Ecuador*. Quito, Ecuador: INEC. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Indicadores%20ODS%20Agua%2C%20Saneamiento%20e%20Higiene-2019/3.%20Principales%20resultados%20indicadores%20ASH%202019.pdf>
- Leclerc, H., & da Costa, M. S. (2011) "Microbiology of natural mineral waters". En: Dege, N. (Ed). *Technology of bottled water*. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781444393330.ch12>
- Llanos García, F. A. (2024) *Evaluación de la calidad del agua embotellada en la provincia bolívar a través de análisis biomoleculares (PCR) y cultivos microbiológicos*. Tesis de grado. Guaranda, Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar. Disponible en: <https://www.dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/6735>
- Marín, J.C., Behling, E., Carrasquero, S., Colina, G., Díaz, A., & Rincón, N. (2017) "Calidad sanitaria de agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo (Venezuela)", *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 57(1), pp. 26-35. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482017000100003

- Martínez, K., & Salas, E. (2024) "Calidad sanitaria del agua envasada distribuida en tres municipios del norte de Santander, Colombia", *Tecnología y ciencias del agua*, 15(3), pp. 01-27. Disponible en: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2024-03-01>
- Naze, F., Jouen, E., Randriamahazo, R. T., Simac, C., Laurent, P., Blériot, A., Chiroleu, F., Gagnevin, L., Pruvost, O. & Michault, A. (2010) "Pseudomonas aeruginosa outbreak linked to mineral water bottles in a neonatal intensive care unit: fast typing by using high-resolution melting analysis of a variable-number tandem-repeat locus", *Journal of clinical microbiology*, 48(9), pp. 3146-3152. Disponible en: <https://doi.org/10.1128/jcm.00402-10>
- OMS Organización Mundial de la Salud (2018) *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. 4ª ed. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <https://www.who.int/es/publications/item/9789241549950>
- Perera, D. D. N., Herath, A. T., Randika, J. L. P. C., Ruwandepika, H. A. D., & Jayalal, R. G. U. (2023) "Evaluation of microbiological quality of commercially available bottled drinking water in Colombo district, Sri Lanka", *Ceylon Journal of Science*, 52(2), pp. 181-190. Disponible en: <http://doi.org/10.4038/cjs.v52i2.8159>
- Pillajo, C. (2023) *Calidad fisicoquímica, microbiológica y química del agua mineral envasada expendida en la Ciudad de Quito, Ecuador en el año 2022*. Tesis de Pregrado. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/29694>
- Pourfadakari, S., Dobaradaran, S., De la Torre, G. E., Mohammadi, A., Saeedi, R., & Spitz, J. (2022) "Evaluation of the occurrence of organic, inorganic, and microbial contaminants in bottled drinking water and comparison with international guidelines: a worldwide review", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(37), pp. 55400-55414. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21213-x>
- Prefectura de Pichincha (2021) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023*. Quito. Disponible en: https://www.pichincha.gob.ec/images/2023/pdf/rendicion_cuentas_2022/Folleto%20PDOT%202019-2023_2.pdf
- Pullés, M. R. (2014) "Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba" *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 45 (1), pp. 25-36. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>
- Quinteros, E. y Mejía, R. (2018) "Calidad Microbiológica del Agua Envasada en El Salvador 2014-2015", *Alerta, Revista científica Del Instituto Nacional De Salud*, 1 (1), pp. 26-34. Disponible en: <https://camjol.info/index.php/alerta/article/view/6587>
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M. & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017) "Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano", *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35 (2), pp. 236-247. Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Rodríguez, S. C., Asmundis, C. L., Ayala, M. T., & Arzú, O. R. (2018) "Presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano en San Cosme (Corrientes, Argentina)", *Revista Veterinaria*, 29 (1), pp. 9-12. Disponible en: <https://doi.org/10.30972/vet.2912779>
- Rodríguez-Mañas, L., Sáenz de Pipaón, M., & Miñana, V. (2020) "The importance of water consumption in health and disease prevention: the current situation", *Nutrición hospitalaria*, 37(5), pp. 1072-1086. Disponible en: <https://doi.org/10.20960/nh.03160>.
- Rygala, A., Berlowska, J., & Kregiel, D. (2020) "Heterotrophic plate count for bottled water safety management", *Processes*, 8 (6), 739. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/PR8060739>
- Sala-Comorera, L., et al. (2020) "Unravelling the composition of tap and mineral water microbiota: Divergences between next-generation sequencing techniques and culture-based methods", *International Journal of Food Microbiology*, 334, 108850. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108850>
- Sánchez Pilco, M. R. (2019) *Calidad microbiológica de las aguas embotelladas en frascos de 20 litros que se expenden en la ciudad de Ambato*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/19565?mode=full>.
- Schalli, M., Platzer, S., Haas, D., & Reinthaler, F. F. (2023) "The behaviour of *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* in bottled mineral water", *Heliyon*, 9(11), e21634. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21634>
- Souza Coelho, M. I., Mendes, E. S., Soares Cruz, M. C., Santos Bezerra, S., & Pinheiro, R. P. (2010) "Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais consumidas na região metropolitana de Recife, Estado de Pernambuco", *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 32(1), pp. 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.4025/actascihealthsci.v32i1.3837>
- Tomaselli Ribeiro, I., Paiva de Oliveira, A., de Souza David, A., Cristina Oliveira, K., Helena Scabora, M., Spessoto Martinez, B., & Dalla Villa, R. (2020) "Physicochemical and microbiological evaluation of natural mineral water produced in Mato Grosso State, Brazil", *Multi-Science Journal*, 3 (1), pp. 32-39. Disponible en: <https://doi.org/10.33837/msj.v3i1.1188>
- Unión Europea (UE) (2020) *Directiva (UE) 2020/2184/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2020, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano*. Diario Oficial de la Unión Europea. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2020-81947>
- Unión Europea (UE) (2009) *Directiva 2009/54/CE del parlamento europeo y del Consejo de 18 de junio de 2009 sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales*. Diario Oficial de la Unión Europea. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2009/164/L00045-00058.pdf>.
- Varga, L. (2011) "Bacteriological quality of bottled natural mineral waters commercialized in Hungary", *Food Control*, 22 (3-4), pp. 591-595. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.10.009>