DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Artículos

Calidad sanitaria del agua envasada distribuida en tres municipios del norte de Santander, Colombia

Sanitary quality of bottled water distributed in three municipalities in the north of Santander, Colombia

Karen Martínez[1], ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9528-4066

Elaysa Salas[2], ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9315-7351

[1]Universidad de Santander, Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud, Programa Bacteriología y Laboratorio Clínico, Cúcuta, norte de Santander, Colombia, ka.martinez@mail.udes.edu.co

[2]Universidad de los Andes, Facultad de Odontología, Departamento de Biopatología, Cátedra Microbiología, Mérida, Venezuela, elaysalas72@gmail.com

Autora para correspondencia: Karen Martínez, ka.martinez@mail.udes.edu.co

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y Ciencias del Agua

OPEN ACCESS

Check for updates

Resumen

El agua envasada —o embotellada— es una fuente vital de hidratación en favor de la salud. Las empresas de agua embotellada gestionan los recursos responsablemente y tienen como gran reto invertir en ciencia, tecnología, innovación e investigación, y prácticas que mejoran la calidad y conservación del agua. En Colombia, el mercado del agua embotellada se lo disputan cerca de 800 compañías, las cuales parten del agua potable, y le suman tratamientos de microfiltración, nanofiltración, ozonización, ósmosis inversa, luz ultravioleta y pasteurización, entre otros.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la presencia de aerobios mesófilos, coliformes, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella* spp. en agua potable tratada envasada producida por empresas de San José de Cúcuta, y comercializada en los municipios de Los Patios, Villa del Rosario y Cúcuta, Colombia. Se recolectaron 50 muestras en diez empresas y se analizaron siguiendo metodologías establecidas en las normas técnicas colombianas. Se determinó la presencia de aerobios mesófilos en un 76 % del total de muestras, coliformes totales en 36 %, coliformes fecales en 28 %, *Pseudomonas aeruginosa* en 12 % y *Salmonella* spp. en 0 %, resultados que superan los valores permitidos de acuerdo con lo expuesto por el Ministerio de Salud (1991), en la resolución 12186 de 1991, razón por la cual se debe hacer un seguimiento y control exhaustivo en las etapas del procesamiento y distribución del agua potable tratada envasada, a fin de establecer las medidas correctivas necesarias que aseguren la calidad y reduzcan el riesgo potencial para la salud de los consumidores.

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Palabras clave: coliformes, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* spp., agua envasada, Colombia.

Abstract

Bottled water is a vital source of hydration for health. Bottled water companies manage resources responsibly and have as a great challenge to invest in science, technology, innovation, research and practices that improve the quality and conservation of water. In Colombia, the bottled water market is disputed by about 800 companies, which start with drinking water and add microfiltration, nanofiltration, ozonation, reverse osmosis, ultraviolet light, pasteurization, among others.

The objective of this study was to evaluate the presence of mesophilic aerobes, coliforms, Pseudomonas aeruginosa and Salmonella spp. in treated bottled drinking water produced by companies in San José de Cúcuta and marketed in the municipalities of Los Patios, Villa del Rosario and Cúcuta, Colombia. A total of 50 samples from ten companies were collected and analyzed following methodologies established in Colombian technical standards. The presence of mesophilic aerobes was determined in 76% of the total number of samples, total coliforms in 36%, fecal coliforms in 28%, Pseudomonas aeruginosa in 12% and Salmonella spp. in 0%. These results exceed the permitted values, according to Resolution 12186 of 1991 from the Ministry of Health (Ministerio de Salud, 1991). For this reason, it is necessary to carry out an exhaustive follow-up and control of the processing and distribution stages of bottled treated drinking water in order to establish the necessary corrective measures to ensure quality and reduce the potential risk to the health of consumers.

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Keywords: Coliforms, *Pseudomonas aeruginosa, Salmonella* spp., bottled water, Colombia.

Recibido: 14/05/2021

Aceptado: 21/08/2022

Publicado Online: 29/09/2022

Introducción

El agua es una molécula cuyas propiedades excepcionales, derivadas de su composición y estructura, la hacen imprescindible para la vida. En su ausencia, ningún ser vivo puede cumplir su ciclo vital, de allí que garantizar su conservación, disponibilidad e inocuidad es una responsabilidad mundial (Azcona & Fernández, 2012). En el planeta existen más de 10 tipos de agua, las cuales se clasifican en función de sus características químicas, físicas o biológicas. El agua bruta o cruda, presente en reservas naturales sin alteraciones o tratamientos que afecten su composición, es el punto de partida para la obtención del agua potable o aguas para otros usos (Vargas, 2004).

Desde la antigüedad, el consumo de agua contaminada ha sido asociada con el padecimiento de procesos infecciosos originados por microorganismos, como bacterias, virus y parásitos que la utilizan como vía de transmisión desde el medio ambiente hasta el ser humano, que la consume de manera directa o la utiliza en diferentes procesos, como la

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

obtención, trasformación y preparación de alimentos, aseo personal y doméstico, y la producción de energía, entre otros (Díaz *et al*., 2007).

El agua potable se define como aquella "adecuada para el consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal" (OMS, 2017). En Colombia, el Decreto número 1575 de 2007, que establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, la define como "El agua potable tratada, envasada y comercializada con destino al consumo humano, entendida como un producto de la industria alimentaria" (Ministerio de la Protección Social, 2007). De igual forma, en numerosas normas que rigen para cada país se contempla que el agua potable debe reunir una serie de características concretas, como ser limpia y segura; incolora, inodora e insípida; carecer de elementos en suspensión; libre de contaminantes orgánicos, inorgánicos o radiactivos; mantener una proporción determinada de gases y sales inorgánicas disueltas (Azcona & Fernández, 2012); esto incluye hasta la calidad de los recipientes, aprobados por la autoridad competente, y el cierre hermético (COVENIN Nº 1431-82) (Covenin, 1982); por último, y no menos importante, no contener microorganismos patógenos que comprometan la salud. Para ello se deben realizar análisis exhaustivos que garanticen su inocuidad, pues las posibles consecuencias de la contaminación microbiana para la salud son tales que su control debe ser objetivo primordial y nunca comprometerse (Ríos-Tobón, Agudelo-Cadavid, & Gutiérrez-Builes, 2017).

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Tecnología y Ciencias del Agua
OPEN ACCESS
Check for updates

Historia del agua embotellada

La industria moderna del agua envasada cuenta con unos orígenes genuinamente europeos y vinculados con la cultura del agua mineral, llegando a ser hoy en día un negocio que mueve más de 170 mil millones de dólares, que sigue creciendo día tras día en todas las partes del mundo (Ecocircular, 2018), y fomenta la proliferación de numerosas empresas a diferentes escalas, que ofrecen diversas presentaciones, que van desde botellas de vidrio o plástico hasta bolsas de policarbonato, polietileno o tereftalato de polietileno En Europa, por ejemplo, Italia encabeza el consumo de agua embotellada, con 188.5 litros por año, por habitante, seguida por Alemania, Hungría, Bélgica y Francia; en sexto lugar está España, con 121 litros (Vilar-Rodríguez & Lindoso-Tato, 2014).

Se proyecta que el mercado global de agua embotellada registre una CAGR (tasa de crecimiento anual compuesto) de 6.2 % para el periodo de pronóstico (2022-2027) (Mordor Intelligence, s.f.). Por otro lado, se tiene que Asia Pacífico es el área con mayor proyección de CAGR para 2021-2026, mientras que América del Norte tiene la mayor participación del mercado de agua embotellada. El mercado mundial de agua embotellada está segmentado por tipo (agua sin gas, agua con gas y agua funcional); canal de distribución (fuera de comercio y comercio), y geografía (América del Norte, Europa, Asia-Pacífico, América del Sur y Oriente Medio, Oriente y África).

En Norteamérica, de acuerdo con la Asociación Internacional de la Industria de Agua Embotellada, para 2005 el agua en botella era la segunda bebida más popular en EUA, con un consumo de más de 7.5

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

millones de galones entre los estadounidenses, es decir, un promedio de 26 galones por persona al año. En la actualidad, solamente las bebidas carbonatadas sin alcohol se venden más que el agua embotellada (Díaz *et al*., 2007; FDA, 2017). Según la Asociación Internacional de Agua Embotellada en (2022), la bebida envasada preferida de EUA, el agua embotellada, hizo historia en 2021 en llegar a la categoría de bebidas más grande de la historia (por volumen), según muestran los nuevos datos de Pllana y Qosa (2019): "Múltiples cualidades inherentes explican el atractivo continuo del agua embotellada para los consumidores estadounidenses, incluida su asociación con la salud, la conveniencia, la seguridad y el valor, teniendo en cuenta que este es el sector altamente dinámico en la industria de alimentos y bebidas".

Calidad del agua embotellada

Guillén (2020) evaluó componentes fisicoquímicos y microbiológicos de aguas embotelladas en bidones de 20 litros comercializados en la provincia del Guayas, Ecuador, evidenciando que los parámetros microbiológicos excedieron la normativa ecuatoriana, considerándolas no aptas para el consumo humano. En Venezuela se analizó la calidad sanitaria de 20 marcas comerciales de agua envasada expendidas en la ciudad de Maracaibo, y se llegó a la conclusión de que representa un riesgo para la salud de los consumidores, evidenciando que los resultados superaban los parámetros microbiológicos exigidos, además, se logró evidenciar que la presentación en botellones de 18.9 l es la que representa el mayor riesgo de consumo (Marín *et al*., 2017). Un estudio realizado en

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Perú por Arango y Yangali (2018) encontró la presencia de coliformes totales en solo el 11.1 % de muestras analizadas, considerando que dichas muestras superan los valores permisibles según la OMS y la NTS Nº 071–MINSA/DIGESA-V.01, que rige la calidad de productos embotellados. En Colombia, el Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS) y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) son los organismos que regulan y fiscalizan el cumplimiento de la normativa exigida para la comercialización de agua embotellada; se considera al agua envasada para el consumo humano como un alimento de alto riesgo epidemiológico (Ministerio de Salud, 1991).

Teniendo en cuenta lo que dicen autores como Franco-Anaya, López-Gutiérrez y Orozco-Ugarriza (2016), en el mundo de hoy, el incremento en el consumo de aguas envasadas ha generado un alto interés, y preguntas sobre su verdadera calidad e inocuidad. Por otro lado, Vidal, Consuegra, Cáceres y Marrugo (2009), de la mano de la empresa privada y las universidades, coinciden con los resultados obtenidos en la ciudad de Sincelejo, al norte de Colombia, pues al analizar agua envasada en bolsa encontraron que el 92 % presentaba bacterias mesófilas y el 33 % coliformes totales, detectándose también coliformes fecales y *Pseudomonas aeruginosa*. Frente a lo antes expuesto, el presente estudio se planteó evaluar la presencia de aerobios mesófilos, coliformes, *P. aeruginosa* y *Salmonella* spp., en agua potable tratada envasada distribuida en los municipios de Los Patios y Villa del Rosario de San José de Cúcuta, Colombia.

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Materiales y métodos

Esta investigación se desarrolló mediante un diseño de estudio descriptivo y de campo durante el periodo comprendido entre junio de 2016 y julio de 2017. La población objeto de estudio estuvo conformada por los envases de agua producidos en 10 empresas dedicadas al tratamiento y envasado de aguas para consumo humano, ubicadas en San José de Cúcuta, y distribuidas en los municipios de Los Patios, Villa del Rosario y Cúcuta del Departamento de Norte de Santander, Colombia, en donde cada empresa maneja diferentes presentaciones, y emplea tratamientos para el agua previo a su envasado, como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de presentaciones y tratamientos del agua potable tratada envasada.

Empresa	Presentación	Tratamiento
1	Bolsa de 360 ml	Microfiltración
2	Bolsa de 360 ml-botella de 335 ml	Ozonización, luz ultravioleta, ósmosis inversa
3	Bolsa de 400 ml	Ósmosis inversa
4	Botella de 620 ml-bolsa de 6 litros	Microfiltración, ozonización, luz ultravioleta
5	Botella de 620 ml	Ozonización, luz ultravioleta
6	Botella de 620 ml	Luz ultravioleta
7	Botella de 600 ml	Microfiltración
8	Bolsa de 360 ml	Microfiltración, ozonización
9	Botellón de 20 litros	Ozonización
10	Botellón de 20 litros	Ozonización

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Se recolectaron 50 muestras en siete empresas ubicadas en Cúcuta, dos empresas en Villa del Rosario, y una empresa de Los Patios; a razón de un muestreo por empresa por semana, en cada muestreo se recolectaron tres productos de una misma línea, ya fuera bolsa, botella o agua de botellón, para cumplir con el análisis por triplicado, durante cinco semanas, como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Toma de muestra.

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Las muestras fueron trasladadas bajo refrigeración al Laboratorio de Biotecnología y Calidad Alimentaria de la Universidad de Santander, Cúcuta, Colombia (NTC-ISO 5667-1:2010) (ICONTEC, 2010). Una vez en el laboratorio se desinfectaron las aguas envasadas con alcohol al 70 %, para realizar por duplicado determinaciones de pH (PH metro de bolsillo HANNA instruments Hi 9812con un comparador visual de cloro residual libre tipo disco (Cn66f Hash), y se procedió a realizar las evaluaciones microbiológicas como se describe a continuación: se aplicó el método de filtración, como se observa en la Figura 2, según la NTC 4772:2008 (ICONTEC, 2008) utilizando membrana de nitrocelulosa de 0.45 micras de diámetro de poro; se filtraron 100 ml de la muestra. Una vez terminado el proceso, se procedió a retirar la membrana con una pinza estéril y depositarla sobre una placa Petri con agar *plate count* (Merck) para los aerobios mesófilos, agar *brilliance E. coli / coliform selective* (Merck) para *E. coli.*

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Tecnología y Ciencias del Agua
OPEN ACCESS
Check for updates

Figura 2. Método de filtración por membrana.

Para la determinación de *Pseudomonas* spp., se hizo la prueba presuntiva sembrando en caldo asparagina por el método de NMP (número más probable), incubando durante 24 horas a 37 °C; transcurrido este tiempo, con ayuda de la lámpara ultravioleta a 360 nm se registró la fluorescencia, característica de este grupo bacteriano; por cada tubo positivo se sembró en agar *cetrimide* (*oxoid*) y se incubaron las placas durante 24 horas a 37 °C. Transcurrido el tiempo de incubación se realizó la lectura, comprobando microscópicamente y con la prueba de

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

oxidasa, para finalmente reportar en bacterias por 100 mililitros (bact/ml); todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

La determinación de *Salmonella* spp. se realizó mediante el método propuesto en la NTC 4574:2007 (ICONTEC, 2007), como se observa en la Figura 3. Para el pre-enriquecimiento no selectivo se adicionaron 25 ml de la muestra de agua a 225 ml de agua peptonada (acumedia) y se incubó a 37 °C durante 24 horas. Después, para el enriquecimiento selectivo en medio líquido, se agregó 1 ml del cultivo anterior a un tubo con caldo *rappaport* (Merck) y se llevó a incubación a 37 °C por 24 horas. El aislamiento diferencial se hizo recolectando una alícuota del cultivo en caldo *rappaport* y se inoculó por agotamiento en agar *Hecktoen enteric* (Merck), el cual fue incubado a 37 °C por 24 horas; al finalizar este tiempo se evaluó la presencia de colonias verdes claras con precipitado negro sugestivas de *Salmonella* spp., a las cuales se les realizaron pruebas bioquímicas con el equipo Vitek 2 compact para su confirmación. El resultado se expresó como ausencia o presencia en 25 ml de muestra analizada. Los datos obtenidos se procesaron utilizando estadística descriptiva y se representaron en tablas de frecuencia; se compararon con la normativa colombiana vigente, la resolución 12186 de 1991 (Ministerio de Salud, 1991).

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Figura 3. Método horizontal para la determinación de *Salmonella* spp. en aguas.

Resultados

Las enfermedades infecciosas transmitidas por el consumo de agua contaminada siguen siendo una grave amenaza para la salud en todo el mundo. A pesar de que el agua es uno de los recursos más monitoreados

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

y estrictamente regulados, este fenómeno no solo ocurre en los países con recursos limitados, sino que amenaza los países desarrollados (Martínez, Caballero, Díaz, Pérez, & Suarez, 2015). De allí que el monitoreo de la calidad e inocuidad del agua potable envasada sea una responsabilidad compartida entre empresa y ente regulador.

Previo al análisis microbiológico y como dato adicional, se determinaron dos parámetros fisicoquímicos básicos en el laboratorio, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 2. Según la resolución 12186 de 1991, el rango permitido para cloro residual para el agua potable tratada envasada debe estar entre 0.5 y 1.0 mg/litro; ninguna de las empresas cumplió con este parámetro (Ministerio de Salud, 1991).

Tabla 2. Medidas promedio de cloro residual y pH en las muestras analizadas.

Empresa	***Cloro residual de 0.5 a 1.0 (mg/l)**		***pH de 6.5 a 9.0**	
1	0	No cumple	6.35	No cumple
2	0	No cumple	6.00	No cumple
3	0	No cumple	8.14	Cumple
4	1.9	No cumple	7.77	Cumple
5	0	No cumple	8.82	Cumple
6	0	No cumple	7.72	Cumple
7	0	No cumple	7.93	Cumple
8	0.1	No cumple	8.32	Cumple
9	0	No cumple	6.78	Cumple
10	0	No cumple	5.38	No cumple

*Valores permitidos según la Resolución 12186 de 1991 (Ministerio de Salud, 1991).

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Desde el punto de vista microbiológico, un 78 % de las muestras en total, evidenció contajes para aerobios mesófilos superiores al valor máximo aceptado de 100 UFC/100 ml según el parágrafo 3, artículo 4, de la resolución 12186 de 1991, y como se evidencia para la investigación en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de los análisis microbiológicos de las empresas.

Empresa	Coliformes totales			Coliformes fecales			Aerobios mesófilos			*Pseudomonas aeruginosa*			*Salmonella* spp.		
	Porcentaje (%) de muestras positivas	Media	Desviación estándar	Porcentaje (%) de muestras positivas	Media	Desviación estándar	Porcentaje (%) de muestras positivas	Media	Desviación estándar	Porcentaje (%) de muestras positivas	Media	Desviación estándar	Porcentaje (%) de muestras positivas	Media	Desviación estándar
1	80	48.8	42.59	60	25.60	37.91	100	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
2	0	0.00	0.00	0	0.00	0	60	69.60	39.32	20	1.60	3.2	0	0.00	0
3	60	8.00	6.69	40	3.20	4.66	100	100.00	0	40	29.60	39.81	0	0.00	0
4	0	0.00	0.00	0	0.00	0	20	20.80	39.63	0	0.00	0	0	0.00	0
5	20	6.40	12.80	0	0.00	0	40	50.40	41.23	0	0.00	0	0	0.00	0
6	40	3.20	4.66	20	2.40	4.8	100	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
7	100	95.20	11.70	100	76.00	36.49	100	100.00	0	60	40.80	48.36	0	0.00	0
8	0	0.00	0.00	0	0.00	0	100%	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
9	40	20.80	39.63	40	20.80	39.63	100	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
10	20	0.80	1.60	20	0.80	1.6	40	45.60	44.8	0	0.00	0	0	0.00	0

De acuerdo con los resultados obtenidos para coliformes totales, el 36% de las muestras en total presentó contajes superiores a 2 UFC/ml, de los cuales el 28 % fue positivo para coliformes fecales.

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

En el caso de *Pseudomonas aeruginosa*, se determinó su presencia en 12 % de las muestras; según la normativa, contenida en la resolución 12186 de 1991 (Ministerio de Salud, 1991), ninguna muestra para agua envasada para consumo humano debe superar el límite establecido de < 2 UFC/100 ml. La importancia de determinar *Pseudomonas aeruginosa* en el agua es atribuida a su facilidad de multiplicación en el agua tratada, una resistencia de leve a moderada al cloro, y que muchas cepas son resistentes a diversos antibióticos (OMS, 2017).

Por último, no se encontró la presencia de *Salmonella* spp. en las muestras analizadas. La infección por *Salmonella* (salmonelosis) es una enfermedad bacteriana común que afecta el tubo intestinal. Esta bacteria generalmente vive en los intestinos de animales y humanos, y se expulsa mediante las heces (materia fecal). La forma más común de infección en los humanos es a través de agua o alimentos contaminados. Este patógeno se encuentra con frecuencia en las aguas superficiales y puede sobrevivir en ambientes acuáticos mediante una serie de mecanismos, incluida la entrada en el estado viable, pero no cultivable (por sus siglas en inglés *Viable But Not Cultivable*, VBNVC), o residiendo dentro de protozoos de vida libre. Hasta la fecha, los métodos de cultivo siguen siendo el estándar de oro para la detección, aislamiento e identificación de *Salmonella* en alimentos y agua, sin embargo, atendiendo la afirmación anterior, la bacteria podría estar camuflada dentro de otros organismos vivos o simplemente no tener la capacidad de multiplicarse bajo las condiciones de laboratorio, es por ello que además del cultivo, se proponen otros métodos mucho más sensibles para la detección de *Salmonella* en agua e incluyen el número más probable, inmunoensayo y

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

PCR (Liu, Whitehouse, & Li, 2018); pero esto no limitó el estudio realizado.

En líneas generales, desde el punto de vista microbiológico, la empresa 4 mostró los valores más cercanos a los parámetros exigidos por la norma; sin embargo, al revisar los datos obtenidos para cloro residual, fue la que presentó valores por encima de los permitidos; por otro lado, la empresa 8 presentó valores por encima de 100 ufc/100 ml para bacterias aerobias mesófilas, aunque presentó valores admisibles en cuanto a coliformes totales y fecales, *Pseudomonas* y *Salmonella* spp., con una determinación por debajo de lo exigido por la norma de cloro residual y un nivel aceptable de pH.

Discusión

Con respecto a los resultados de pH —cuyo rango debe estar entre 6.5 y 9.0— solo un 80 % de las empresas cumplió con el parámetro; resultados que se relacionan con un estudio realizado en Montería, donde los valores de pH oscilaron entre 6.2 y 7.69, siendo levemente menores a los aceptados por la norma colombiana (Simanca, Álvarez, & Paternina 2016). Estos datos preliminares permiten inferir que los resultados microbiológicos no serán muy prometedores, pues la falta de cloro residual, de ozono y de plata coloidal pudieran favorecer la multiplicación de los microorganismos remanentes en el producto después del proceso de purificación y de envasado si no se cumplen con buenas prácticas de manufactura en todo el proceso.

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

En Latinoamérica se han desarrollado numerosos estudios que reportan resultados similares (Quijada, 2015; Vidal *et al*., 2009). Si bien es cierto que la presencia de mesófilos no se asocia directamente con el riesgo para los consumidores, tales resultados pueden indicar la presencia de una alta carga microbiana en el agua utilizada como materia prima. También es importante considerar que un proceso de purificación ineficiente o fallas en la implementación de las buenas prácticas de manufactura pueden llevar a la contaminación del agua envasada. En el proceso de envasado o embotellado es necesario tener en cuenta la calidad y el tipo de material del recipiente contenedor, para que cumpla el papel de la conservación del agua una vez que el agua haya sido tratada.

Los resultados de coliformes se comparan con los obtenidos por Franco-Anaya, López-Gutiérrez y Orozco-Ugarriza (2016) en Cartagena, Colombia, donde el 25 % de las muestras resultó ser positivo para coliformes totales, con recuentos bacterianos ≥ 10 UFC/100 ml de los cuales el 16 % fue positivo para *E. coli* con crecimientos ≥ 5 UFC/100 ml. Un estudio realizado en la provincia del Guayas, Ecuador, en bidones de aguas embotelladas de 20 litros, presentó contajes de coliformes totales y *E. coli* con una media de 45.67 UFC/100 ml y 20.85 UFC/100 mL (Guillén, 2020). Es importante recordar que la presencia de coliformes en los alimentos está relacionada con prácticas de saneamiento insatisfactorias, fallas en los procesos de limpieza y compromisos tanto en la integridad de los sistemas de distribución como en la calidad del agua en la fuente de origen; asimismo, la presencia de *E. coli* está

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

estrechamente vinculada con contaminación de origen fecal humana o animal reciente, o por aguas residuales.

En cuanto a *Pseudomonas*, en investigaciones previas se comprobó su capacidad de inhibir los coliformes y formar biopelículas muy resistentes en las tuberías de los equipos de producción (Vaconcelos, Gomes, & Torres, 2010), de allí que consumir agua con índice de coliformes cero no es del todo seguro y pudo ser observada en los resultados de la empresa 2, la cual no presentó contajes en coliformes totales y fecales, pero sí tuvo contajes para *Pseudomonas aeruginosa*. De igual forma, su presencia puede contribuir al incremento de la resistencia antibacteriana, y comprometer la salud de niños y ancianos (Luján, Ibarra, & Mamani, 2008); desde el punto de vista industrial sugiere la falta de limpieza y desinfección de los sistemas de tratamiento, almacenamiento y distribución del producto (Franco-Anaya *et al*., 2016; Vidal *et al*., 2009; Díaz *et al*., 2007).

El incremento del consumo de agua embotellada es atribuido en gran medida a considerar que es de alta pureza, pero contrario a lo que las personas creen, en algunas ocasiones el agua embotellada pudiera no estar libre de microorganismos, como se ha evidenciado en esta investigación.

El acceso a fuentes de agua de buena calidad sanitaria constituye un requisito básico para la preservación de la salud humana, por lo que es esencial revisar a profundidad la calidad del agua utilizada como materia prima; el almacenamiento apropiado en tanques de materiales adecuados; que se cumplan los procesos de limpieza y desinfección, como mantener las tapas en su lugar y supervisión visual; ejecutar el proceso

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

de revisión y mantenimiento de filtros y equipos que llevan a cabo tratamientos de mejora de la calidad del agua; y que al interior de las empresas se mantengan activos todos los programas de apoyo a las buenas prácticas de manufactura, y procesos activos de aseguramiento y control de calidad.

Conclusiones

Se determinó la presencia de aerobios mesófilos en un 76 % del total de muestras; coliformes totales en 36 %; coliformes fecales en 28 %; *Pseudomonas aeruginosa* en 12 %, y *Salmonella* spp. en 0 %; tales resultados superan los valores permitidos en la resolución 12186 de 1991, de allí que se hace necesario realizar un seguimiento y control exhaustivo en todas las etapas del procesamiento y distribución del agua potable tratada envasada, a fin de establecer las medidas correctivas pertinentes que contribuyan a reducir el riesgo potencial para la salud de los consumidores, dado que en los resultados se refleja la falta de buenas prácticas de manufactura.

Agradecimientos

A las estudiantes del Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico Laura León y Angie Ramírez por sus aportes en el desarrollo de la investigación.

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

Referencias

Asociación Internacional de Agua Embotellada. (17 de mayo, 2022). *Comunicado de prensa*. Recuperado de https://bottledwater.org/nr/increased-consumer-demand-for-bottled-water-as-a-healthy-alternative-to-other-packaged-drinks/

Arango, J., & Yangali, E. (2018). *Calidad del agua embotellada en diferentes marcas en la localidad de Huancavelica* (tesis de pregrado). Facultad de Enfermería, Escuela Profesional de Enfermería, Huancavelica, Perú.

Azcona, A., & Fernández, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. Recuperado de https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7

Covenin, Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1982). *Agua Potable Envasada. COVENIN Nº 1431-82*. Venezuela: Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Díaz, J., Caraballo, H., Villareal, M., Lobo, H., Rosario, J., Briceño, J., Gutiérrez, G., & Díaz, S. (enero-junio, 2007). ¿El agua embotellada es adecuada para nuestro consumo? *Academia*, 6(11), 2-12.

Ecocircular (septiembre 2018). *El gran problema del agua embotellada*. Recuperado de https://eco-circular.com/2018/09/14/el-gran-problema-del-agua-embotellada/

Franco-Anaya, P., López-Gutiérrez, L., & Orozco-Ugarriza, M. E. (2016). Calidad microbiológica del agua envasada comercializada en el área turística de Cartagena, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 1319-1321.

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Guillén, B., (2020). *Evaluación de componentes químicos y microbiológicos en agua embotellada para el consumo humano, comercializada en tres cantones de la provincia del Guayas* (tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Naturales, Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49925/1/CORREGIDO-GUILL%c3%89N%20CHUNCHO%20BRITHANNY%20MILENA-%20TESIS%20FINAL.pdf

ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2008). *Calidad del agua. Detección y recuento de Escherichia coli y de bacterias coliformes. Parte 1. Método de filtración por membrana. NTC 4772:2008*. Recuperado de https://tienda.icontec.org/gp-calidad-del-agua-deteccion-y-recuento-de-escherichia-coli-y-de-bacterias-coliformes-parte-1-metodo-de-filtracion-por-membrana-ntc4772-2008.html

ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2007). *Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la detección de Salmonella. NTC 4574:2007*. Recuperado de https://tienda.icontec.org/gp-microbiologia-de-alimentos-y-de-alimentos-para-animales-metodo-horizontal-para-la-deteccion-de-salmonella-spp-ntc4574-2007.html

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tecnología y ciencias del agua, ISSN 2007-2422, 15(3), 01-27. DOI: 10.24850/j-tyca-2024-03-01

ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2010). *Calidad del agua. Muestreo. Parte 1. Directrices para el diseño de programas y técnicas de muestreo. NTC-ISO 5667-1:2010*. Recuperado de https://tienda.icontec.org/gp-calidad-del-agua-muestreo-parte-1-directrices-para-el-diseno-de-programas-y-tecnicas-de-muestreo-ntc-iso5667-1-2010.html

FDA, Food and Drug Administration. (Octubre, 2017). *La FDA regula la seguridad del agua envasada - Incluidas el agua saborizada y el agua con nutrientes agregados*. Recuperado de https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/la-fda-regula-la-seguridad-del-agua-envasada-incluidas-el-agua-saborizada-y-el-agua-con-nutrientes

Liu, H., Whitehouse, A., & Li, B. (2018). Presence and persistence of Salmonella in water: The impact on microbial quality of water and food safety. *Frontiers in Public Health*, 6, 159. DOI: https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00159

Luján, D., Ibarra, J., & Mamani, E. (2008). Resistencia a los antibióticos en aislados clínicos de Pseudomonas aeruginosa en un hospital universitario en Lima, Perú. *Revista Biomédica*, 19, 156-160.

Marín, J., 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), 26-35.

© 2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Martínez, K., Caballero, R., Díaz, E., Pérez, K., & Suarez, S. (2015). Evaluación de la calidad del agua en restaurantes de la ciudad de San José de Cúcuta, de diferentes estratos, para contribuir con la seguridad alimentaria. *@limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(1), 66-71. Recuperado de https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1602/1701

Mordor Intelligence. (s.f.). *Mercado de agua embotellada: crecimiento, tendencias, impacto de Covid-19 y pronósticos (2022-2027)*. Recuperado de mordorintelligence.com

Ministerio de la Protección Social. (2007). *Decreto número 1575 DE 2007*. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007

Ministerio de Salud. (1991). *Resolución número 12186*. Recuperado de http://normograma.invima.gov.co/docs/resolucion_minsalud_12186_1991.htm

OMS, Organización Mundial de la Salud. (24 de abril, 2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed). Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. Recuperado de https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950

Pllana, M., & Qosa, A. (2019). The bottled water market and consumer behavior. In: *Brand culture and identity: Concepts, methodologies, tools, and applications* (pp. 794-805). Pennsylvania, USA: IGI Global.

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Quijada, R. (2015). *Caracterización bacteriológica del agua embotellada comercializada en la zona centro-oriental de Honduras* (tesis de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Carrera de Ingeniería en Ambiente y Desarrollo, Honduras. Recuperado de https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4520/1/IAD-2015-028.pdf

Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R., & Gutiérrez-Builes, L. (mayo-agosto, 2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247.

Simanca, M., Álvarez, B., & Paternina, R. (2016). Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de Montería. *Temas Agrarios*, 15(1), 71-83. DOI: https://doi.org/10.21897/rta.v15i1.813

Vaconcelos, U., Gomes, M., & Torres, G. (2010). Pseudomonas aeruginosa associated with negative interactions on coliform bacteria growth. *Canadian Journal of Pure & Applied Sciences*, 4, 1133-1139.

Vargas, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I*. Recuperado de: https://www.virtualpro.co/biblioteca/tratamiento-de-aguas-para-consumo-humano-plantas-de-filtracion-rapida-manual-i-teoria

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Vidal, D., Consuegra, S., Caseres, P., & Marrugo, N. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas producida en Sincelejo-Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 14(2), 1736-1744. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682009000200010&lng=en&tlng=es

Vilar-Rodríguez, M., & Lindoso-Tato, E. (2014). The bottled water industry in Europe, XIX-XXth centuries). *Agua y Territorio/Water and Landscape*, (4), 108-124. DOI: https://doi.org/10.17561/at.v1i4.2168

2024, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)