

Evaluación físico-química

y microbiológica del agua potable envasada en bolsas que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo-Venezuela

Physicochemical and microbiological evaluation of sachet water packaged sold in the downtown city of Maracaibo-Venezuela

Betty Mercedes Benítez Payares. Dra.^{1*}, Maryelvi Carolina Ramírez Barreto. Lic.², María Alexandra Rosales Márquez. Lic.², Dénica Marina Vilchez Ríos. Lic.², Lisbeth Coromoto Rangel Matos Dra.¹, Kenna Josefina Ferrer Villasmil³, Ayarí Guadalupe Ávila Dra.⁴

¹Departamento de Morfopsiopatología Escuela de Bioanálisis Facultad de Medicina. La Universidad del Zulia.

²Hospital Privado el Rosario Ciudad Ojeda Estado Zulia

³Departamento de Química Escuela de Bioanálisis. Facultad de Medicina. Universidad del Zulia.

⁴Departamento de Salud Pública Escuela de Bioanálisis. Facultad de Medicina. Universidad del Zulia.

*Autor corresponsal: Dra. Betty Benítez. Departamento de Morfopsiopatología, Escuela de Bioanálisis. La Universidad del Zulia. bettymcbo@gmail.com

Fuente de ayuda económica: Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad del Zulia (CONDES)

Resumen

Introducción: El consumo del agua envasada, ha aumentado debido a la inquietud de los consumidores sobre la contaminación del agua de grifo. Se evaluó la calidad físico-química y microbiológica del agua envasada en bolsas que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo.

Materiales y Métodos: Se analizaron 10 marcas de agua, de cada una de ellas se procesaron 15 bolsas. Se determinaron los parámetros físico-químicos: color, pH, turbidez, nitrato y nitrito residual, siguiendo los lineamientos metodológicos de la Asociación Americana de Salud Pública. El análisis microbiológico se llevó a cabo a través del recuento de aerobios mesófilos, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, empleando los métodos Petrifilm y Número Más Probable.

Resultados: Se pudo observar que el color en un 80% de las muestras sobrepasó los estándares de calidad, el pH entre 6,86 a 7,88 y la turbidez entre 0,3 y 7,49 unidades nefelométricas de turbidez. Los nitritos estuvieron presentes en 7 marcas de las 10 analizadas cuyas concentraciones sobrepasaron los límites admisibles. Todas las muestras excedieron los requisitos microbiológicos, para el recuento de aerobios mesófilos y *P. aeruginosa*, aunado a ello, el 80% presentó coliformes totales, con ausencia de *E. coli* en todas las marcas. Los resultados indicaron que el 100% de las muestras estudiadas no cumplieron con los requisitos físico-químicos y microbiológicos exigidos por las Normas COVENIN y Gaceta Oficial de Venezuela, por lo tanto, no son aptas para consumo humano.

Palabras claves: Agua potable envasada, evaluación físico-química, calidad microbiológica, Normas COVENIN, Gaceta Oficial de Venezuela.

Abstract

Introduction: The consumption of bottled water has increased due to consumer concerns about contamination of tap water. Physico-chemical and microbiological quality of sachet water sold in the downtown area of the City of Maracaibo was evaluated.

Materials and methods: 10 analysed watermark, of each of them were processed 15 bags. Is determined the parameters physico-chemical: color, pH, turbidity, nitrate and nitrite residual, following those guidelines methodological of the Association American of health public. He analysis microbiological is led to out through the count of aerobic mesophyll, coliforms total, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*, using those methods Petrifilm and number more likely.

Results: is could observe that the color in a 80% of the samples exceeded them standards of quality, the pH between 6.86 to 7.88 and the turbidity between 0.3 and 7.49 units Nephelometric of turbidity. Nitrites were present in 7 brands analyzed 10 whose concentrations exceeded allowable limits. All of the samples exceeded the microbiological requirements for the count of aerobic mesophyll and *p. aeruginosa*, coupled with this, 80% had total coliforms, with absence of *e. coli* in all brands. The results indicated that the 100% of them samples studied not met with them requirements physico-chemical and microbiological required by them standards COVENIN and Gazette official of Venezuela, therefore, is considered not suitable for consumption human.

Keywords: Bottled water, physico-chemical evaluation, microbiological quality, COVENIN Standards, Official Gazette of Venezuela.

Introducción

La venta y el consumo del agua envasada se ha incrementado rápidamente en la mayor parte del mundo¹. En Venezuela en particular, se observa un aumento del consumo de esta agua que a pesar de ser más costosa, la mayoría de las personas la compran y beben con confianza convencidos de su calidad^{2,3}. La razón de este comportamiento se debe a la calidad deficiente, según la percepción del usuario sobre la potabilidad del agua de grifo⁴, con la creencia que el agua servida por los acueductos estatales presenta contaminantes químicos y microbiológicos⁵. Por otro lado, la publicidad en diversos medios de comunicación, muestra al agua envasada (bolsas y botellas) como un producto de absoluta pureza, que ha generado un aumento progresivo en el consumo de la misma³.

Esto ha contribuido que el negocio del agua envasada sea actualmente uno de los de mayor crecimiento a nivel mundial, siendo esta industria una de las de mayor auge, con tasas de crecimiento anuales por encima del 7% en el orden mundial⁶, lo que incrementa el riesgo potencial de afectar la salud de un mayor número de consumidores, en caso que no cumpla con los estándares microbiológicos y físico-químicos de calidad.²

Al igual que en otros países, Venezuela, no escapa a esta realidad y de manera paralela, a los grandes consorcios ya existentes (marcas registradas reconocidas) que comercializan el agua para consumo humano, en este país, especialmente la ciudad de Maracaibo se ha visto invadida por empresas que venden agua con dudosa registro sanitario que garantice su calidad físico-química y microbiológica. Con la gravedad que algunas de ellas, carecen de la información en el empaque referente al número de lote, fecha de fabricación y fecha de vencimiento, lo cual hace suponer que pueden estar incumpliendo los lineamientos y parámetros de calidad e inocuidad que estipulan las Normas Venezolanas⁷.

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)⁸, establece que el agua envasada, es aquella apta para el consumo humano, contenida en recipientes apropiados, el cual deberá permanecer en tal condición hasta que llegue a manos del consumidor final. Por lo antes expuesto, la industria del agua envasada tiene que exhibir los estrictos estándares de calidad en términos de parámetros físico-químicos, microbiológicos, así como en el procesamiento de producción, envasado, transporte y almacenamiento⁹.

Por otra parte, desde un punto de vista epidemiológico la calidad sanitaria del agua tiene una importancia fundamental en la transmisión de microorganismos patógenos que pueden provocar infecciones agudas o intoxicaciones debido a la presencia de toxinas o elementos químicos¹⁰. De allí, pues que se deben cumplir con todas las normas y estándares de calidad¹¹.

Ante estas consideraciones, con el fin de salvaguardar la salud pública, es esencial que el agua envasada sea de buena calidad. La proliferación continua de plantas envasadoras

y el consumo indiscriminado del agua potable son motivo de preocupación para la salud del consumidor.

El presente estudio, fue llevado a cabo para evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua potable envasada en bolsas que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo, Venezuela.

Materiales y métodos

Obtención de las muestras

Para la recolección de la muestra se realizó un muestreo no probabilístico intencional ya que las muestras de agua incluidas en el estudio fueron compradas a vendedores ambulantes de los diferentes puntos de la zona céntrica de la Ciudad de Maracaibo. Identificando previo censo un total de 10 marcas de mayor consumo. Las muestras de agua analizadas procedían de bolsas plásticas las cuales contenían cada una un volumen de 500 mL, de allí se tomaron para su análisis 150 mL. Cabe resaltar que las 10 marcas de agua fueron codificadas en números (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10), Se escogieron 15 muestras de cada marca, analizándose un total de 150 bolsas de agua.

Una vez seleccionadas las muestras fueron recolectadas en cajas isotérmicas a temperatura ambiente (18–24 °C) para no alterar las características originales del producto, cada bolsa fue etiquetada con la siguiente información: fecha y hora de toma de muestra, punto de recolección, N° de lote y N° de registro sanitario (si lo presentó), luego fueron trasladadas para su procesamiento, a los laboratorios de Microbiología de la Facultad de Medicina de la Universidad del Zulia (LUZ), para la realización del análisis microbiológico y al Centro de Investigación del Agua (CIA), instituto adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia (LUZ), para la determinación del análisis físico-químico.

Análisis Físico-Químico

Determinación del color. Una vez calibrado el equipo a una longitud de onda de 450 nm, se midieron 5 mL de agua de cada muestra y fueron trasvasadas a una cubeta de un espectrofotómetro, denominado Portátil DR 2700™, obteniéndose lecturas en unidades Platino/Cobalto (Pt/Co).

Para medir el pH en las diferentes marcas obtenidas se utilizó un potenciómetro (OAKTON 300), el cual fue inicialmente calibrado con las diferentes soluciones tampones. Para medir la turbidez se empleó el método nefelométrico, utilizando un espectrofotómetro portátil DR 2700™. Previa calibración del equipo a una longitud de onda de 425 nm, se tomaron 5 mL de muestras y fueron colocadas a una cubeta del espectrofotómetro, obteniéndose las lecturas en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

La medición de nitrato y nitrito residual, fue realizado por el método colorimétrico de Nitrógeno 4500-NO₂. Todos los parámetros analizados en las diferentes marcas de agua fueron

determinados siguiendo la metodología APHA 2005¹².

Análisis Microbiológico

Procesamiento de las muestras para el análisis microbiológico

Preparación de diluciones: Previa limpieza con gasas impregnadas en fenol al 5% de la zona de trabajo y con la utilización de un mechero, se procedió a tomar de la muestra de agua pura 1 mL y se trasvasó a un tubo de ensayo estéril que contenía 9 mL de agua peptonada alcalina al 0,1%, de esta manera se obtuvo una dilución 1/10. A partir de esta dilución, se repitió este procedimiento, para preparar la dilución 1/100. Se obtuvo entonces, la muestra pura y dos diluciones de ella (10^{-1} y 10^{-2})¹³.

El recuento de coliformes totales, *Escherichia coli* y aerobios mesófilos fue realizado a través del método en placas rehidratables Petrifilm 3M, según lo estipulado por la norma COVENIN^{14,15}. La determinación de *Pseudomonas aeruginosa* se llevó a cabo mediante el método del Número Más Probable (NMP) siguiendo la metodología descrita por COVENIN¹⁶.

Análisis Estadístico

Las unidades de coliformes y aerobios mesófilos fueron transformadas a logaritmo natural. Se efectuó el análisis estadístico de la varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis y un análisis descriptivo de los datos para obtener la media \pm error estándar. Se utilizó el procedimiento Proc Npar1way Wilcoxon del paquete estadístico SAS ver 9.2 (S.A.S., 2002; S.A.S., 2008).

Resultados

La tabla 1 muestra las medias obtenidas en el color, pH, turbidez y nitrito residual como parámetros físico-químicos estudiados en el agua potable envasada en bolsas que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo.

Se observa que hubo diferencias entre las muestras ($p < 0,0001$), en cuanto al color en las diferentes marcas seleccionadas para el estudio. La intensidad de color fue menor en la marca de agua 9 (0,73 unidades Pt/Co), a diferencia de la 3 que obtuvo la mayor intensidad (12,33 unidades Pt/Co). Los resultados obtenidos permitieron demostrar que de las 10 marcas de agua estudiadas, 8 (80%) sobrepasaron este parámetro, al compararse con los establecidos por las normas COVENIN¹⁸, quienes determinan máximo 5 unidades Pt/Co para el agua envasada.

En lo que respecta a los valores de pH, se puede observar que las marcas de aguas envasadas analizadas presentaron diferencias en la mediciones de pH ($p < 0,0001$). Los valores arrojados en esta investigación oscilaron entre 6,86 y 7,88 (marca 1 y 2 respectivamente). Cabe señalar que estos resultados se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma COVENIN⁸, quienes estipulan un rango entre 6,5 hasta 8,5.

Otro parámetro físico-químico estudiado fue la turbidez, el cual al igual que los otros parámetros presentaron diferencias significativas en las marcas comerciales investigadas, observándose que de las 10 marcas analizadas, 3 de ellas (3, 5 y 8) excedieron los límites establecidos por COVENIN⁸, al reglamentar valores hasta 5 UNT. Cabe señalar que la marca 9 arrojó el menor valor (0,23 UNT) a diferencia de la 3 que presentó la mayor turbidez (7,49 UNT).

Las concentraciones de nitrato se encontraron dentro de los límites establecidos por la norma COVENIN⁸, ellos aceptan como límite permisible de nitrato (NO_3^-) hasta 45,0 mg/L, observándose un rango de 0,0027 a 0,027 mg/L. Sin embargo, el contenido de nitrito residual (NR) presentó diferencias entre las marcas. Cabe mencionar, que 7 marcas presentaron valores por encima de los límites permisibles de NR para esta norma cuyos rangos oscilan hasta 0,001 mg/L. Entre ellas, la marca 3 con el mayor contenido de este compuesto (0,019 mg/L).

Por otro lado, la tabla 2 muestra el recuento de aerobios mesófilos, coliformes totales, *Pseudomonas aeruginosa* hallados en cada una de las marcas comerciales. El estudio de la variación estadística de los datos con la prueba de Kruskal Wallis, determinó que el crecimiento de los microorganismos analizados presentaron diferencias ($p < 0,0001$) entre marcas comerciales estudiadas.

Los resultados indicaron que ninguna de las marcas analizadas cumplen con la Gaceta Oficial Venezolana¹⁷ para aerobios mesófilos, debido a que todas las bolsas de agua exhibieron crecimiento de este microorganismo por encima de 2 UFC/mL, siendo éste el valor máximo permisible de acuerdo a esta norma. Cabe resaltar que la marca 3 (11,19 UFC/mL) y la 8 (10,62 UFC/mL) fueron las que presentaron el mayor crecimiento de estos microorganismos.

En cuanto al recuento de coliformes totales (Tabla 2) se puede observar que 8 de las 10 marcas estudiadas, no cumplieron con la norma establecida por la Gaceta Oficial Venezolana¹⁷ encontrándose valores mayores a 1 UFC/mL. Es importante resaltar, que el recuento de coliformes totales abarca microorganismos tanto patógenos, como no patógenos; no obstante, éstos resultaron fueron negativos para la *E. coli* en las 150 unidades analizadas.

Igualmente, se observó crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* en todas las bolsas de agua analizadas, hallazgos que revelan que ninguna marca cumplió con el criterio establecido por las Normas COVENIN¹⁶ para *Pseudomonas aeruginosa*, encontrándose valores superiores a 2,2 NMP/100mL.

Tabla 1: Análisis físico-químico del agua envasada en bolsa que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo.

Marca	Color* (Pt/Co) Media ± Error Estándar	pH** Media ± Error Estándar	Turbidez*** (UNT) Media ± Error Estándar	Nitrito Residual**** (mg/L) Media ± Error Estándar
1	7,87 ± 1,68 ^{ab}	6,86 ± 0,08 ^f	0,89 ± 0,80	0,004±0,001 ^{dc}
2	8,53 ± 0,78 ^a	7,88 ± 0,01 ^a	1,11 ± 0,07	0,0067±0,001 ^b
3	12,33 ± 0,77 ^a	7,25 ± 0,02 ^{cde}	7,49 ± 0,12	0,019±0,001 ^a
4	5,267 ± 0,65 ^{ab}	7,56 ± 0,01 ^b	5,72± 0,10	0±0 ^d
5	9,33 ± 0,77 ^{ab}	7,61 ± 0,01 ^{ab}	1,59 ± 0,13	0,017±0,0013 ^b
6	12,07 ± 0,89 ^a	7,25 ± 0,02 ^{cde}	1,25 ± 0,13	0±0 ^d
7	5,33 ± 0,19 ^{ab}	7,47 ± 0,02 ^{bc}	0,3 ± 0,02 ^b	0,01±0 ^b
8	5,00 ± 1,10 ^{ab}	6,97 ± 0,04 ^{ef}	6,61 ± 0,07 ^b	0±0 ^d
9	0,73 ± 0,46 ^b	7,41 ± 0,02 ^{bcd}	0,23 ± 0,16	0,004±0,001 ^d
10	4,47 ± 1,02 ^{ab}	7,19 ± 0,06 ^{def}	1,55 ± 0,81 ^a	0,007±0,001 ^{bc}

(a,b,c,d,e,f) Diferencia significativa dentro de una misma columna (p<0,0001).

* COVENIN 1431-82 admisible hasta 5 Pt/Co (Platino/Cobalto).

** COVENIN 1431-82 permisible de 6,5 hasta 8,5.

***COVENIN 1431-82 aceptable hasta 5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

**** COVENIN 1431-82 Aceptable hasta 0,001 mg/L

Tabla 2: Calidad Microbiológica en agua envasada en bolsas comercializadas en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo.

Código de la marca	Aerobios mesófilos ** (UFC/mL)* Media ± Error Estándar	Coliformes*** totales (UFC/mL) * Media ± Error Estándar	<i>P. aeruginosa</i> **** (NMP/100mL) Media ± Error Estándar
1	9,56 ± 0,38 ^{bc}	4,10 ± 0,25 ^{ce}	6,86±1.44 ^c
2	7,71 ± 0,05 ^d	0 ± 0 ^{ef}	9,85±1.82 ^{bc}
3	11,19 ± 0,04 ^a	8,85 ± 0,16 ^a	17±0 ^{a**}
4	9,31 ± 0,04 ^c	4,71 ± 0,17 ^c	17±0 ^{a**}
5	6,73 ± 0,36 ^d	7,81± 0,17 ^f	17±0 ^{a**}
6	9,47 ± 0,16 ^c	3,25 ± 0,17 ^{cd}	17±0 ^{a**}
7	4,47 ± 0,10 ^e	2,25 ± 0,15 ^{de}	2,47±0.28 ^d
8	10,62 ± 0,09 ^{ab}	6,96 ± 0,18 ^b	17±0 ^{a**}
9	7,89 ± 0,16 ^d	0 ± 1,10 ^{ef}	13,72±1.21 ^{ab}
10	9,76 ± 0,057 ^{bc}	3,44 ± 0,20 ^{cd}	12,6±1.46 ^b

(a,b,c,d) Diferencias significativas dentro de una misma columna (p<0,0001)

*Expresado en Log 10 UFC/mL: Logaritmo base 10. Unidades formadoras de colonia/mL

** Aerobios mesófilos. Norma Gaceta Oficial Venezolana (36395-98): < 2,00

*** Coliformes Totales. Norma Gaceta Oficial Venezolana (36395-98): <1 no hubo crecimiento microbiano.

**** *P. aeruginosa*. COVENIN 1431-82: <2,2

Discusión

Análisis Físico-Químico

Los cambios de color arrojados en el agua potable analizada en este estudio, pudo ser atribuido a la descomposición de la materia orgánica del suelo, la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos, además de otros factores como el pH y la temperatura, ineficiencia en el tratamiento de aguas y de la integridad del sistema de distribución¹⁸.

Los valores obtenidos en el presente ensayo se encuentran dentro de los límites permisibles por COVENIN⁸ y guardan relación a lo reportado por ciertas investigadores^{19,20} quienes evaluaron la calidad físico química del agua envasada

de diferentes marcas en Egipto, el Salvador y Bangladesh, mostrando valores de pH en rangos dentro de las normas establecidas en sus respectivos países. Asimismo, muestra similitud a los valores de pH reportados en un estudio procedente de Nigeria quienes evaluaron las propiedades físico-químicas de las muestras de agua de bolsita obteniendo valores de pH neutro en las 5 muestras analizadas²¹.

Siguiendo con este orden de ideas, la literatura reporta resultados similares a los presentados en esta investigación. Como lo señala Oyelude y Ahenkorah²², al evaluar las características físico-químicas y bacteriológicas de diferentes marcas de agua en bolsas y en botellas que se comercializaron en el Municipio de Bolgatanga, Ghana, estos autores

encontraron rangos de pH entre 6,80 a 8,15 en bolsas de agua y botellas.

La turbidez ha sido una característica ampliamente aplicada como criterio de calidad del agua, tanto en las fuentes de abastecimiento como en los procesos de potabilización y sistemas de distribución,²³ de la misma forma ha sido asociada con un potencial riesgo microbiológico potencial en el agua para consumo humano.

Las muestras de agua que tuvieron valores de turbidez dentro de los parámetros establecidos por las normas venezolanas, coinciden con otros estudios^{10,24,25} los cuales mostraron valores de turbidez similares a los encontrados en la presente investigación, en rangos entre 0,0 y 1,4 UNT. Asimismo, los rangos de turbidez mostrados en las bolsas de agua que sobrepasaron las normas COVENIN⁸ pudieron deberse al contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas e indicios de contaminación. En este sentido, consumir agua turbia puede constituir un peligro para la salud, debido a que la turbiedad excesiva puede proteger microorganismos patógenos de los efectos de desinfectantes, y también estimular el crecimiento de bacterias durante el almacenamiento²⁵.

Seguidamente, cabe resaltar los efectos nocivos que tienen los nitratos y nitritos en el cuerpo humano. La contaminación del agua potable por estos compuestos se considera en la actualidad un problema de salud pública en evolución, ya que investigaciones han demostrado que existe una reacción de óxido-reducción de nitrato a nitrito y la reacción endógena de nitrosación en los nitritos formando nitrosaminas compuestos, que son potentes carcinógenos. Los nitritos pueden provocar en los lactantes la enfermedad llamada metahemoglobinemia conocida también como síndrome del niño azul²⁶.

Dado al peligro que encierran los nitritos y nitratos en el organismo, varias investigaciones se han dado la tarea de investigar sus concentraciones en aguas envasadas y de esta forma minimizar el riesgo que se corre por el consumo de estos en aguas contaminadas.

Los resultados del presente estudio coinciden con una investigación en la cual evaluaron el efecto del nitrito y nitrato sobre la calidad del agua potable, estudiando 162 muestras de aguas embotelladas provenientes de la provincia de Rawalpindi, Pakistán. Los autores reportaron que el 22% de las muestras analizadas presentaron valores de nitrito por encima de los estándares de las normas de Pakistán²⁷.

Los nitritos son formados biológicamente por la acción de bacterias nitrificantes, en un estadio intermedio en formación de nitratos. Las concentraciones elevadas de nitritos en las 7 marcas de agua analizada, puede atribuirse a la conversión microbiológica de nitrato a nitrito a temperatura ambiente, que experimentan éstas durante su almacenamiento y distribución. Estos representan la forma intermedia, metaestable y tóxica del nitrógeno inorgánico en el agua. Dada la secuen-

cia de oxidación bacteriana, convirtiéndose en un importante indicador de contaminación.

Evaluación Microbiológica

El crecimiento de aerobios mesófilos detectados en las muestras analizadas, fue por encima de los valores permitidos por COVENIN⁸, lo cual permite inferir que gran parte del agua envasada en bolsas que se venden en el casco central de la ciudad de Maracaibo no se encuentran aptas para el consumo humano. El crecimiento de estos microorganismos en el agua de bolsa puede deberse al grado de limpieza e integridad del sistema de distribución, la forma como fueron manipuladas, el procesamiento, purificación inadecuada, manejo antihigiénico de la producción, manejo del empaque y la distribución²⁸. Aunado a esto, el período de tiempo que transcurre entre llenado y el reparto podría abarcar todo el día en camiones que en su mayoría no tienen refrigeración, considerando que la ciudad de Maracaibo se caracteriza por temperaturas ambiente que frecuentemente sobrepasan los 37°C, factores éstos, que favorecen el crecimiento de este tipo de microorganismo.

Adicionalmente, se ha observado que la mayor parte de las envasadoras carecen de la tecnología adecuada para alcanzar estándares de calidad. Mientras que algunas envasadoras utilizan técnicas sofisticadas, como la ozonización y la ósmosis inversa, la mayoría utilizan un método ordinario como la mencionada ebullición de las fuentes de agua y la exclusión de las partículas mediante el uso de materiales de filtración no esterilizada²⁹.

La Gaceta Oficial Venezolana¹⁷ sugiere que los conteos de aerobios mesófilos en el agua potable deben ser menores a 2,00 UFC/mL. En el presente estudio, las bolsas de agua analizadas codificadas por cada marca, no cumplieron con esta recomendación¹⁷. Los aerobios mesófilos estuvieron presentes en números que variaron entre 4,47 a 11,19 UFC/mL. Los hallazgos de estos microorganismos indican ineficiencia durante el tratamiento, revelando por tanto, un deficiente control del medio ambiente que rodea el lugar donde el agua se obtiene y se envasa.

Por otro lado, en cuanto a coliformes, de acuerdo a la Organización Mundial de la salud³⁰ para el agua potable lo ideal sería que no debe haber coliformes por 100 mL de agua tratada y sólo 2 de las 10 marcas analizadas cumplieron este criterio, de 0 coliformes por 100 mL lo cual las hace inadecuadas para el consumo humano.

Los resultados en la presente investigación guardan similitud con otros estudios^{2,20,28,31,32} quienes estudiaron la calidad microbiológica del agua potable envasada en bolsas y botellas. El crecimiento de los coliformes totales en el agua envasada pudo haber sido atribuido a ineficiencia en los procesos de tratamiento de agua o en almacenamiento y manipulación de las bolsas, procesos de higiene y manipulación de la bebida, lo que genera un problema en la salud del consumidor², lo cual no cumple con los estándares microbiológicos para cali-

dad del agua potable, en consecuencia, enfatizan que los organismos nacionales de vigilancia deben supervisar y hacer cumplir las normas de seguridad microbiológica del agua de bolsa que se vende para el público³¹.

En el presente estudio, las muestras positivas de coliformes también se ensayaron para coliformes fecales, y *E. coli*, los cuales no fueron aisladas en ninguna de las marcas de agua estudiadas, lo que garantiza la ausencia de contaminación fecal en estas muestras. La ausencia de *E. coli* verificado en las 150 muestras analizadas apoya las indicaciones de que este patógeno bacteriano es raro en el agua envasada³³.

La literatura reporta recuentos elevados para coliformes totales en el agua envasada que se vende en la región de Ibadan, Nigeria³⁴. Del mismo modo, otro estudio reporta la calidad microbiológica del agua en bolsa y agua embotellada en el Municipio de Bolgatanga de Gana, encontrando que el 75% y el 100% de las bolsas de agua con marca y sin marca comercial respectivamente, estaban contaminadas por coliformes totales con un recuento que osciló entre 12 y 168 UFC/100mL²².

Igualmente, se realizó un análisis microbiológico de agua potable de bolsa comercializada en dos sitios en Aliero, Estado de Kebbi, Nigeria, dentro del cual el resultado de la prueba presuntiva para coliformes confirmó la presencia de estos microorganismos en las muestras analizadas de agua en bolsas³⁵.

Del mismo modo, en Chennai, India, se estudió la calidad microbiológica del agua embotellada y en bolsas que se venden en supermercados para detectar la presencia de indicadores bacterianos de la calidad del agua, recuento de coliformes totales y fecales. En sus resultados encontraron que el 33 % de las bolsas analizadas mostraron crecimiento de coliformes en un rango de 1,6 a 12,6 UFC/mL. Asimismo, los coliformes fecales no fueron aislados en ninguna muestra analizada²⁸.

Por otro lado, es importante mencionar el hallazgo de *P. aeruginosa* en el agua analizada. La normativa venezolana establece que el agua envasada destinada para el consumo humano debe estar exenta de este microorganismo⁸, debido al riesgo que puede presentar a los estratos más susceptibles de la población (niños y personas inmunocomprometidas), por ser un organismo patógeno conocido por su alta resistencia a los antibióticos³⁶.

La Asociación Internacional del Agua Embotellada³⁷, declara que el agua no deberá contener coliformes (0/100 mL) ni *P. aeruginosa* (0/100 mL). En el presente estudio, *P. aeruginosa* estuvo presente en todas las marcas de agua analizadas. Se puede inferir que las altas concentraciones de este patógeno oportunista en las muestras puede ser atribuido a la fuente de abastecimiento de agua de las industrias envasadoras contaminadas con esta bacteria patógena; lo cual se podría deber a que los tratamientos de purificación no fueron efica-

ces para eliminar dichos microorganismos por ser resistente posiblemente a dicho tratamiento en virtud que esta bacteria es capaz de crecer a 42°C³⁸. El almacenamiento prolongado a temperatura ambiente y temperatura de refrigeración permite la multiplicación de bacterias a números >1x10⁵ y son capaces de sobrevivir y proliferar a niveles de 1,000 UFC/mL en el agua embotellada almacenada a temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los reportados en otro estudio quienes evaluaron la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas y botellas que se venden en la ciudad de Maracaibo del Estado Zulia, dentro del cual sus resultados mostraron que el 70% de las muestras analizadas sobrepasaron los límites establecidos por las Normas COVENIN⁷.

Conclusiones

En cuanto a los parámetros físico-químicos, en la determinación del color, 8 de 10 marcas estudiadas (80%) sobrepasaron los valores establecidos por las normas COVENIN. El estudio de la turbidez reveló 3 marcas de bolsas de agua con unidades que sobrepasaron la normativa. Ahora bien, respecto a la presencia de nitritos residual, es preciso mencionar que el 70% de las aguas presentaron elevadas concentraciones del mismo, hecho alarmante puesto que dichos compuestos conllevan a la formación de compuestos cancerígenos.

En lo referente al análisis microbiológico, cabe señalar que el 100% de las bolsas seleccionadas para el estudio, no cumplieron con la calidad sanitaria vigente, debido al recuento de aerobios mesófilos, los cuales excedieron las 2 UFC/mL. Los coliformes estuvieron presentes en 8 de las 10 marcas analizadas, encontrándose valores mayores a 1 UFC/mL, indicativos de un déficit en los métodos de purificación de las marcas de agua previamente seleccionadas.

En síntesis, los resultados obtenidos en el presente estudio, permiten inferir que todas las marcas de agua envasadas en las bolsas tanto desde el punto de vista físico-químico como microbiológico, no se encuentran aptas para el consumo humano, puesto que las condiciones de calidad de las envasadoras de agua se ven comprometidas en el proceso de distribución y transporte desde el fabricante al consumidor, lo cual revela las prioridades en esta materia tanto para el gobierno regional como nacional así como organismos reguladores, de manera que puedan abordar de manera consciente la seguridad alimentaria en lo que se refiere al agua envasada en bolsas en una variedad de marcas que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo.

Referencias

1. Mgbakor C., Ojiegbe G.C., Okonko I.O., Odu NN, Alli J.A., Nwanne J.N., et al. Bacteriological evaluation of some sachet water on sales in Owerri Metropolis, Imo State, Nigeria. Malaysian Journal of Microbiology. 2011;7: 217-25.
2. Vidal J., Consuegra A., Gomezcaseres L., Marrugo, J., Evaluación de la calidad Microbiológica del agua envasada en Bolsas Producida en Sincelejo. Colombia. Rev. MVZ Córdoba. 2009;14:1736-1744.

3. Tagoe D.N.A., Nyarko H., Arthur S.A., Birikorang E. Study of Antibiotic Susceptibility Pattern of Bacterial Isolates in Sachet Drinking Water Sold in the Cape coast Metropolis of Ghana. *Research Journal of Microbiology*. 2011; 6:153-8.
4. Andueza, F. Calidad bacteriológica del agua mineral envasada expendida en la ciudad de Mérida: Estudio transversal julio-agosto año 1998. *Rev. Fac. Farm (Mérida)* 2000;38:9-19.
5. Addo K.K., Mensah G.I., Donkor B., Bonsu C., Akyeh M.L., Bacteriological Quality Of Bottled Water Sold On The Ghanaian Market *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. 2009; 6:1378-1387.
6. Ayedeji A., Sridhar M.C., Adekunle L., Oluwande P., Quality of packaged water sold in Ibadan Nigeria. *African Journal of Biomedical Research*. 2008;11:251-258.
7. Benítez B.M., Ferrer K.J., Rangel L.C., Ávila A.G., Barboza Y.M., Levy A. Calidad microbiológica del agua potable envasada en bolsas y botellas que se venden en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia-Venezuela. *Multiciencias* .2013;13:16-22.
8. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN 1431-82. Agua potable envasada. Requisitos. 1982.
9. Guerin, M. Liboa, M. Evaluación de nitratos, nitritos y contaminación microbiológica en agua envasada para consumo humano. 2009; 1-5 Available:
http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytaal_frm/CyTAL_2012/TF/TF023.pdf
10. Simanca M., Álvarez B., Paternina R. Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el Municipio de Montería. *Temas Agrarios*. 2010;15: 71-83.
11. Nana D., Amarin R. Assessment of the Quality of Bottled/Sachet Water in the Tarkwa-Nsuaem Municipality (TM) of Ghana. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 2011;5: 377-385.
12. Asociación Americana de Salud Pública. APHA-AWWA-WPCF. Standards Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th ed. 1999. 2005.
13. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana. Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico. Norma N° 1126. 1989.
14. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana. Alimentos. Recuento de Coliformes y de *Escherichia coli*. Método en placas con películas secas rehidratables (Petrifilm). Norma N° 3276. 1997.
15. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana. Alimentos. Recuento de Aerobios. Método en placas con películas secas rehidratables (Petrifilm). Norma N° 3338. 1997.
16. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana. Agua potable. Determinación de *Pseudomonas aeruginosa* por el método del número más probable. Norma N° 2986. 1993.
17. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. N° 36.395. Caracas. Venezuela. 1998.
18. Sainz J. Tecnologías para la sostenibilidad: Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales. 2007. 1ra ed. Madrid: Fundación EOI.
19. Abd El-Salam M., El-Ghitany E, Kassem., M. Quality of Bottled Water Brands in Egypt Part I: Physico-Chemical Analyses. *Egypt Public Health Assoc*. 2008; 83: 369-88.
20. Hassan M., Islam S, Ahmed F., Rahman, M., Quality Analysis of Drinking Water Provided for the Readymade Garment Workers in Dhaka, Bangladesh. *Pollution* 2016;2: 289-298.
21. Omalu I., Mohammed A.Z., Olamide P.I., Ayanwale V, Adeniran L., GbiseS., *Journal of Pharmaceutical and Biomedical sciences*. 2012;21: 1-8.
22. Oyelude E., Ahenkorah S. Quality of Sachet Water and Bottled Water in Bolgatanga Municipality of Ghana. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 2012;4: 1094-1098.
23. Burlingame G., Pickel M., Roman J.. Practical application of turbidity monitoring. *Journal AWWA*. 1998;90:57-69.
24. Taiwo A., Oluwadare I., Lanre-Iyanda Y., Jolaoso A et al. Physico-chemical and Bacteriological Analyses of Sachet water samples in Abeokuta Metropolis. *Global Advanced Research Journal of Agriculture Science*. 2012; 01:01-06.
25. Chan C., Zalifah M.K., y Norrakiah A.S., Microbiological and Physicochemical Quality of Drinking Water. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. Malaysia. 2007;11: 414- 420.
26. Archer D., Evidence that Ingested Nitrate and Nitrite are Beneficial to Health. *Journal of Food Protection*. 2002; 65:872-875.
27. Sabahat S., Ali Khan S. Level of nitrate and nitrite contents in drinking water of selected samples received at afpgmi, Rawalpindi. *Pak J Physiol*. 2005;1:1-2.
28. Kalpana V., Monica B., Kalavathy V. Microbiological Analysis of Packaged Drinking Water Sold in Chennai. *International Journal of Medical Science and Public Health*. 2014;4:472-476.
29. Warburton D., Harrison B., Crawford C., Foster R., et al. A further review of microbiological quality of bottled water sold in Canada: 1992-1997 survey results. *Int. J. Food Microbiol*. 1998;39: 221-226.
30. World Health Organisation. Guidelines for Drinking Water Quality. WHO, Geneva, 2005. Available:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf.
31. Edema M., Atayese A. Pure water syndrome: bacteriological quality of sachet-packed drinking water sold in Nigeria. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. 2011;11:1-9.
32. Sunday B., Nwachukwu M., Ogamba A. Storage Effects on the Quality of Sachet Water Produced within Port Harcourt Metropolis, Nigeria. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2011;4:157-164.
33. Grant MA. Analysis of Bottled Water for *Escherichia coli* and Total Coliforms. *Journal of Food Protection* 1998;61:334-338.
34. Ajayi A.A., Sridhar M.K.C., Adekunle Lola V., Oluwande P.A. Quality of Packaged Waters Sold in Ibadan, Nigeria. *African Journal of Biomedical Research*. 2008;11:251-258.
35. Kalpana S., Bagudo A. Aliero A. Microbiological analysis of sachet drinking water marketed at two sites in Aliero, Kebbi state, Nigeria. *Continental J. Microbiology* 2011; 5: 29-36.
36. Okonko, I. O., Adejaye, O. D., Ogunusi, T. A., Fajobi, E. A. and Shittu, O. B. The Microbial physicochemical analysis of different water samples used for domestic purposes in Abeokuta and Ojota, Lagos State, Nigeria. *Africa Journal of Biotechnology*. 2008; 7(3): 617-621.
37. International Bottled Water Association (IBWA). 2001. Available: <http://www.bottledwater.org/content/coliform-rule>.
38. Hardalo C., Edberg S. *Pseudomonas aeruginosa*: Assessment of risk from drinking-water. *Critical Reviews in Microbiology*. 1997;23:47-75.