

## Calidad sanitaria de agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo (Venezuela)

### *Sanitary quality of packaged water expended in the Maracaibo city (Venezuela)*

Julio César Marín L.<sup>1\*</sup>, Elisabeth Behling, Sedolfo Carrasquero, Gilberto Colina, Altamira Díaz & Nancy Rincón

#### RESUMEN

El consumo de agua de bebida envasada (botellas, bolsas y botellones de plástico) se ha incrementado grandemente en la ciudad de Maracaibo (Venezuela), debido al deterioro del sistema municipal de distribución de agua potable. No obstante, no se cuenta con información segura sobre la calidad sanitaria de estos productos y de su efecto en la salud humana. En este trabajo se analizó la calidad sanitaria de 20 marcas comerciales de agua envasada expendidas en la ciudad de Maracaibo, con respecto a la normativa nacional vigente. Las muestras fueron obtenidas de tiendas, supermercados y vendedores ambulantes, considerando su distribución en la ciudad y frecuencia de aparición en los establecimientos comerciales. Los parámetros analizados fueron: pH, color verdadero, turbidez, fluoruro, dureza total, sólidos disueltos totales (SDT), bacterias coliformes totales y fecales, de acuerdo a los métodos estandarizados. El agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo representa un riesgo a la salud de los consumidores, debido al incumplimiento de las normas nacionales respecto a pH (30%), color verdadero (45%), fluoruro (100%), bacterias coliformes totales (60%) y fecales (24%). Las presentaciones en botellones de 18,9 L representan las de mayor riesgo de consumo, excediendo los límites permisibles de bacterias coliformes totales y fecales en 100 y 91%, respectivamente. Se requiere de supervisión y control de la calidad del agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo, por parte de los entes competentes, a fin de evitar brotes de enfermedades transmitidas por el agua.

**Palabras clave:** agua embotellada, agua potable, bacterias coliformes, calidad de agua, enfermedades hídricas.

#### SUMMARY

*The consumption of packaged drinking water (bottles, bags and plastic canisters) has increased greatly in the Maracaibo city (Venezuela), due to deterioration of the municipal water distribution system. However, the information on sanitary quality of these products and their effect on human health are nonexistent. In this paper the sanitary quality of 20 commercial brands of packaged water expended in the Maracaibo city, with respect to existing national legislation was analyzed. The samples were obtained from shops, supermarkets and street vendors, considering their city distribution and occurrence frequency in commercial establishments. The parameters analyzed were: pH, real color, turbidity, fluoride, total hardness, total dissolved solids (TDS), total and fecal coliform bacteria, according to standardized methods. The packaged water expended in the Maracaibo city represents a risk to consumer health due to breaches of national standards for pH (30%), real color (45%), fluoride (100%), total (60%) and faecal (24%) coliform bacteria. The presentations in canisters of 18.9 L represent the highest risk of consumption, exceeding the permissible limits of total and fecal coliform bacteria in 100 and 91%, respectively. It requires effective vigilance and quality control of packaged water expended in the Maracaibo city by competent authorities, in order to prevent outbreaks of waterborne diseases.*

**Key words:** bottled water, coliform bacteria, drinking water, water quality, waterborne diseases.

#### INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el agua para consumo humano, como aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para

la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. El incumplimiento de los criterios de calidad del agua para consumo, trae consigo una

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA), Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Apartado postal 562, Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela

\*Autor de correspondencia: jmarin@fing.luz.edu.ve

serie de enfermedades que tienen gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo, proporcionan beneficios significativos para la salud (OMS, 2006).

En Venezuela, cerca del 20% de la población no tiene acceso al agua potable y en ciudades como Maracaibo, existen problemas de distribución y racionamiento desde hace más de 20 años, ocasionando una demanda importante de dicho producto en muchas regiones del país (Díaz *et al.*, 2007; Torres, 2009). Adicionalmente, el agua que llega a los hogares a través del grifo no cumple con las especificaciones establecidas en las normas sanitarias nacionales (Iriarte, 2009; Castejón, 2016), obligando a los habitantes a buscar fuentes alternativas de agua para consumo, como el agua envasada o embotellada, debido a la creencia de que su calidad es superior al agua de grifo y no contiene microorganismos (Rosenberg, 2003). No obstante, en Venezuela, no existe una fiscalización adecuada de la calidad sanitaria de estos productos, y muchas empresas trabajan sin los permisos sanitarios correspondientes.

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación hasta el consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales. Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos (Madigan *et al.*, 1998; OMS, 2006). Algunas de las enfermedades microbiológicas hídricas más comunes son: gastroenteritis, fiebre tifoidea, salmonelosis, cólera, disentería, amibiasis, entre otras.

Considerando lo anterior, en el presente trabajo se analizó la calidad sanitaria de 20 marcas comerciales de agua envasada expendidas en la ciudad de Maracaibo (Venezuela), con respecto a la normativa nacional vigente: Normas sanitarias de calidad del agua potable (Gaceta Oficial 36.395, 1998) y Requisitos del agua potable envasada (COVENIN 1431-82, 1982).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Muestreo*

Se seleccionaron 20 marcas comerciales de agua envasada expendidas en la ciudad de Maracaibo, teniendo en cuenta su distribución en la ciudad y frecuencia de aparición en los establecimientos comerciales (tiendas, supermercados y vendedores ambulantes), siendo codificadas desde MAE1 hasta MAE20. De cada marca comercial de agua se colectaron seis muestras aleatorias, entre julio de 2014 y enero de 2016. En la Tabla I se presentan las características de las muestras, en cuanto a tipo de recipiente, procedencia, volumen del envase, entre otras.

Las muestras fueron obtenidas en los locales comerciales de la ciudad y preservadas en una cava con hielo para su traslado hasta el laboratorio, donde se realizaron los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

Es importante destacar que sólo el 40% de las marcas comerciales analizadas, presentaban etiquetas mostrando algunas especificaciones de la calidad fisicoquímica del agua, mientras que sólo el 50% contaban con el permiso sanitario correspondiente (Tabla I).

### *Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos*

Se analizaron los siguientes parámetros: pH (electrodo de vidrio y potenciómetro OAKTON pH 510 Series), color verdadero (Aquatester ORBECO-HELLIGE, previa filtración con membranas de celulosa de 0,45  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro), turbidez (turbidímetro digital ORBECO-HELLIGE 965-10A), fluoruro (método colorimétrico estándar del SPADNS), dureza total (método complexiométrico estándar de titulación con EDTA, usando negro de eriocromo T como indicador), sólidos disueltos totales (SDT) (celda de conductividad y potenciómetro OAKTON CON 510 Series), bacterias coliformes totales y fecales (técnica de fermentación en tubos múltiples (10 tubos y 10 mL de muestra), medios de cultivo HIMEDIA), siguiendo los métodos estandarizados (APHA *et al.*, 2005).

La calidad sanitaria de las aguas envasadas se estableció de acuerdo al cumplimiento de la

**Tabla I. Codificación y características del agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo, empleada en el presente trabajo.**

Código	Procedencia	Origen	Presentación	Especificaciones de la etiqueta	Permiso sanitario
MAE1	Rosario de Perijá, Zulia	Agua mineral	Envase plástico 1,5 L	pH: 7; calcio: 11,2; sílice: <0,1; magnesio: 7,28; cloruro: 21,86; potasio: 1,21	Sí
MAE2	Los Teques, Miranda	Agua natural mineral	Envase plástico 5 L	pH: 7,2; cloruro: 30; hierro: 0; sulfato: 138; silicio: 7; nitrato: 0,006; minerales disueltos: 568; fluoruro: 0,08; calcio: 104; alcalinidad total: 190; magnesio: 5	Sí
MAE3	San Diego de los Altos, Miranda	Agua de fuente profunda	Envase plástico 5 L	Calcio: 61; magnesio: 5,5; potasio: 5,0; sulfato: 69,0; cloruro: 61; nitrato: 5,0; pH: 7,4	Sí
MAE4	Valle de la Pascua, Guárico	Agua potable	Envase plástico 0,33 L	pH: 7,70; calcio: 6; magnesio: 2; cloruro: 97; fluoruro: 0,1; sílice: 0; sólidos totales disueltos: 370	Sí
MAE5	Las Delicias, Aragua	Agua mineral	Envase plástico 5 L	Dureza: 147; bicarbonato: 134; calcio: 50; potasio: 0,1; cloruro: 13; fluoruro: 0,3; hierro: <0,1; sólidos disueltos: 235; alcalinidad total: 135, pH: 7,6	Sí
MAE6	Coro, Falcón	Agua mineral	Envase plástico 0,5 L	pH: 7,49; calcio: 27,2; sílice: 15,6; magnesio: 1,46; cloruro: 14; potasio: 3,25	Sí
MAE7	Maracay, Aragua	Agua mineral	Envase plástico 0,33 L	Dureza: 95; cloruro: 25; fluoruro: 0,5; sólidos disueltos: 133; pH: 7,2	Sí
MAE8	Maracaibo, Zulia	Agua potable	Envase plástico 1,500 L	Alcalinidad: 124,69; calcio: 9,33; bicarbonato: 152,12; dureza: 48,78; hierro: <0,07; magnesio: 12; pH: 7,2	Sí
MAE9	Los Bucares, Zulia	Agua potable	Bolsa plástica 0,5 L	No presenta	Sí
MAE10	San Francisco, Zulia	Agua purificada	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	Sí
MAE11	Maracaibo, Zulia	Agua potable	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE12	Maracaibo, Zulia	Agua potable	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE13	Maracaibo, Zulia	Agua potable	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE14	Maracaibo, Zulia	Agua potable	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE15	Maracaibo, Zulia	Agua potable	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE16	Maracaibo, Zulia	Agua potable	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE17	Maracaibo, Zulia	Agua potable	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE18	Maracaibo, Zulia	No presenta	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE19	Maracaibo, Zulia	No presenta	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No
MAE20	Maracaibo, Zulia	No presenta	Botellón plástico 18,9 L	No presenta	No

normativa venezolana vigente, especificada en la Tabla II.

#### Análisis estadísticos de datos

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics Ver. 20 para realizar un análisis de varianza (ANOVA) de una vía y la prueba a posteriori de Tukey, con la finalidad de determinar diferencias significativas entre las marcas comerciales de agua envasada, en cuanto a su calidad fisicoquímica. Antes de realizar el ANOVA se comprobaron, tanto la homogeneidad de las varianzas (Test de Bartlett), como la distribución normal de los residuos (Test de Kolmogorov-Smirnov). Adicionalmente, se estableció un estudio de correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos, para cada marca comercial de agua envasada.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de calidad de agua indicados en las etiquetas de los envases de agua (Tabla I), difirieron significativamente de los resultados obtenidos en el presente estudio ( $P < 0,05$ ), en cuanto a los parámetros comunes: pH, fluoruro, dureza total y SDT. Este hecho debe ser investigado con mayor detalle para determinar las posibles causas, pudiendo estar relacionado con el desarrollo de procesos químicos o biológicos en el agua luego de ser envasada, o a la veracidad de los datos reportados por parte de las empresas comercializadoras de agua.

El ANOVA de una vía mostró diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) entre las distintas marcas

comerciales de agua envasada, en cuanto a los valores de pH, fluoruro, dureza total y SDT. Los datos microbiológicos no pudieron ser considerados en este análisis, ya que en muchos casos no se obtuvieron números enteros (rango  $< 1,1 - > 23,0$  NMP/100 mL).

#### pH

Los valores de pH estuvieron entre 4,27 (MAE16) y 8,24 (MAE4), con una media aritmética de  $6,60 \pm 1,11$  unidades (Fig. 1A). Los resultados muestran que 30% de las marcas comerciales de agua envasada estuvieron por debajo del rango de pH establecido por la legislación venezolana (6,5-8,5; Tabla II), específicamente las siguientes: MAE11, MAE12, MAE12, MAE14, MAE16 y MAE17, todas pertenecientes a presentaciones en botellones de 18,9 L.

La tendencia hacia la acidez de las muestras de agua envasada, puede resultar de un exceso de cloro durante el proceso de tratamiento por parte de las empresas comercializadoras, con la finalidad de obtener un agua más clara y libre de color y de turbidez. El cloro se combina con el agua para formar ácidos hipocloroso y clorhídrico, de acuerdo con la siguiente reacción:  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HOCl} + \text{HCl}$ . Además, cuando se aplica cloro a aguas con cierto nivel de impurezas, usualmente se forman sustancias indeseables como cloraminas y trihalometanos (Sawyer *et al.*, 2001; Di Cristo *et al.*, 2015), desplazándose asimismo el equilibrio de la reacción anterior hacia la derecha, con lo que se puede llegar a

**Tabla II. Límites permisibles de la normativa venezolana vigente en materia de calidad de agua potable y envasada.**

Parámetro	Normas sanitarias de calidad del agua potable*	Requisitos del agua potable envasada**
pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Color verdadero (UCV)	5	5
Turbidez (UNT)	1	–
Fluoruro (mg/L)	0,7	1
Dureza total (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	250	500
SDT (mg/L)	600	–
Coliformes totales (NMP/100 mL)	Ausente en dos muestras consecutivas de 100 mL	4 (para 10 muestras del lote)
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Ausente	4 (para 10 muestras del lote)

\*Valor máximo deseable (Gaceta oficial 36.395, 1998), \*\*Valor máximo admisible (COVENIN 1431-82, 1982), SDT: sólidos disueltos totales, – no presenta.

valores de pH inadecuadamente bajos (Sawyer *et al.*, 2001). El consumo prolongado de agua ácida, puede provocar desequilibrios ácido-bases en el organismo (Prieto *et al.*, 2012).

La prueba de Tukey permitió la distinción de nueve grupos (Fig. 1A), indicando la alta variabilidad de los valores de pH entre las marcas comerciales de agua, con una mayor diferenciación de las presentaciones en botellones de 18,9 L (valores más ácidos). Adicionalmente, el pH correlacionó significativamente ( $P < 0,05$ ) con las concentraciones de fluoruro, dureza total y SDT, mostrando su dependencia con respecto al contenido de sustancias presentes en el agua.

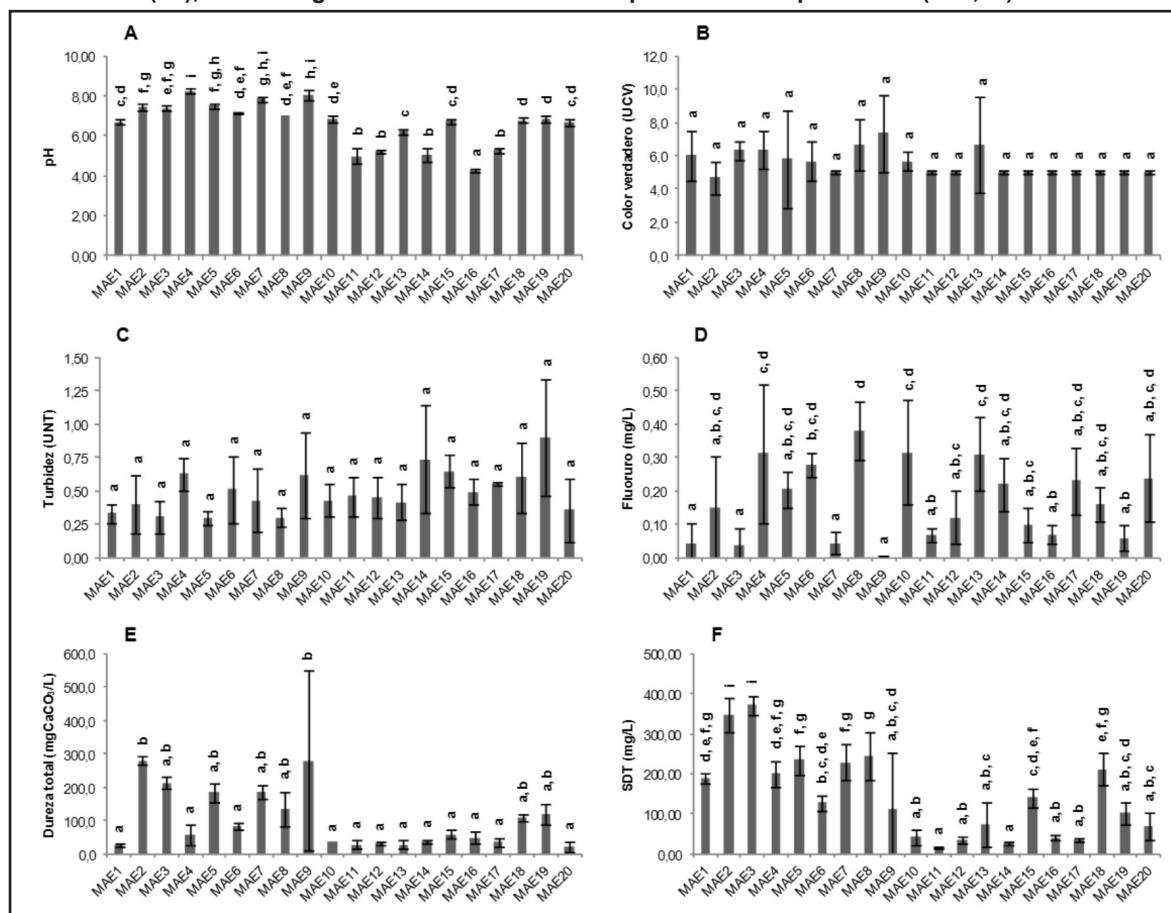
Los resultados obtenidos son comparables a los reportados por Iriarte (2009), para aguas

embotelladas comercializadas en la Isla de Margarita (Venezuela), cuyos valores de pH estuvieron entre 3,40 y 8,87; donde un 73,5% de las muestras analizadas no cumplieron con el rango de pH permisible de la legislación venezolana (Tabla II). Asimismo, difieren de los valores encontrados en el municipio de Montería, Córdoba (Colombia), para agua envasada en bolsas (entre 6,2 y 7,7 unidades) (Simanca *et al.*, 2010).

### Color verdadero

El color verdadero en el agua envasada estuvo entre 4,7 (MAE2) y 7,3 UCV (MAE9), con una media aritmética de  $5,6 \pm 0,8$  UCV (Fig. 1B). Los resultados indican que 45% de las marcas comerciales presentaron concentraciones de color verdadero por encima del límite máximo permisible de la normativa

**Fig. 1. Características fisicoquímicas del agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo. A) pH, B) Color verdadero, C) Turbidez, D) Fluoruro, E) Dureza total, F) Sólidos disueltos totales (SDT). Se presenta la media aritmética y la desviación estándar (barra de error) para n=6. Las muestras con la misma letra (a-i), no son significativamente diferentes para el mismo parámetro ( $P > 0,05$ ).**



nacional (5 UCV, Tabla II), específicamente las siguientes: MAE1, MAE3, MAE4, MAE5, MAE6, MAE8, MAE9, MAE10 y MAE13, pertenecientes a presentaciones de diferentes tipos (envase plástico, bolsa plástica y botellón de plástico). La mayoría de las marcas en botellones plásticos de 18,9 L exhibieron valores de color verdadero menores a 5 UCV, siendo también las que presentaron los valores de pH más bajos, lo cual puede estar relacionado con la magnitud de la cloración aplicada, como ya fue comentado.

La presencia de color verdadero en el agua de bebida proviene de los materiales disueltos presentes: sustancias vegetales y animales, productos de descomposición de materia orgánica, sales minerales disueltas, entre otros, y resultan de la falta de tratamiento de las aguas o la ineficiencia de los procesos de depuración aplicados (Marín, 2003; Sierra, 2011). El aspecto coloreado de las aguas para consumo humano, puede provocar su rechazo por parte del consumidor (asociado a contaminación).

No se observaron diferencias significativas entre las marcas de agua envasada ( $P>0,05$ ), con respecto al contenido de color verdadero (Fig. 1B). El análisis de correlación de Pearson, mostró correlaciones significativas ( $P<0,05$ ) de las concentraciones de color verdadero con SDT, ya que como se mencionó, el material disuelto origina color verdadero en las aguas (Sierra, 2011).

Simanca *et al.* (2010) reportaron un valor medio de 7,5 UC para aguas envasadas en bolsas del municipio de Montería, Córdoba (Colombia), el cual resulta superior al encontrado en el presente estudio para aguas envasadas de la ciudad de Maracaibo (Fig. 1B).

#### *Turbidez*

En la Fig. 1C se muestran los contenidos de turbidez en las muestras de agua envasada de la ciudad de Maracaibo, los cuales variaron entre 0,30 (MAE5 y MAE8) y 0,90 UNT (MAE19), con una media aritmética de  $0,50\pm 0,16$  UNT (Fig. 1C). Todas las muestras cumplieron con el valor máximo deseable para agua potable (1 UNT, Tabla II), establecido en las normas venezolanas (Gaceta oficial 36.395, 1998).

Los bajos resultados de turbidez se corresponden con las concentraciones relativamente

altas de color verdadero observadas en las muestras, indicando que los materiales presentes se encontraban principalmente disueltos (color verdadero) y no en forma particulada (turbidez). De este modo, la turbidez correlacionó significativamente ( $P<0,05$ ) con el pH y las concentraciones de SDT, y no se observaron diferencias significativas ( $P>0,05$ ) de turbidez entre las marcas comerciales de agua envasada (Fig. 1C).

Los valores de turbidez encontrados en las aguas envasadas expendidas en la ciudad de Maracaibo, fueron superiores a los indicados por Simanca *et al.* (2010), para agua envasada en bolsas del municipio de Montería, Córdoba (Colombia) (media general: 0,153 UNT).

#### *Fluoruro*

Las concentraciones de fluoruro en las marcas comerciales de agua envasada se presentaron entre 0,01 (MAE9) y 0,38 mg/L (MAE8), con una media aritmética de  $0,17\pm 0,11$  mg/L (Fig. 1D). En ninguna de las muestras analizadas se encontró una concentración de  $F^-$ , que correspondiera con el valor contemplado en la normativa legal vigente (0,7 y 1 mg/L; Tabla II).

Existen grandes controversias acerca de la cantidad de fluoruro que debe contener el agua de bebida, ya que entre otras causas hay: i) discrepancias entre los beneficios y riesgos de la fluoración del agua, ii) falta de estudios comparativos entre poblaciones de ensayo, iii) carencia de datos actuales acerca de la prevalencia de enfermedades óseas, entre otros (Ryczel, 2006). No obstante, de manera general se conoce que altas concentraciones ( $>1$  mgF<sup>-</sup>/L), pueden generar fluorosis dental (manchado del esmalte) en los consumidores, mientras que concentraciones bajas ( $<1$  mgF<sup>-</sup>/L), favorecen la formación de caries en los dientes (Sawyer *et al.*, 2001). De cualquier manera, se requiere de una supervisión rigurosa por parte de la autoridad competente, para garantizar la dosis de fluoruro requerida en las aguas envasadas expendidas en la ciudad de Maracaibo.

Se observaron cuatro grupos distintivos de marcas comerciales de agua envasada ( $P<0,05$ ), con respecto a las concentraciones de fluoruro en las muestras (prueba de Tukey), indicando la variabilidad de estos datos, particularmente de las marcas MAE1, MAE3, MAE7 y MAE9 (valores más

bajos). Adicionalmente, se obtuvieron correlaciones significativas ( $P < 0,05$ ) de las concentraciones de fluoruro con pH, dureza total y SDT.

Astel *et al.* (2014) obtuvieron una concentración media de 0,3 mgF/L; en aguas minerales embotelladas comercializadas en Polonia, la cual es mayor a la encontrada en las aguas expendidas en la ciudad de Maracaibo.

#### Dureza total

El contenido de dureza total en las muestras de agua se encontró entre 22,7 (MAE20) y 280,0 mg CaCO<sub>3</sub>/L (MAE2 y MAE9), con una media aritmética de 100,3±85,5 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Fig. 1E). De acuerdo con la Tabla II, todas las concentraciones estuvieron por debajo del valor máximo admisible para agua potable envasada (500 mg CaCO<sub>3</sub>/L; COVENIN 1431-82, 1982), mientras que sólo las marcas MAE2 y MAE9, mostraron valores por encima del máximo deseable para agua potable (250 mg CaCO<sub>3</sub>/L; Gaceta Oficial 36.395, 1998).

De manera general, las aguas duras no representan ningún problema sanitario, sólo que provoca una serie de inconvenientes si el agua envasada se usa, por ejemplo, para cocinar o lavar utensilios, ya que genera un mayor consumo de jabón y produce manchas e incrustaciones (Sierra, 2011).

Se obtuvieron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) de las concentraciones de dureza total entre las marcas comerciales de agua envasada (dos grupos distintivos, Fig. 1E), mostrando la poca variabilidad de los datos. La dureza total correlacionó significativamente ( $P < 0,05$ ) con el pH y las concentraciones de fluoruro y de SDT.

La dureza del agua es causada por cationes metálicos polivalentes, principalmente Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> (Sierra, 2011). Los valores de dureza total obtenidos son comparables a las concentraciones de Ca y Mg reportadas por Felipe-Sotelo *et al.* (2015), media aritmética de 77,1±70,5 y 24,3±24,6 mg/L, respectivamente, para aguas embotelladas europeas (Ca+Mg= 101,4 mg/L).

#### Sólidos disueltos totales

La concentración media de SDT fue de 142,74±106,76 mg/L, con valores entre 16,48

(MAE11) y 372,44 mg/L (MAE3) (Fig. 1F). Los resultados indican que todas las concentraciones cumplieron con el valor máximo deseable (600 mg/L, Tabla II), para agua potable de la normativa venezolana (Gaceta Oficial 36.395, 1998).

Se observó una amplia variabilidad del contenido de SDT en las muestras de agua envasada de la ciudad de Maracaibo, obteniéndose ocho grupos distintivos (Fig. 1F), de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Las concentraciones más bajas se observaron en presentaciones de botellones plásticos de 18,9 L, correspondiendo con los valores de color verdadero. Se obtuvieron correlaciones significativas ( $P < 0,05$ ) de las concentraciones de SDT con pH, turbidez, fluoruro y dureza total, indicando la contribución de estos parámetros al contenido de sólidos disueltos en las muestras.

#### Bacterias coliformes

La densidad de bacterias coliformes totales y fecales en las muestras de agua envasada de la ciudad de Maracaibo, se encontró entre <1,1 y >23,0 NMP/100 mL. El 60% de las marcas comerciales exhibieron la presencia de coliformes totales, mientras que las bacterias coliformes fecales se detectaron en 50% de estas marcas (Tabla III). Un contenido de coliformes fecales superior a 1,1 NMP/100 mL, se obtuvo en 24% de las muestras analizadas (todas en botellones plásticos de 18,9 L; las cuales representan el 91% para este tipo de envase). Adicionalmente, las muestras de agua contenidas en envases plásticos de 0,33 a 5 L, no mostraron la presencia de bacterias coliformes (<1,1 NMP/100 mL: desde MAE1 hasta MAE8).

Las marcas comerciales MAE9, MAE10, MAE11, MAE12, MAE13, MAE14, MAE15, MAE16, MAE17, MAE18, MAE19 y MAE20 (todas en bolsas y botellones plásticos de 18,9 L), no cumplieron con las normas de calidad de agua potable (Tabla II), ya que mostraron la presencia de bacterias coliformes totales en más de dos muestras consecutivas de 100 mL. Además, en estas mismas marcas, a excepción de MAE9 y MAE12, se detectaron coliformes fecales (todas en botellones plásticos de 18,9 L), lo cual las hace inaceptables para consumo humano, de acuerdo con la norma sanitaria vigente (Tabla II).

La presencia de bacterias coliformes indica que el agua ha sido o está contaminada con materia

**Tabla III. Densidades de bacterias coliformes (rango, n=6) en agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo.**

Código	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)
MAE1	<1,1	<1,1
MAE2	<1,1	<1,1
MAE3	<1,1	<1,1
MAE4	<1,1	<1,1
MAE5	<1,1	<1,1
MAE6	<1,1	<1,1
MAE7	<1,1	<1,1
MAE8	<1,1	<1,1
MAE9	<1,1 – 9,2	<1,1
MAE10	<1,1 – 23,0	<1,1 – 3,6
MAE11	<1,1 – 3,6	<1,1 – 3,6
MAE12	<1,1 – 1,1	<1,1
MAE13	<1,1 – >23,0	<1,1 – >23,0
MAE14	<1,1 – 1,1	<1,1 – 1,1
MAE15	<1,1 – >23,0	<1,1 – >23,0
MAE16	<1,1 – 9,2	<1,1 – 9,2
MAE17	1,1 – >23,0	<1,1 – >23,0
MAE18	<1,1 – >23,0	<1,1 – >23,0
MAE19	<1,1 – 6,9	<1,1 – 5,1
MAE20	<1,1 – 3,6	<1,1 – 3,6

orgánica de origen fecal, ya sea de humanos o animales, y que además representa un riesgo potencial de contaminación por bacterias, virus y otros microorganismos de carácter patógeno (Madigan *et al.*, 1998; OMS, 2006; Sierra, 2011). Consumir agua contaminada con organismos patógenos representa un peligro para la salud, repercutiendo sobre la calidad de vida de los consumidores. Es por ello que, de acuerdo con los resultados encontrados en este trabajo, se requiere de un estricto control sanitario de la calidad de las aguas envasadas que se comercializan en la ciudad de Maracaibo (fuente de agua cruda, proceso de tratamiento empleado y prácticas de higiene implementadas en la producción), por parte de la autoridad competente.

En el año (2013) analizaron 10 marcas comerciales de agua envasada en la ciudad de Maracaibo (botellas y bolsas plásticas), reportando valores entre <2,2 y 9,2 NMP/100 mL para coliformes totales, y entre <2,2 y 5,1 NMP/100 mL para coliformes fecales, los cuales son más bajos

que los presentados en este estudio, mostrando el deterioro de los procesos de producción comercial del referido producto, así como la falta de fiscalización por parte de los entes reguladores. Similarmente, Iriarte (2009) indicó la ocurrencia de bacterias coliformes en 6,8% de las muestras (24 de 354) de agua embotellada nacional expendida en la Isla de Margarita (Venezuela), detectándose la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*, lo cual refleja la extensión de la problemática de la calidad del agua envasada en varias localidades del país.

Por su parte, Moreira *et al.* (1994), indicaron que el tipo de envase (plástico PVC o vidrio) no influye en la capacidad de supervivencia de las enterobacterias. Sin embargo, la supervivencia de ciertas especies como *P. aeruginosa* de agua envasada en botellas plásticas, puede reflejar su capacidad para colonizar este tipo de material (Vess *et al.*, 1993). Además, se ha indicado que los constituyentes de los materiales plásticos (e. g. alquilfenoles, ftalatos, etc.) usados para la elaboración de envases y botellas, pueden migrar al agua ya sea durante la fabricación de



botellas, llenado de agua o el almacenamiento (Guart *et al.*, 2014), pudiendo generar algunos problemas de salud en la población.

Finalmente, considerando los criterios de calidad analizados en el presente estudio, sólo las marcas identificadas como MAE2 (envase plástico de 5 L) y MAE7 (envase plástico de 0,33 L), cumplieron con los límites establecidos (exceptuando el parámetro fluoruro), las cuales cuentan con los permisos sanitarios correspondientes (representan el 20% de las reglamentadas, Tabla I). Todas las marcas que no cuentan con dichos permisos, resultaron sanitariamente inaceptables para consumo humano.

## CONCLUSIONES

El agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo representa un riesgo a la salud de los consumidores, debido a los siguientes aspectos: pH ácido (30%), presencia de color verdadero (45%), deficiencia de fluoruro (100%), presencia bacterias coliformes totales (60%) y fecales (24%). Las presentaciones en botellones plásticos de 18,9 L constituyen las de mayor peligrosidad, ya que incumplieron las exigencias de las normas de calidad nacionales para pH (55%), fluoruro (100%), bacterias coliformes totales (100%) y fecales (91%). Exceptuando las concentraciones de fluoruro, sólo las marcas comerciales identificadas como MAE2 (envase plástico de 5 L) y MAE7 (envase plástico de 0,33 L), cumplieron con los criterios de calidad (considerando los parámetros analizados en el presente estudio), las cuales cuentan con los permisos sanitarios correspondientes.

Se evidencia una falta de supervisión y control sanitario de las aguas envasadas, por parte de las instancias gubernamentales correspondientes, particularmente en cuanto a: fuente de agua cruda, proceso de tratamiento empleado y prácticas de higiene implementadas en la producción. La ausencia de etiquetado (origen, composición, lote, fecha de vencimiento, entre otros) en muchas de las marcas y la veracidad de la información suministrada por otras, también evidencian la mala calidad del producto expendido.

## Conflicto de Intereses

Los autores manifestamos que no ha habido conflictos de intereses en la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS

- APHA, AWWA & WEF. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21th Edition. American Public Health Association. New York, USA.
- Astel A., Michalski R., Łyko A., Jabłońska-Czapla M., Bigus K., Szopa S. & Kwiecińska A. (2014). Characterization of bottled mineral waters marketed in Poland using hierarchical cluster analysis. *J. Geochem. Explor.* **143**: 136-145.
- Benítez B. M., Ferrer K. J., Rangel L., C., Ávila A. G., Barboza Y. & Levy A. (2013). Calidad microbiológica del agua potable envasada en bolsas y botellas que se venden en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia-Venezuela. *Multiciencias.* **13**: 16-22.
- Castejón Y. (2016). *¡Alerta! Contaminación del agua potable en Venezuela*. Boletín BC Digital 173. Universidad de Carabobo. Documento en línea: <http://www.boletin.bc.uc.edu.ve/> (Consultado: 2015, Julio 15).
- COVENIN 1431-82 (1982). *Agua potable envasada. Requisitos*. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Ministerio de Fomento. República de Venezuela.
- Di Cristo C., Leopardi A., Quintiliani C. & de Marinis G. (2015). Drinking water vulnerability assessment after disinfection through chlorine. *Procedia Engineering.* **119**: 389-397.
- Díaz J. C., Caraballo H., Villareal M., Lobo H., Rosario J., Briceño J., *et al.* (2007). ¿El agua embotellada es adecuada para nuestro consumo? *Academia* **6**: 2-12.
- Felipe-Sotelo M., Henshall-Bell E. R., Evans N. D. M. & Read D. (2015). Comparison of the chemical composition of British and continental European bottled waters by multivariate analysis. *J. Food Compost. Anal.* **39**: 33-42.
- Gaceta Oficial 36.395 (1998). *Normas sanitarias de calidad del agua potable*. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. República de Venezuela.

- Guart A., Bono-Blay F., Borrell A. & Lacorte S. (2014). Effect of bottling and storage on the migration of plastic constituents in Spanish bottled waters. *Food Chem.* **156**: 73-80.
- Iriarte M. (2009). Calidad bacteriológica de las aguas embotelladas comercializadas en la Isla de Margarita (Venezuela) durante 2002-2008. *Ciencia.* **17**: 211.-224.
- Madigan M. T., Martinko J. M. & Parker J. (1998). *Brock, biología de los microorganismos.* Octava Edición. Prentice Hall Internacional. Hertfordshire, UK.
- Marín R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos.* Ediciones Díaz de Santos S. A. Madrid, España.
- Moreira L., Agostinho P., Morais P. V. & Da Costa M. S. (1994). Survival of allochthonous bacteria in still mineral water bottled in polyvinyl chloride (PVC) and glass. *J. Appl. Microbiol.* **77**: 334-339.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la calidad del agua potable.* Tercera edición. Ediciones de la OMS. Suiza.
- Prieto J. M., Franco S., Mayor E., Palomino J. & Prieto J. F. (2012). Alteraciones del equilibrio ácido-base. *Diálisis y Trasplante.* **33**: 25-34.
- Rosenberg F. A. (2003). The microbiology of bottled water. *Clin. Microbiol. Newsl.* **25**: 41-44.
- Ryczel M. E. (2006). Fluor y agua de consumo – Su relación con la salud – Controversias sobre la necesidad de fluorar el agua de consumo. *Boletín de la ATA* 20(72): 21-26.
- Sawyer C. N., McCarty P. L. & Parkin G. F. (2001). *Química para ingeniería ambiental.* Cuarta edición. McGraw-Hill Interamericana S. A. Bogotá, Colombia.
- Sierra C. (2011). *Calidad del agua.* Evaluación y diagnóstico. Ediciones de la Universidad de Medellín. Bogotá, Colombia.
- Simanca M. M., Álvarez B. E. & Paternina R. (2010). Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de Montería. *Temas Agrarios.* **15**: 71-83.
- Torres R. (2009). *El agua en Maracaibo: un problema multicausal.* Agencia de noticias de La Universidad del Zulia. Documento en línea: <http://www.agenciadenoticias.luz.edu.ve/>(Consultado: 2015, Julio 15).
- Vess R. W., Anderson R. L., Carr J. H., Bond W. W. & Favero M. S. (1993). The colonization of solid PVC surfaces and the acquisition of resistance to germicides by water microorganisms. *J. Appl. Microbiol.* **74**: 215-221.

Recibido el 23/06/2016  
Aceptado el 05/06/2017