

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA EMBOTELLADA EN PANAMÁ

DETERMINATION OF HEAVY METALS IN BOTTLED WATER IN PANAMÁ



Almengor, Zuleika

Zuleika Almengor

zuleika.almengor@up.ac.pa

Universidad de Panamá, Panamá

Centros: Revista Científica Universitaria

Universidad de Panamá, Panamá

ISSN-e: 2304-604X

Periodicidad: Semestral

vol. 11, núm. 2, 2022

revista.centros@up.ac.pa

Recepción: 28 Marzo 2022

Aprobación: 23 Mayo 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/228/2283210008/>

Resumen: Se determinó la composición elemental de las 10 marcas de aguas embotelladas más vendidas en la República de Panamá. Las concentraciones de As, Cd, Cr, Hg, Pb y Sb fueron determinados por ICP – MS que es una técnica ampliamente utilizada para detectar y cuantificar metales pesados en diferentes matrices. La composición de todas las muestras de aguas analizadas está por debajo de los valores establecidos por el Reglamento Técnico DGNTI.COPANIT 77-2007 que regula la calidad del agua embotellada en Panamá, la Organización Mundial de la Salud y la Comunidad Europea. Los elementos analizados presentaron diferencias entre las marcas estudiadas con un valor de significancia $p < 0.05$ a excepción del plomo cuyo valor de $p = 0.529$.

Palabras clave: Agua embotellada, ICP – MS, calidad del agua, metales traza, contaminación del agua.

Abstract: The elemental composition of the 10 best-selling bottled water brands in the Republic of Panama was determined. The concentrations of As, Cd, Cr, Hg, Pb and Sb were determined by ICP-MS which is a widely used technique to detect and quantify heavy metals in different samples. The composition of all the analyzed waters samples is below the values established by the Technical Regulation DGNTI.COPANIT 77-2007 that regulates the quality of bottled water in Panamá, the World Health Organization and the European Community. The elements analyzed showed differences between the brands studied with a significance value $p < 0.05$, with the exception of lead whose value of $p = 0.529$.

Keywords: Bottled water, ICP - MS, water quality, trace metals, water contamination.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso cada vez más escaso en nuestro planeta y tener acceso a ella, y que esta sea de buena calidad y libre de contaminación, se ha convertido en una necesidad para la humanidad que cada día requiere consumir un producto, en este caso agua embotellada, con mejor sabor que el agua potable. El creciente consumo de agua embotellada ha hecho que la industria de este rubro crezca enormemente. La necesidad de la población de consumir agua libre de todo tipo de contaminantes ha provocado la búsqueda de estos productos por considerarlos mejores para la salud.

Según el Codex Alimentarius (2019), el agua es un alimento; y define las aguas embotelladas como productos que deben estar libre de sustancias químicas, especialmente, metales pesados que pueden ser tóxicos para los seres humanos. Un metal tóxico es toda sustancia química no infecciosa que al entrar en contacto con un ser vivo en ciertas dosis puede producir un efecto adverso (Guitart y Giménez, 2012) (Ferrer, 2003).

Panamá es un país que cuenta con una gran disponibilidad hídrica, que, a pesar del aumento de la población, la deforestación y a una creciente contaminación, todavía permite satisfacer necesidades básicas y primordiales de la población. La calidad del agua en Panamá está regida por el Reglamento Técnico DGNTI.COPANIT 77-2007, donde se muestran los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir las aguas embotelladas para consumo humano.

La inhalación y la ingesta de alimentos son dos de las causas más sobresalientes de contaminación por metales pesados. Los efectos tóxicos dependen del tipo de metal, de la concentración, la especiación y en algunos casos de la edad de la población expuesta. (Echeverry, et al., 2015). Algunos estudios que evalúan la contaminación de metales pesados en alimentos, carne y leche, han encontrado que el cadmio, el mercurio, el plomo y el arsénico, son cuatro de los elementos que por su impacto en la salud y concentración deben ser cuidadosamente evaluados y monitoreados (Reyes, Y.C., et al, 2016) (Reimann, C. et al., 2010)

La contaminación del agua embotellada puede ocurrir de diferentes formas, desde los procesos de manufacturas en las plantas procesadoras hasta los tipos de envases que la contienen (Shimamoto, et al., 2011), (Westerhoffa, et al., 2008) (Redžepović, 2012) Chapa Martínez, et al., (2016). El agua que se consume en Panamá no está libre de contaminantes microbiológicos (MINSA, 2014), por lo que se puede indicar que los procesos utilizados para purificar el agua no son los adecuados o no se realizan en plantas procesadoras y el agua que llega al consumidor no posee ningún control de calidad.

La gran mayoría de los problemas de contaminación del agua están relacionados con actividades humanas o antropogénicas, donde el ser humano es el principal responsable de la contaminación (Barba-Brioso et al., 2010).

Dentro de los principales sectores industriales, que son fuentes de contaminación de metales pesados se encuentran: la minería, industria del cemento, colorantes, curtiduría, galvanoplastia, producción de acero, material fotográfico, pinturas corrosivas, producción de energía, fabricación de textiles, conservación de la madera, etc. (Tejada, et al, 2015)

De acuerdo con un estudio realizado por Montes y Henríquez, 2016 las principales fuentes de contaminación por mercurio en Panamá son: Aire (quema de desechos y residuos en vertederos informales, producción de cemento), agua (vertederos informales de desechos generales, empastes de amalgamas dentales, equipos de laboratorio médico con mercurio), suelo (vertederos informales de desechos generales, interruptores eléctricos y reveladores con mercurio).

Para el correcto funcionamiento del organismo es necesario el consumo de ciertos elementos en concentraciones traza o sus iones: Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Se, Cr, Sn, Va, Si y Ni. Algunos de los iones de metales alcalinos (Na⁺, K⁺) y alcalinotérreos (Ca²⁺ y Mg²⁺) son cationes de extraordinaria importancia para el correcto funcionamiento celular.

Por otro lado, hay otros que no son requeridos por los seres humanos: Pb, Cd, Hg, Cr, As. De estos los más tóxicos son: Pb, Hg y el metaloide As (aunque no es considerado un metal, presenta efectos tóxicos similares). Otro factor que influye en la toxicidad de los compuestos metálicos es el estado de valencia en que el elemento metálico se encuentra. Así, el As III es más tóxico que el As V y el Cr VI es más peligroso que el Cr III. (Ferrer, 2003)

La importancia que tiene el estudio de metales pesados en diferentes matrices es debido a su elevada toxicidad, alta persistencia y la rapidez con que se bioacumulan en los organismos vivos. Lamentablemente, estos efectos no se detectan fácilmente a corto plazo. La toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos. (Reyes, et al, 2016)

El peligro de aquellos elementos metálicos potencialmente tóxicos es su combinación con compuestos orgánicos presentes en el agua y que pueden provenir del envase (Brima, 2014), y su posterior ingreso a la cadena alimentaria donde pueden ocurrir procesos de bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación hacia los consumidores finales, especialmente el hombre.

El propósito de este estudio fue determinar el contenido de metales pesados en muestras de 10 marcas de aguas embotelladas más consumidas en la República de Panamá. Para ello, se aplica una metodología analítica que permite evaluar la presencia de los metales pesados en las aguas embotelladas al detectar y cuantificar los metales pesados analizados: antimonio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de los Datos

La recolección de las muestras es aleatoria y completamente al azar en los principales supermercados de la provincia de Chiriquí. Se recolectaron muestras de 100 ml por triplicado de tres diferentes lotes de 10 marcas de agua envasada más vendidas en la República de Panamá, de acuerdo con la Autoridad de Protección al Consumidor y Defensa de la Competencia (Acodeco, 2016). Cada muestreo consta de 10 muestras, con lo que se tendría un volumen total de 3 litros por cada muestreo. El muestreo se realizó una vez por mes durante tres meses (noviembre y diciembre de 2017, enero 2018) hasta completar la cantidad de 30 muestras con un volumen final de 3 litros.

Procedimiento

Toma de muestra

Las muestras colectadas fueron colocadas en recipientes de vidrio previamente lavadas con suficiente agua del grifo, luego agua destilada y por último con agua de las muestras. Los tubos fueron secados y luego se colocaron las muestras de agua en los mismos. El método de muestreo y almacenamiento es similar al reportado por Brima, 2014 y Reimann, et al. 2010.

Preparación de la muestra

Las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente hasta su llegada al laboratorio para su tratamiento. No fue necesario someter las mismas al proceso de digestión, solamente fueron acidificadas y filtradas para su posterior análisis (Abraham y Susan, 2017).

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1983) y Baird, et al., 2017 presentan un compendio de métodos analíticos para el protocolo de preparación de muestras de agua y aguas residuales, el cual fue adaptado para este estudio de la siguiente manera: se midieron dos alícuotas de 8,5 mL de tres botellas diferentes de cada marca estudiada a las cuales se añadieron 0,5 mL de ácido nítrico suprapur al 5% y 1 mL de solución de rodio a 1 ppm. Luego, las muestras fueron filtradas con filtros Iso-Disc de politetrafluoroetileno (PTFE) de 25 mm de diámetro y 0,45 μm de tamaño de poro (Sigma Aldrich) para su posterior análisis.

Después de acidificar y filtrar las muestras fueron almacenadas en un refrigerador a aproximadamente 4 °C para evitar cambios de volumen debido a la evaporación. Bajo estas condiciones, muestras con concentraciones de varios miligramos son estables durante 6 meses (excepto el mercurio, cuyo límite es 38 días en vidrio y 14 en plástico)

Preparación de la Curva de Calibración

Se tiene una solución estándar multielemental 2A de 10 ppm de Agilent Technologies para la curva de calibrado y a partir de allí se preparan las demás diluciones: 10 ppt, 25 ppt, 50 ppt, 100 ppt, 250 ppt, 500 ppt, 750 ppt, 1 ppb, 5 ppb, 10 ppb, 25 ppb, 50 ppb, 75 ppb y 250 ppb, 500 ppb. Se prepararon dos blancos con 9 mL de ácido nítrico suprapur al 5% y 1 mL de solución de rodio a 1 ppm. Tanto las soluciones patrón, las muestras y los blancos se preparan con agua Milli Q, ácido nítrico al 5% y con Rodio en una concentración de 1 ppm, este metal actúa como patrón interno (EPA, 1991; Al-Saleh y Al – Doush, 1997)

Detección y Cuantificación

Se llevó a cabo utilizando un Espectrómetro de Masas con fuente de plasma con acoplamiento Inductivo siguiendo los protocolos establecidos por la EPA, 1983 y que ha sido ampliamente utilizada para analizar metales en diferentes matrices.

Análisis de las muestras

Para el análisis multielemental de las muestras de agua, se utilizó la técnica de espectrometría de masas acoplado inductivamente (Abraham y Susan, 2017). El uso de ICP-MS presenta una serie de ventajas que incluyen análisis multielemental, la capacidad de identificar diferentes isótopos de un metal, mayor sensibilidad, mejor y mayor precisión y un rango dinámico lineal más amplio para la cuantificación de la trama de calibración estándar (Delafiori, et al, 2016). Cuando se trabaja con un equipo como el ICP – MS es importante revisar que los niveles de argón sean óptimos para el sistema y programar un nuevo experimento o utilizar uno ya programado.

En el caso del ICP-MS XSeries2 de Thermo Scientific la optimización diaria se llevó a cabo empleando una disolución de Li, Co, Y, U y Ce al 2% (v/v) en HNO₃ suministrada por Thermo Scientific (Bremen, Alemania) conocida como solución tune. El software empleado para programar los análisis es Thermo Plasma Lab. En la tabla 1 se presentan las condiciones operacionales del ICP- MS.

TABLA 1
Condiciones Operacionales del ICP – MS

| Tabla 1. Condiciones Operacionales del ICP - MS | |
|---|------------------------|
| Potencia | 1400 W |
| Flujo del Gas | 15 L/min |
| Conos muestreador y skimmer | Ni |
| Nebulizador | Microflow (ESI) |
| Qoct | -18 V |
| Qp | -16 V |
| Flujo de nebulización | 0,7 L/min |
| Velocidad de la bomba peristáltica | 30 rpm |
| Tiempo de Integración | 0,3 rps |
| Elementos analizados | As, Cd, Cr, Hg, Pb, Sb |

Tratamiento Estadístico de los Datos

La Estadística es una ciencia que se encarga de recoger, organizar e interpretar los datos obtenidos en una investigación, a través de modelos matemáticos permite dar explicaciones a los fenómenos observados. Permite resolver múltiples problemas, tales como: análisis de muestras, contrastar hipótesis, medición de relación entre variables y predecir resultados (Gorgas García, et al. 2011).

La estadística descriptiva ordena, describe y sintetiza toda la información recogida, para lo cual establece medidas cuantitativas que reduzcan a un número manejable de parámetros el conjunto de datos obtenidos. El análisis estadístico de los datos en esta investigación se realiza con el software estadístico Minitab 18 donde se determinaron las concentraciones medias, desviaciones estándar y correlaciones para los datos globales. Para la estadística descriptiva se utiliza como prueba paramétrica Anova (Análisis de Varianza) en una sola vía.

Análisis Estadístico Inferencial

Generalmente, el propósito de una investigación va más allá de describir las distribuciones de las variables: se pretende probar hipótesis y generalizar los resultados obtenidos en la muestra a la población. Los datos casi siempre se recolectan de una muestra y sus resultados estadísticos (media o desviación estándar) conocidos como parámetros cuando se trata de la población no son calculados, porque no se toman datos de toda la población, pero pueden ser inferidos, de allí el nombre de estadística inferencial. Esta se utiliza fundamentalmente para dos procedimientos vinculados: probar hipótesis y estimar parámetros (Hernández Sampieri, 2014).

Análisis de la Varianza de las Concentraciones Medias (Anova de un factor)

El análisis de la varianza es una técnica estadística muy potente que se utiliza para separar y estimar las diferentes causas de variación, es decir, el estudio de si la variación es debida al error aleatorio o si hay más fuentes de error aleatorio (Miller y Miller, 2002). Para utilizarla se hacen una serie de procedimientos aritméticos que conllevan a la determinación de la varianza para contrastar si la diferencia entre las medias muestrales es demasiado grande para explicarse mediante errores aleatorios. Esto permite descubrir si los resultados de una prueba son significativos o no para evaluar una hipótesis.

El análisis de varianza de un factor produce un valor conocido como F o razón F, que se basa en una distribución muestral, conocida como distribución F. La razón F compara las variaciones en las puntuaciones debidas a dos diferentes fuentes: variaciones entre los grupos que se comparan y variaciones dentro de los grupos (Hernández Sampieri, 2014).

Los análisis de varianza de las concentraciones medias Anova se realizaron con el programa Minitab 18 con la finalidad de comparar las medias aritméticas de todas las marcas en estudio, de esta manera se puede conocer si los niveles de cada una de las variables son o no diferentes estadísticamente de una marca a otra, con un nivel de significación de $p < 0,05$. También, con este análisis, se puede predecir el límite inferior y superior de las concentraciones medias para todas las variables en las 10 marcas estudiadas.

RESULTADOS

Se aplicó una metodología analítica para determinar la concentración de metales (Cd, Cr, Hg, Pb) y metaloides (As, Sb) presentes en 10 marcas de agua comerciales más consumidas en la República de Panamá.

En la tabla 2 se presentan los valores de concentración de los metales estudiados en las muestras de agua embotellada. Son resultados obtenidos directamente del ICP – MS y el software Thermo Plasma Lab.

TABLA 2

Tabla 2. Concentración ($\mu\text{g/L}$) de Metales Pesados en muestras de aguas embotelladas consumidas en la República de Panamá mediante ICP – MS

| Marca | Cr ($\mu\text{g/L}$) | Cd ($\mu\text{g/L}$) | As ($\mu\text{g/L}$) | Sb ($\mu\text{g/L}$) | Hg ($\mu\text{g/L}$) | Pb ($\mu\text{g/L}$) |
|-------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 0.1278 | 0.0030 | 0.0445 | 0.7700 | 0.3913 | 0.2425 |
| 2 | 0.1570 | 0.0050 | 0.0325 | 0.4055 | 0.3692 | 0.2128 |
| 3 | 0.0535 | 0.0040 | 0.0330 | 0.7755 | 0.3492 | 0.2120 |
| 4 | 0.3130 | 0.0040 | 0.0710 | 0.8840 | 0.5247 | 0.3267 |
| 5 | 0.2123 | 0.0055 | 0.0835 | 0.5185 | 0.4002 | 0.2080 |
| 6 | 0.1923 | 0.0055 | 0.0275 | 0.4745 | 0.4493 | 0.4330 |
| 7 | 0.4270 | 0.0045 | 0.1315 | 0.3660 | 0.4172 | 0.2223 |
| 8 | 0.3217 | 0.0075 | 0.1110 | 0.8295 | 0.4485 | 0.2910 |
| 9 | 0.1368 | 0.0100 | 0.4835 | 0.5755 | 0.4838 | 0.2632 |
| 10 | 0,5492 | 0.0050 | 0.0775 | 0.7290 | 0.4633 | 0.2255 |

Fuente: Obtención propia en el Laboratorio de Análisis Medioambiental y Bioanálisis, Universidad de Huelva, España, 2018

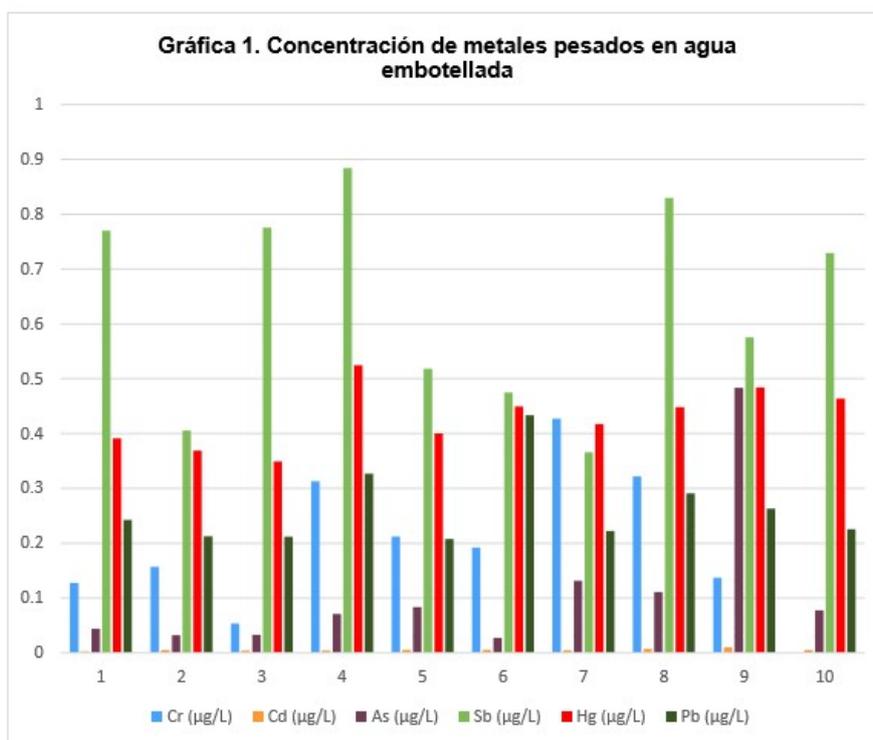
En la tabla 3 se presentan los resultados de la concentración en $\mu\text{g/L}$ obtenidos con el ICP – MS para cada elemento analizado y los parámetros estadísticos descriptivos para las aguas embotelladas analizadas.

TABLA 3
Resultados de las aguas embotelladas (n = 6)

Tabla 3. Resultados de las aguas embotelladas (n = 6)

| | Media | SD | Mín | Máx | Mediana |
|----|--------|--------|-------|-------|---------|
| Cr | 0.2491 | 0.1637 | 0.033 | 0.608 | 0.2025 |
| Cd | 0.006 | 0.0035 | 0.002 | 0.019 | 0.005 |
| As | 0.1161 | 0.1351 | 0.012 | 0.51 | 0.075 |
| Sb | 0.6347 | 0.1867 | 0.361 | 1.015 | 0.6365 |
| Hg | 0.4297 | 0.0827 | 0.247 | 0.728 | 0.4115 |
| Pb | 0.2637 | 0.1815 | 0.05 | 1.189 | 0.219 |

SD = desviación estándar; Unidad = $\mu\text{g/L}$



GRÁFICA 1
Concentración de metales pesados en agua embotellada

DISCUSIÓN

La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2018) es el organismo que establece las concentraciones permitidas para los metales analizados en esta investigación para evaluar la calidad del agua de consumo humano: 3,0 µg/L para Cadmio, 10,0 µg/L para Arsénico, 50,0 µg/L para el Cromo, 10,0 µg/L para el Plomo, 20,0 µg/L para el Antimonio y 6,0 µg/L para el mercurio. Se encontró que las aguas estudiadas en esta investigación contienen concentraciones de los elementos analizados por debajo de los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud y el Reglamento Técnico de Dirección de Normas y Tecnología Industrial (DGNTI)- Comisión Panameña de Normas y Técnicas (COPANIT) 77-2007.

En cuanto a estos resultados obtenidos (ver tabla 1) se puede inferir que al obtener valores de concentración de los diferentes metales por debajo de los valores permitidos en las diez marcas estudiadas permiten establecerlo como parámetro de calidad del agua embotellada consumida en Panamá.

Aunque las concentraciones de metales se encuentran por debajo de los límites permitidos por la norma panameña, en la tabla 1 se observa que el antimonio es el elemento que presenta la mayor concentración de todos los elementos estudiados en esta investigación, lo cual puede ser debido a la migración de este elemento desde las botellas utilizadas para envasar el agua (Reimann, C. et al., 2010). Seguido está el mercurio y el plomo que también presentaron concentraciones altas. Aunque los tratamientos a los que son sometidas las aguas de consumo y las aguas embotelladas deben mejorar la calidad del agua no exime que las aguas estén contaminadas con otro tipo de sustancias, sobre todo de aquellas que provienen de actividades antropogénicas (Montes y Henríquez, 2016).

De acuerdo con la mediana (tabla 2) los elementos que presentan mayor concentración en todas las marcas de agua analizadas son el antimonio, mercurio, plomo y los que presentan menor concentración son: cadmio, arsénico y cromo. Estos datos coinciden con los valores obtenidos para las medias de las concentraciones

de los elementos. Del análisis de varianza en este estudio se obtiene un valor de significancia para todos los elementos analizados menor a $p=0.05$ del nivel de significancia con un nivel de confianza de 95%, lo que conduce a creer que en las marcas de aguas analizadas hay una diferencia significativa entre las medias de estas. Es decir, entre las diez marcas estudiadas hay algunas que tienen valores medios diferentes (figura 1)

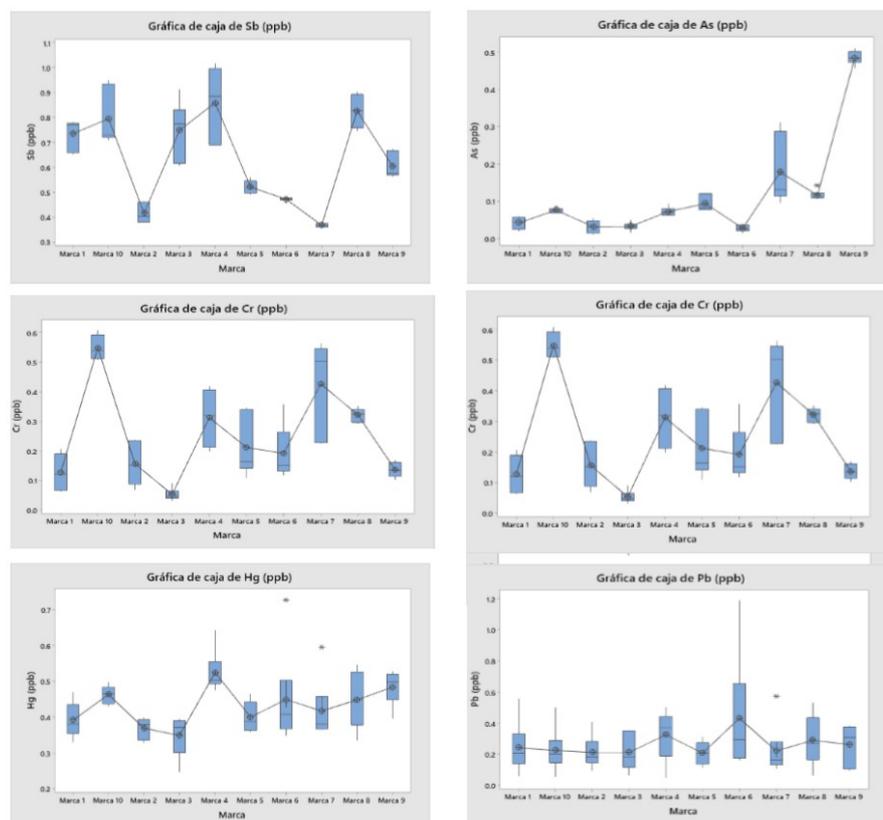


FIGURA 1

En conclusión, desde el punto de vista químico el agua embotellada consumida en Panamá demuestra ser apta para su consumo considerando únicamente los análisis realizados. Es importante efectuar otras determinaciones, especialmente de plaguicidas y parásitos en el agua para mayor confiabilidad en el consumo. Las concentraciones de los metales analizados (As, Cd, Cr, Hg, Pb, Sb) presentes en las diferentes marcas de agua comerciales estudiadas son completamente independientes entre las marcas, es decir, las marcas son heterogéneas entre ellas puesto que la concentración de metales presentes es propia de cada marca.

Al comparar las concentraciones obtenidas de las marcas de agua embotellada analizadas con lo permitido por la norma panameña estas se encuentran por debajo de estos valores, por lo que se puede inferir que el agua embotellada que se consume en Panamá es de buena calidad y permite mantener la seguridad alimentaria en su consumo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, M. R., & Susan, T. B. (2017). Water contamination with heavy metals and trace
 Al-Saleh I, Al-Doush I. (1997) Mercury content in skin-lightening creams and potential hazards to the health of Saudi women. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 51:123–130
 Autoridad de Protección al Consumidor y Defensa de la Competencia. Dirección Nacional de Asuntos del Consumidor. Departamento de Metrología (ACODECO)(2016). Investigación del Contenido Neto de Agua Embotellada.

- Baird, R.; Eaton, A.; Rice, E. W. (2017). *Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater*. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). 23rd Edition
- Barba-Brioso, C., Fernández-Caliani, J.C., Miras, A., Cornejo, J., Galán, E., 2010. Multi- source water pollution in a highly anthropized wetland system associated with the estuary of Huelva (SW Spain). *Marine Pollution Bulletin* 60, 1259-1269.
- Brima, E. I. (2014). Physicochemical properties and the concentration of anions, major and trace elements in groundwater, treated drinking water and bottled drinking water in Najran area, KSA. This article is published with open access at Springerlink.com. *Appl Water Sci* DOI 10.1007/s13201-014-0255-x
- Chapa-Martínez, L. Hinojosa-Reyes, A. Hernández-Ramírez, E. Ruiz-Ruiz, L. Maya- Treviño, J.L. Guzmán-Mar (2016). An evaluation of the migration of antimony from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. *Science of The Total Environment* Volume 565, Pages 511–518
- Codex Alimentarius. 2019. *International Foods Standards*. Comité FAO/OMS. General
- Contraloría General de la República. (2018). *Panamá en Cifras. Producción y Venta de agua Embotellada en la República: años 2014 y 2018, Según trimestre*.
- Delafori, J., Ring, G., & Furey, A. (2016). Clinical applications of HPLC-ICP-MS element speciation: A review. *Talanta*, 153, 306–331. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.02.035>
- Echeverry, Ghislane, Zapata, Andrés Mauricio, Páez, Martha Isabel, Méndez, Fabián, & Peña, Miguel. (2015). Valoración del riesgo en salud en un grupo de población de Cali, Colombia, por exposición a plomo, cadmio, mercurio, ácido 2,4-diclorofenoxiacético y diuron, asociada al consumo de agua potable y alimentos. *Biomédica*, 35(spe), 110-119. <https://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2464>
- Peña, Miguel. (2015). Valoración del riesgo en salud en un grupo de población de Cali, Colombia, por exposición a plomo, cadmio, mercurio, ácido 2,4-diclorofenoxiacético y diuron, asociada al consumo de agua potable y alimentos. *Biomédica*, 35(spe), 110-119. <https://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2464>
- Environmental Protection Agency (EPA). U.S. (1983). *Methods for Chemical Analysis of*
- EPA, U.S., (1991). *Maximum contaminant level goals and national primary drinking water*
- EPA, U.S., 2009. *National Primary Drinking Water Regulations*. EPA 816-F-09-004
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26 (Supl. 1), 141-153. Recuperado en 16 de septiembre de 2020, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008&lng=es&ctlng=es.
- Gorgas G., J.; Cardiel L., N.; Zamorano C., J. (2011). *Estadística Básica para estudiantes de ciencias*. Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid.
- Guitart, R. y Giménez, N. (2012). ¿Qué es un «tóxico»? ¿Una propuesta de definición [What is a “poison”? Proposal of definition]. *Medicina Clínica*, 138(3), 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2011.02.002>
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado C.; Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta Edición. Editorial McGraw – Hill/Interamericana Editores, S.A. Impreso en México
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). *Contraloría General de la República de Panamá*. 2018. <https://inec.gob.pa/archivos/P0579518620191205133546Cuadro%2019.pdf>.
- Miller, J. C y Miller, N. J. (2002) *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*. Pearson Educación, S.A. Cuarta Edición. Editorial Prentice – Hall.
- Ministerio de Salud (MINSA) (2014). *Informe de Monitoreo del Agua Embotellada que se comercializa en Panamá*.
- Montes, V. y Henríquez. (2016). *Inventario de liberación de mercurio en Panamá, según*
- Reglamento Técnico de Dirección de Normas y Tecnología Industrial (DGNTI)- Comisión Panameña de Normas y Técnicas (COPANIT) 77-2007*. Ministerio de Comercio e Industrias
- Reimann, C., Birke, M., Filzmoser, P. 2010. Bottled drinking water: Water contamination from bottle materials (glass, hard PET, soft PET), the influence of colour and acidification. *Applied Geochemistry*, Vol. 25. pp. 1030–1046. Retrieved March 11, 2013 from: http://www.who.int/water_sanitation_health/

- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O.E., Díaz, M., González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, Vol. 16 N° 2, Julio-diciembre 2016, pp. 66-77
- Shimamoto, Gustavo G., Kazitoris, Bianca, Lima, Luis F. R. de, Abreu, Nathassia D. de, Salvador, Vitor T., Bueno, Maria Izabel M. S., Castro, Eustáquio V. R. de, S. Filho, Elói A., & Romão, Wanderson. (2011). Quantification of antimony in Brazilian polyethylene terephthalate (PET) bottles by X-ray fluorescence and chemometric evaluation to verify the presence of recycled pet through iron content. *Química Nova*, 34(8), 1389-1393. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000800017>
- Westerhoffa, Paul, Prapaipongb, Panjai, Shockb, Everett, Hillaireaud, Alice (2008). Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking wáter. *Water Research*. Volume 42, Issue 3, Pages 551–556. doi: 10.1016/j.watres.2007.07.048.
- WHO, 2018. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. 8.10.061