

Artículo Original

Determinación de antimonio en agua embotellada en envases de Polietileno Tereftalato (PET) de venta ambulatoria**Determination of antimony in bottled water in Polyethylene Terephthalate (PET) containers of ambulatory sale**

José A. Apestequia

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Email: japestegui@unmsm.edu.pe

Resumen

En Lima durante los meses de verano, la venta ambulatoria no reúne los estándares de calidad para la venta de agua embotellada. Un estudio reciente de Shotyk y colaboradores, reportó niveles de antimonio elevados en el agua potable almacenada en envases de tereftalato de polietileno (PET). Por eso, se estudió la concentración de antimonio en agua embotellada de venta ambulatoria, en tres muestreos durante los meses de febrero y marzo del 2013 en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola de Lima metropolitana en relación a la temperatura ambiental de muestreo y al tiempo de envasado. Se encontró que la media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte fue de 1610 ng/L, la media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola fue 1600 ng/L. La concentración de antimonio de las muestras de agua embotellada de venta ambulatoria en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola fue menor al máximo valor permisible (20000 ng/L - OMS). La mayor media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte (2440 ng/L) y en la avenida Nicolás de Piérola (2260 ng/L) están ambas en el tercer muestreo (17 de marzo del 2013). Existe correlación moderada (0.426) de las concentraciones de antimonio y temperatura ambiental muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola. Existe correlación moderada (0.48) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte.

Palabras clave: antimonio; agua embotellada; temperatura ambiente.

Abstract

In Lima during the summer months, ambulatory sales do not meet quality standards for the sale of bottled water. A recent study by Shotyk et al, reported elevated levels of antimony in potable water stored in polyethylene terephthalate (PET) containers¹ For this reason, the concentration of antimony in bottled water was studied in three samples during the months of February and March of 2013 of ambulatory sale on Alfonso Ugarte and Nicolás de Piérola avenues of metropolitan Lima in relation to the environmental temperature of sampling and the time of packaging. It was found that the average concentration of antimony on Alfonso Ugarte avenue was 1610 ng/L, The average concentration of antimony on Nicolás de Piérola avenue was 1600 ng/L. The antimony concentration of the samples of bottled water of ambulatory sale on Alfonso Ugarte and Nicolás de Piérola avenues was less than the maximum allowable value (20000 ng/L - WHO). The highest average concentration of antimony on Alfonso Ugarte avenue (2440 ng/L) and in Nicolás de Piérola avenue (2260 ng/L) are both in the third sampling (march 17, 2013). There is moderate correlation (0,426) of the concentrations of antimony and environmental temperature sampled on march 7th, on Nicolás de Piérola avenue. There is moderate (0,48) correlation of antimony concentrations and packing time sampled on February 17, on Alfonso Ugarte Avenue.

Keywords: antimony; bottled water; environmental temperature.

Correspondencia:

Nombre: José Alfonso Apestequia Infantes

Dirección: Jr. Puno 1002 Lima.

Teléfono: 998063154

Recibido: 07/12/2017

Aceptado: 14/11/2017

Citar como:

Apestequia J. Determinación de antimonio en agua embotellada en envases de Polietileno Tereftalato (PET) de venta ambulatoria.

Ciencia e Investigación 2017 20(1):21-24.

© Los autores. Este artículo es publicado por la Ciencia e Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

INTRODUCCIÓN

La exposición a altos niveles de antimonio puede producir una variedad de efectos perjudiciales para la salud, como son las enfermedades de pulmón, corazón, e incluso, cáncer. Científicos de la Universidad de Copenhague¹, descubrieron que algunos jugos de frutas envasados, contienen un alto porcentaje de antimonio. En algunos casos, los niveles de antimonio en los jugos fueron 10 veces mayores que el nivel considerado como “seguro”, según las normas en Estados Unidos. Las cantidades que se miden son muy por debajo de estándares de agua potable, a excepción de dos que se encontraban por encima del nivel máximo permitido de Japón de 2000 ng/L, el más bajo estándar de todo el mundo de antimonio^{1,2}. El trióxido de antimonio se utiliza como un catalizador en la fabricación de PET^{3,4}. Las guías de agua potable para antimonio son; La organización mundial de la salud: 15000 ng/L¹, Canadá: 6000 ng/L, Alemania y los Estados Unidos de América: 5000 ng/L². El trióxido de antimonio es utilizado también en la manufactura del PET, el cual puede migrar al contenido⁵. Actualmente a nivel de Lima Metropolitana se comercializa agua embotellada en forma ambulatoria en la vía pública, bajo las inclemencias del clima y almacenadas sin tomar en cuenta la fecha de caducidad del producto expandido, lo que hace de esto un problema que atañe a la salud pública, con lo cual se busca atraer la atención de las autoridades a fin de que se realicen las pesquisas a este tipo de productos que podrían acarrear problemas a la salud. Por eso, se propuso determinar la concentración de antimonio en agua embotellada que se expende en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola de Lima metropolitana, según la fórmula para el tamaño de muestra en poblaciones finitas y averiguar si se excedían los valores máximos permisibles establecidos por la OMS.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se determinó la concentración de antimonio en agua embotellada por Espectrofotometría de Absorción Atómica, por la técnica de Horno de Grafito (Método Corresponde al APHA⁶, utilizando principios químicos). La técnica se basa en la medida de la radiación absorbida por los átomos libres en su estado fundamental. La muestra es sometida a un proceso de atomización electrotérmica utilizando una resistencia eléctrica. Estos átomos libres, formados a partir de un estado energético inferior a otro superior, absorben una radiación de energía de onda específica emitida por una lámpara que contiene un cátodo. La diferencia entre energía incidente y la transmitida se recoge en un detector, permitiendo realizar la determinación cuantitativa del elemento³. Se recolectaron las muestras en tres etapas (17 de febrero, 07 de marzo y 25 de marzo del 2013) durante los meses de verano del 2013, se recolectaron 39 muestras de agua embotellada para consumo humano (13 cada dos semanas) y fueron debidamente rotuladas (marcadas) para evitar confusiones de acuerdo al puesto de expendio ambulatorio. Se cuantificó el cadmio en las muestras recolectadas y a su vez se lo correlaciono con la temperatura y el tiempo de envasado, respectivamente. El análisis estadístico se realizó con una base de datos en el

programa Microsoft Office Excel 2013, luego se pasaron estos datos a un programa estadístico SPSS v23. Se aplicaron medidas de tendencia central, medidas de dispersión y medidas de posición en las variables cuantitativas. Para la evaluación de la bondad de ajuste de las variables cuantitativas se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para la determinación de las correlaciones se procedió a aplicar coeficientes de correlación r de Pearson. Para la determinación de las inferencias estadísticas se aplicó un nivel de significación estadístico $p < 0,05$.

RESULTADOS

En el trabajo de investigación se obtuvieron los siguientes resultados que se observan en las tablas 1,2,3,4,5,6,7,8 y en las figuras 1,2:

Tabla 1. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas en los meses de febrero y marzo del 2013 en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del 1° Muestreo	17 de Febrero del 2013 (ng/L)	Código del 2° Muestreo	07 de Marzo del 2013 (ng/L)	Código del 3° Muestreo	25 de Marzo del 2013 (ng/L)
U3BP	40	U3BS	2440	U3BT	2250
U7BP	1080	U7BS	2100	U7BT	1630
U8AP	200	U8AS	1680	U8AT	4860
U9AP	40	U9AS	1750	U9AT	980
U12BP	500	U12BS	2610	U12BT	2110
U13BP	130	U13BS	1880	U13BT	2820

Tabla 2. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas en los meses de febrero y marzo del 2013 en la avenida Nicolás de Piérola.

Código del 1° Muestreo	17 de Febrero del 2013 (ng/L)	Código del 2° Muestreo	07 de Marzo del 2013 (ng/L)	Código del 3° Muestreo	25 de Marzo del 2013 (ng/L)
P4AP	40	P4AS	2102	P4AT	490
P5AP	40	P5AS	1830	P5AT	1630
P6CP	40	P6CS	2150	P6CT	3630
P7AP	40	P7AS	2680	P7AT	4800
P8BP	190	P8BS	1750	P8BT	820
P11AP	2450	P11AS	1800	P11AT	2720
P14CP	1008	P14CS	1630	P14CT	1750

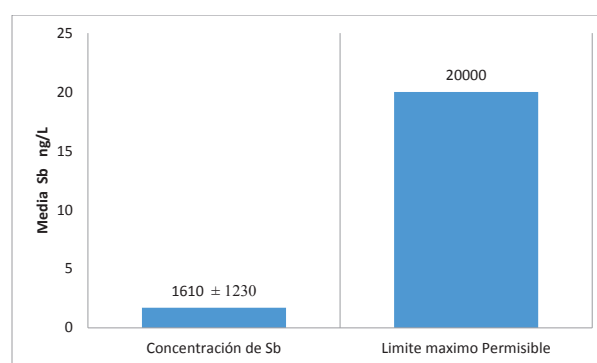


Figura 1. Media de concentración de antimonio del 17 de febrero, 7 de marzo y 25 marzo en avenida Alfonso Ugarte.

Tabla 3. Comparación de la concentración de antimonio del 17 de febrero, 7 de marzo y 25 marzo en avenida Alfonso Ugarte.

	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Media =20000 ng/L	
						T	p
Concentración de Sb	18	1610 ng/L	40 ng/L	4860 ng/L	1230 ng/L	- 63	0,0000*

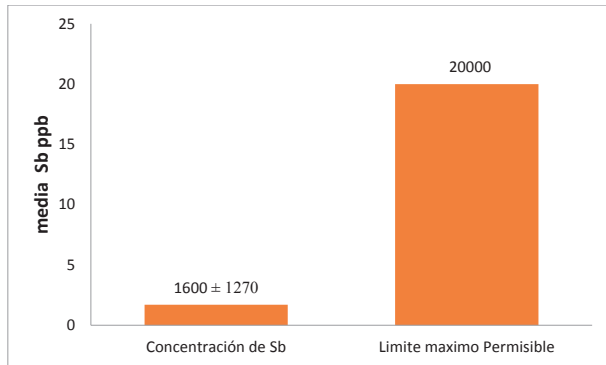


Figura 2. Media de concentración de antimonio en las tomas del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en la avenida Nicolás de Piérola.

Tabla 4. Comparación de la concentración de antimonio en las tomas del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en la avenida Nicolás de Piérola.

	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Media =20000 ng/L	
						T	p
Concentración de Sb	21	1600 ng/L	40 ng/L	4800 ng/L	1270 ng/L	- 66	0,0000*

Tabla 5. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 y temperatura a la cual se muestreo en la avenida Nicolás de Piérola.

Código del1° Muestreo	07 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Temperatura ambiental (° C)
P4AS	2102 ng/L	24
P5AS	1830 ng/L	23
P6CS	2150 ng/L	23
P7AS	2680 ng/L	24
P8BS	1750 ng/L	22
P11AS	1800 ng/L	23
P14CS	1630 ng/L	24

Tabla 6. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 7 de marzo.

Concentraciones de antimonio (ng/L)		Concent. de antimonio (ng/L)	Temperatura ambiental (°C)
		Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)		0,340
	N	7	7

Si p<0,05; Si p>0,05.

Tabla 7. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 17 de febrero del 2013 (1° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del 1° Muestreo	17 de febrero del 2013 (Concentración de Sb)	Tiempo de envasado (días)
U3BP	< 40 ng/L	28
U7BP	1080 ng/L	16
U8AP	200 ng/L	10
U9AP	< 40 ng/L	13
U12BP	500 ng/L	82
U13BP	130 ng/L	08

Tabla 8. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 17 de febrero.

Concentración de antimonio (ng/L)		Concent. de antimonio (ng/L)	Tiempo de envasado (días)
		Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)		0,363
	N	7	7

Si p<0,05; Si p>0,05.

DISCUSIÓN

En los resultados se obtuvieron que la media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte es 1610 ng/L y la desviación estándar de 1230 ng/L, con un mínimo de 40 ng/L y un máximo de 4 860 ng/L y la media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola es 1600 ng/L y la desviación estándar de 1270 ng/L, con un mínimo de 40 ng/L y un máximo de 4 800 ng/L. La concentración de antimonio de las muestras en ambas avenidas es menor estadísticamente significativa ($P=0,0000<0,05$) en relación al máximo valor permisible (20,000 ng/L). Se observa un incremento del antimonio en el tiempo en ambas avenidas durante los meses de verano, estos resultados coinciden con la investigación de Dabeka y colaboradores, en un estudio de aguas embotelladas del Canadá encontraron que 42 aguas minerales promediaron 320 ng/L de Sb y 102 aguas de manantial promediaron 300 ng/L; estos valores promedio son más de 100 veces mayores que fueron encontrados en aguas subterráneas cristalinas en el sur de Ontario, Canadá (2.2 ± 1.2 ng/L)^{1,2,3}. Asimismo los resultados obtenidos en este trabajo, se aproximan a la investigación de Misund y colaboradores en un estudio de 56 aguas embotelladas de Europa, la concentración promedio de Sb fue 165 ng/L que es alta en comparación a su abundancia en las aguas subterráneas de Noruega donde los valores son típicos en el orden de 30 ng/L pero menos frecuente de 2 ng/L. En la investigación de J. Naohara y colaboradores reportaron un estudio de Sb en agua embotellada del Japón encontrando Sb sobre el límite de detección (500 ng/L) en 16 de 55 marcas. No podemos olvidar que el antimonio y compuestos relacionados causan daño a la salud humana⁷.

Los niveles siguen estando por debajo de los límites establecidos por las autoridades sanitarias, que en Europa están en 5 partes por billón (5000 ng/L), en EEUU y Canadá en 6 partes por billón (6000 ng/L) y en Japón, en 2 partes por billón (2000 ng/L). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), hasta 20 partes por billón (20000 ng/L) se consideran niveles seguros^{8,9}. Es improbable que el consumidor llegue a beber un agua embotellada con un nivel demasiado elevado de antimonio^{10,11}. Además, hay otras fuentes más importantes de este contaminante a las que pueden estar expuestas las personas, como el aire contaminado de las ciudades y las partículas de polvo provenientes del asfalto. Así mismo desordenes reproductivos y daño cromosómico han sido reportados por compuestos de antimonio, por lo tanto, estos son potencialmente tóxicos a la reproducción y tienen potencial mutagénico y oncogénico¹². De acuerdo a Nishioka et al., algunas botellas de PET usadas para bebidas en Japón contienen Sb¹³. En la tabla N°6, observamos que $p=0,34 > 0,05$; es decir, la correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es una correlación moderada (0.426) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental, lo cual es señalado por Nishioka et al. Así mismo, en la tabla N° 8 se aprecia que $p=0,363 > 0,05$; es decir, la correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado es igual a cero. Se observa que existe correlación moderada (0,48) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado también señalado por Nishioka et al. En el presente trabajo se determinó las concentraciones de antimonio por Espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Es recomendable se analice muestras con antimonio mediante la espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente^{14,15}.

CONCLUSIONES

La media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte en los tres muestreos es 1610 ng/L y la desviación estándar de 1230 ng/L. La media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola en los tres muestreos es 1600 ng/L y la desviación estándar de 1270 ng/L. La media de concentración de antimonio de las muestras en ambas avenidas en los tres muestreos, es menor estadísticamente significativa ($P=0,0000 < 0,05$) en relación al máximo valor permisible (20000 ng/L).

Existe correlación moderada (0.426) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola.

Existe correlación moderada (0.48) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Shoty W, Krachler M, Chen B. Contamination of Canadian and European bottled waters with antimony from PET containers. *J Environ Monit.* 2006; 8 (2): 288–92.
2. Wakayama H. Revision of Drinking Water Standards in Japan, Ministry of Health, Labor and Welfare. 2nd. Ed. Tokyo: Ministry of Health, Labor and Welfare; 2003.
3. Ramírez A. Toxicología del Cadmio: Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *An Fac med.* 2002; 63 (1): 51 - 64.
4. Thiele UK. Quo vadis polyester catalyst? *Chem Fibres Int.* 2004; 54: 162-163.
5. Hastie JW. Mass spectrometric studies of flame inhibition: Analysis of antimony trihalides in flames. *Combust and Flame.* 1997; 21: 49.
6. American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 25th ed. Washington: American Public Health Association; 2005.
7. Davydova S. Heavy metals as toxicants in big cities. *Microchem J.* 2005; 79: 133–136.
8. Shoty W, Krachler M, Chen B, Zheng J. Natural abundance of Sb and Se in pristine ground water, Spring water Township, Ontario, Canada, and implications for tracing contamination from landfill leachates. *J Environ Monit.* 2005; 7: 1238-1244.
9. Campos N. La ostra *Grassostrea rhizophorae* como bioindicador de metales pesados en la Cienaga Grande de Santa Marta. *Cont Amb.* 1988b: 11(20): 33-41.
10. Guillén O, Córdor V, Gonzales M, Iglesias S. Contaminación de las aguas del río Rímac: trazas de metales. *Rev Inst Investig Fac Minas Metal Cienc Geogr.* 1998; 1(2): 2-14.
11. Nishioka K, Hirahara A, Iwamoto E. Determination of antimony in polyethylene terephthalate bottles by graphite furnace atomic absorption spectrometry using microwave sample preparation. *Bull Inst Life Sci.* 2002; 8: 35–42.
12. Winship KA. Toxicity of antimony and its compounds. *Adverse Drug React Acute Poisoning Rev.* 1987; 6(2): 67–90.
13. Takahashi Y, Sakuma K, Itai T, Zheng G, Mitsunobu S. Speciation of Antimony in PET Bottles Produced in Japan and China by X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy. *Environ Sci Technol.* 2008; 42: 9045–9050.
14. Shoty W, Krachler M. Contamination of bottled waters with antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) increases upon storage. *Environ Sci Technol.* 2007; 41: 1560–1563.
15. Westerhoff P, Prapaipong P, Shock E, Hillaireau A. Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. *Water Res.* 2008, 42: 551–556.