

Calidad Bacteriológica del Agua Embotellada en México

Por Nohelia Castro del Campo, Ph.D. y
Cristóbal Chaidez Quiroz, Ph.D.

Introducción

El consumo de agua embotellada, no carbonatada en México ha aumentado considerablemente durante la última década, debido a su conveniencia y la percepción de su seguridad relativa. Este aumento ha sido atribuido a la inquietud cada vez mayor de los consumidores acerca de la contaminación elevada del agua de la llave, y objeciones hacia los sabores y olores desagradables, cloro u otros aditivos de los suministros de agua municipal (Warburton y Dodds, 1992). Junto con el aumento significativo en el consumo de agua embotellada, existe una inquietud cada vez mayor sobre la calidad microbiológica de dichos productos.³⁰

Las estaciones de agua potable (EAP) fueron introducidas al mercado mexicano como otra opción para el consumidor además del agua potable embotellada. Estas estaciones están ubicadas en lugares convenientes, cerca de áreas urbanas y rurales altamente pobladas donde la botella de agua, proporcionada por el consumidor, solamente se lava con jabón y se enjuaga con agua de la llave antes de volverse a llenar. Los consumidores llevan sus propios garrafones de 20-litros (5.28-galones) y el agua es servida por un despachador. Luego surge la pregunta sobre si el agua es producida y despachada de manera higiénica, especialmente cuando se considera la falta de entrenamiento en prácticas higiénicas.

En México, tanto el agua de las compañías embotelladoras como de las estaciones de agua deberá cumplir con la norma federal mexicana de calidad requerida para el agua potable (NOM-041-SSA1-1993). El agua potable se refiere a toda aquella agua que recibe tratamiento (generalmente de filtración por carbón, ósmosis inversa y/o luz ultravioleta) antes de ser embotellada y sellada en recipientes de grado alimenticio. La calidad bacteriológica del agua embotellada está basada en la presencia/ausencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal (*Escherichia coli*), contaminantes del agua superficial (coliformes totales) y patógenos bacterianos oportunistas, tales como *Pseudomonas aeruginosa*.²⁰ Las bacterias indígenas permanecen presentes en números reducidos mientras el agua se encuentra en su medio natural, pero ocurre un rápido crecimiento después que el agua es embotellada. La razón para este comportamiento de crecimiento alterado no está muy clara, pero podría deberse a la oxigenación del agua durante el proceso de embotellado, una mayor área de superficie provista por la botella y cantidades traza de nutrientes que surgen de la botella.³² Aún más, el agua embotellada no contiene cloro, lo cual provee la oportunidad para el crecimiento bacteriano (si hay bacterias presentes).

Metas del estudio

Los reglamentos mexicanos e internacionales sugieren que los coliformes totales y el *Pseudomonas aeruginosa* podrían

estar ausentes y las cuentas de bacterias heterotróficas no debieran exceder 500 unidades formadoras de colonias (CFU) mL⁻¹, principalmente debido a la interferencia de la detección de coliformes (NOM-041-SSA1-1993).^{31, 37} El propósito de este estudio consistió en evaluar la calidad bacteriológica del agua embotellada en Culiacán, Sinaloa, México: comparar la calidad del agua embotellada vendida en los supermercados locales con la del agua embotellada repartida directamente a los hogares, y evaluar la importancia de los factores de manejo, tales como la limpieza y el tiempo de almacenamiento.

Materiales y métodos

Muestreo. Para el propósito de este estudio, el agua potable recayó en dos categorías distintas: (a) agua embotellada en recipientes de 2-litros (0.53-galones) (2-LBW) vendida en los supermercados locales (marcas nacionales e internacionales) y (b) agua de estaciones locales de agua despachada en garrafones de 20-litros (5.28-galones) (20-LBW). Se analizaron nueve marcas distintas correspondientes a la categoría (a); mientras que para la categoría (b), siete marcas fueron de agua embotellada por máquina (MFBW) en recipientes de 20-litros, y cuatro marcas fueron de agua embotellada manualmente (HFBW) en recipientes de 20 litros. Se obtuvieron muestras de MFBW de botellas en ámbitos hogareños con previo consentimiento de los propietarios de las casas, mientras que las muestras de HFBW se obtuvieron directamente de la estación de despacho de agua potable. Durante un período de seis semanas, se recolectó un total de 120 muestras de agua para llevar a cabo el experimento. Las muestras de agua fueron colocadas en botellas plásticas esterilizadas de 1-litro (0.26-galones) de capacidad, conteniendo 2 mL (0.068 onzas fluidas) de 10 por ciento tiosulfato de sodio estéril para neutralizar cualquier residuo de cloro. Las muestras refrigeradas fueron transportadas al Laboratorio Ambiental y de Microbiología de Alimentos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo-CIAD en Culiacán para ser procesadas dentro de un período de una hora después de haber sido obtenidas.

Detección microbiana. *P. aeruginosa* y los coliformes totales en las muestras de agua fueron enumerados (contados) utilizando *Pseudomonas agar* y m-Endo, respectivamente. Una muestra de 100-mL fue analizada para bacteria de coliformes totales, una muestra de 100-mL para *P. aeruginosa*, y una muestra de 1-mL para bacterias heterotróficas. Las muestras de *P. aeruginosa* y coliformes totales fueron incubadas a 37°C (98.6°F) por 24 horas. Las bacterias heterotróficas fueron enumeradas e incubadas a 37°C por 24 horas. La identificación presunta de *P. aeruginosa* estuvo basada en la producción de pigmentación verde (la Prueba de la Oxidasa).

Identificación bioquímica. Se confirmaron los coliformes

Tabla 1. Promedio de coliforme total expresado como CFU/100 mL en las tres categorías de agua durante el estudio de seis semanas

Semana	20-L HFBW ¹	20-L MFBW ²	2-LBW ³
1	0.75	128.43	0.00
2	161.88	7.29	0.33
3	18.50	41.21	0.00
4	23,505.63	508.14	0.11
5	1.25	26.57	0.28
6	1.75	2.10	0.00

¹ Agua embotellada llenada manualmente ² Agua embotellada llenada a máquina
³ Agua embotellada de dos litros

Tabla 2. Promedio de *Pseudomonas aeruginosa* expresado como CFU/100 mL en las tres categorías de agua durante el estudio de seis semanas

Semana	20-L HFBW ¹	20-L MFBW ²	2-LBW ³
1	0.25	0.43	3.56
2	0.00	65.14	2.22
3	163.00	2.86	5.11
4	14,200.00	1,736.79	1.22
5	16.50	3,000.14	0.56
6	3,254.63	2,300.00	0.00

¹ Agua embotellada llenada manualmente ² Agua embotellada llenada a máquina
³ Agua embotellada de dos litros

totales aislados utilizando el sistema *API20E* (Biomerieux Vitek, Hazelwood, MO), un sistema que puede identificar bioquímicamente el tipo de organismo. Dos colonias seleccionadas de cada semana fueron sujetas a la identificación bioquímica.

Análisis estadístico. La comparación de las dos fuentes de agua potable diferentes se hizo en base al análisis estadístico *Chi Cuadrado*.²¹

Resultados y discusión

De un total de 120 muestras de agua embotellada que fueron analizadas, 65 de ellas (54 por ciento) fueron 20-LBW y 55 (46 por ciento) fueron 2-LBW. El número de muestras en las que se detectó la bacteria estudiada se muestra en las Tablas 1 a 4. El agua embotellada que se analizó durante el estudio fue procesada con luz UV, filtros de carbón y ósmosis inversa, y el agua de origen vino de un sistema de suministro de agua local aprobado. Las autoridades de salud de México coincidieron con los requisitos de la US EPA, que sugieren que el recuento en placas de bacterias heterotróficas no deberá exceder 500 CFU/mL en el agua potable debido a varias inconveniencias, tales como la interferencia con la detección de indicadores de coliformes o bacterias patogénicas.⁴

Coliformes totales. Se detectaron coliformes totales en un rango de 0.75 CFU/100 mL a 2.3×10^4 CFU/100 mL en recipientes llenados a mano (20L-HFBW), mientras que para los recipientes llenados a máquina (20L-MFBW) el rango fue de 2.10 CFU/100 mL a 508 CFU/100 mL, y por último, para los recipientes de supermercados locales (2-LBW), el rango fue de 0.11 CFU/100 mL a 0.33 CFU/100 mL (ver la Tabla 1). Las significancias estadísticas ($P < 0.05$) entre 20-LBW y 2-LBW fueron detectadas. La falta de cumplimiento debida a la presencia de coliformes totales fue mayor que otros reportes;^{32,2} sin embargo, el 20-LBW que se analizaron en este estudio fueron repartidos a los hogares por camiones sin refrigeración, lo cual podría haber tenido un efecto en la prevalencia de los coliformes totales, *P. aeruginosa* y bacterias heterotróficas. Se ha reportado anteriormente que el agua embotellada en garrafones de cinco galones que fue analizada, excedió los límites establecidos por las normas mexicanas.²⁵ La ausencia de *E. coli* verificado en las 120 muestras analizadas apoya las indicaciones anteriores de que este patógeno bacteriano es raro en el agua embotellada;¹⁵ sin embargo, otro género del grupo de coliformes fue identificado frecuentemente.

Pseudomonas aeruginosa. La concentración promedio y los valores máximos para *P. aeruginosa* se muestran en la Tabla 2. En general, *P. aeruginosa* fue detectada en 23 de las 120 muestras (19.16 por ciento) obtenidas durante este estudio de seis semanas. Individualmente, 2-LBW representó el 11.11 por ciento (6/54), HFBW 25 por ciento (6/24) y MFBW 26.19 por ciento (11/42). Las concentraciones bacterianas variaron de 0 CFU/100 mL a 5.6×10^5 CFU/100 mL en HFBW, mientras que para MFBW, los conteos variaron de 0 CFU/100 mL a 2.1×10^5 CFU/100 mL. Por último, la concentración mínima detectada para 2-LBW fue de 0 CFU/100 mL con un máximo de 46 CFU/100 mL. Estos resultados muestran altas concentraciones de este patógeno oportunista. Algunas organizaciones tales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecieron que el agua no debe contener *Pseudomonas aeruginosa* debido al riesgo que puede presentar a los estratos más susceptibles de la población (niños y personas inmunocomprometidas). Se llevaron a cabo análisis correlativos y regresivos con los datos sobre las bacterias; sin embargo, no se halló ninguna correlación significativa (no se muestran los datos).

La Asociación Internacional del Agua Embotellada declara que el agua no deberá contener coliformes (0/100 mL) ni *P. aeruginosa* (0/100 mL).¹⁷ En el actual estudio, *P. aeruginosa* estuvo presente en 19.16 por ciento y los coliformes totales en 15.83 por ciento de las muestras totales. Los patógenos bacterianos oportunistas fueron detectados en las aguas embotelladas (ver la Tabla 2). Los resultados son semejantes a aquéllos que han sido reportados por otros autores.^{8, 22, 9, 13, 30, 16, 18, 6} Warburton *et al.* (1994) mencionaron que este organismo es capaz de sobrevivir y proliferarse a niveles de 1,000 CFU/mL en el agua embotellada almacenada a temperatura ambiente. La contaminación bacteriana puede atribuirse a varios factores, incluyendo la contaminación durante el embotellamiento y almacenamiento.¹¹ El almacenamiento prolongado a temperatura ambiente y temperatura de refrigeración permite la multiplicación de bacterias a números $>1 \times 10^5$. Varios autores han determinado que el riesgo de colonización (no necesariamente de enfermedad) por ingerir *P. aeruginosa* para una exposición diaria de 38,000 organismos en dos litros de agua fue de 1.4×10^{-6} en individuos sanos.^{3, 12, 33, 26} La mayor concentración de *P. aeruginosa* que se observó en este estudio fue en 20-LBW con un promedio de 1356 CFU/100 mL. Por eso, la probabilidad de colonización intestinal debido a una sola exposición a este organismo en base

Tabla 3. Niveles de recuento en placas de bacterias heterotróficas y promedio expresado como CFU/mL en las tres categorías de agua

Cuenta CFU/mL	Categoría de agua / # de muestras		
	20-L HFBW ¹	20-L MFBW ²	2-LBW ³
< 1	2.0	7.0	20.0
1-10	0.0	0.0	0.0
11-100	0.0	0.0	0.0
101-1,000	2.0	0.0	9.0
1,001-10,000	12.0	16.0	15.0
10,001-100,000	6.0	16.0	9.0
> 100,000	2.0	3.0	1.0
Promedio (CFU/mL)	5.2 x 10 ⁴	5.4 x 10 ⁴	2.8 x 10 ⁴

¹ Agua embotellada llenada manualmente ² Agua embotellada llenada a máquina
³ Agua embotellada de dos litros

Tabla 4. Identificación bioquímica de bacterias aisladas del agua potable embotellada

Microorganismo	HFBW ¹	MFBW ²	2-LBW ³
<i>Klebsiella terrigena</i>	1	2	0
<i>Klebsiella pneumoniae pneumoniae</i>	0	1	0
<i>Klebsiella oxytoca</i>	0	1	0
<i>Acinetobacter baumannii calcoaceticus</i>	0	1	0
<i>Flavobacterium indologenes</i>	1	0	1
<i>Moraxella calcigenus</i>	1	0	1
<i>Enterobacter sakazakii</i>	2	0	0

¹ Agua embotellada llenada manualmente ² Agua embotellada llenada a máquina
³ Agua embotellada de dos litros

a las muestras de agua analizadas en este estudio, sigue siendo baja. La función de exposiciones múltiples y la habilidad de estos organismos de colonizar el intestino se desconocen actualmente, pero podrían llevar a una mayor probabilidad de colonización del intestino. Además, debemos recordar que los modelos utilizados por Rusin *et al.* (1997a) solamente predicen la colonización y no la enfermedad. No está claro si la colonización del tubo intestinal es un pre-requisito para contraer enfermedad a través de estos organismos. En base a la ingestión diaria de dos litros de agua embotellada, *P. aeruginosa* tenía una probabilidad menor de 10⁻⁶ de colonizar el intestino. Si una persona promedio en México consume un promedio de 1.15 L por día de agua embotellada, entonces se consumirían 2.45 x 10¹⁰ bacterias heterotróficas por semana. Semanalmente, el consumidor promedio en México (si uno consume agua embotellada) ingiere menos del cinco por ciento de su insumo total de bacterias a través del agua embotellada.

Recuento en placas de bacterias heterotróficas. La cuenta promedio para las bacterias heterotróficas fue de 1,001-10,000 CFU/mL en las tres categorías de agua. Las concentraciones fluctuaron alrededor de cuatro-log¹⁰, pero se observó una leve diferencia (estadísticamente insignificante) entre las distintas categorías de agua, MFBW (5.4 x 10⁴ CFU/mL) teniendo una mayor contaminación, seguida por HFBW (5.2 x 10⁴ CFU/mL) y por último 2-LBW (2.8 x 10⁴ CFU/mL) (ver la Tabla 3). La mayor concentración de bacterias heterotróficas se encontró en 2-LBW (ver la Tabla 1). Este aumento en bacterias heterotróficas en 2-LBW probablemente se debió al clima tropical del área de estudio, el cual favorece un rápido crecimiento bacteriano causado por el manejo de botellas (las cuales están constantemente expuestas a la irradiación y una mayor temperatura del agua) antes de ser repartidas, y la falta de prácticas de desinfección de botellas, especialmente aquéllas que se llenan manualmente, las cuales solamente son lavadas con jabón y se enjuagan con agua de la llave antes de volver a llenarse. Culiacán se caracteriza por temperaturas ambiente que frecuentemente sobrepasan los 35°C (89.6°F). Además, el período de tiempo que transcurre entre el embotellamiento y el reparto podría abarcar todo el día en

camiones que en su mayoría no tienen refrigeración. Asimismo, el proceso de llenado en las estaciones HFBW fue deficiente, ya que no se aplicó ningún tipo de desinfección a la botella de 20-L antes de llenarla.

Tanto los reglamentos mexicanos como los internacionales han sugerido que los conteos de bacterias heterotróficas en el agua potable no deberán exceder 500 CFU/mL, principalmente por la interferencia con la detección de coliformes (*NOM-041-SSA-1993*).^{31, 37} En este estudio, el agua potable a menudo dejó de cumplir con esta recomendación. Las bacterias heterotróficas estuvieron a menudo presentes en números que variaron de 1 x 10³ a 1 x 10⁷ CFU/mL. Estudios anteriores han determinado que la población bacteriana del agua embotellada aumenta después del embotellamiento, alcanzando un pico entre la primera y la segunda semana¹³ y luego permanece razonablemente constante durante por lo menos seis meses. En el estudio actual, se encontró una gran variación en los conteos de las colonias para diferentes fechas en las que se recomienda la venta del producto, tanto dentro de la misma marca como entre marcas distintas, resultando en generalizaciones acerca de la vida de estante y la dificultad de mantener una calidad microbiológica constante. En el estudio actual, las cuentas de bacterias heterotróficas fueron mayores en 20-LBW que en 2-LBW.

Hay que ejercer cautela al interpretar lo significativo que son las bacterias heterotróficas en el agua potable para la salud pública. Aunque se ha sugerido que estas bacterias pueden ser potencialmente patogénicas para los individuos vulnerables, el potencial de efectos adversos a la salud parece ser bajo.²⁶ La incidencia de bacterias heterotróficas en el agua embotellada es uno de los principales factores en la prevención del crecimiento de bacterias propagadas a través del agua, como la *Salmonella*. Por eso, el agua estéril no es algo que se desea necesariamente.⁵ Gerba *et al.* (2002) declaró que el insumo de bacterias heterotróficas a través de fuentes de agua sigue siendo bajo en comparación con el insumo a través de los alimentos. Aunque la especie de bacterias que se encuentra en el agua refleja lo mismo que la que se encuentra en los artículos de comida, la exposición a través de los alimentos y otras fuentes ambientales es mucho más significativa que las fuentes de agua embotellada y otras fuentes de agua embotellada.

Las bacterias heterotróficas por sí mismas no presentan ningún riesgo para los consumidores. Los números altos en un

sistema de distribución pueden representar una contaminación o algún otro problema de calidad del agua; sin embargo, esto no puede relacionarse cuantitativamente a un riesgo de enfermedad.²⁷ Sin embargo, la incidencia de un tipo específico de bacterias dentro de la población del recuento heterotrófico en placas, podría representar un riesgo potencial si los números son lo suficientemente elevados. Por eso, las bacterias heterotróficas en el agua embotellada no representan una fuente significativa de bacterias heterotróficas en la dieta promedio de los consumidores en México.

Identificación bioquímica. La identificación de coliformes aislados se muestra en la Tabla 4. Esta identificación mostró la presencia constante del género *Klebsiella*. También se detectaron los géneros *Flavobacterium*, *Moraxella* y *Enterobacter*. La identificación de las variedades aisladas de HFBW y MFBW mostró una mayor variabilidad de género que las que fueron aisladas de 2-LBW. *Moraxella* y *Flavobacterium* fueron los únicos géneros identificados en 2-LBW; *Klebsiella pneumoniae pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca* y *Acinetobacter baumannii calcoaceticus* fueron aislados solamente de MFBW.

Conclusión

Se determinó que la calidad microbiológica del agua potable embotellada en México es aceptable. La contaminación con microorganismos patogénicos y oportunistas parecía suceder en ámbitos hogareños, a pesar de que las bacterias heterotróficas estaban presentes en el agua embotellada, que no representaban una fuente significativa de bacterias HPC en la dieta promedio de los consumidores en México. Los procesos de purificación deberán ser reformados para poder eliminar la presencia de patógenos oportunistas en el agua potable de México.

Reconocimientos

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, *Proyecto #35558-B*. Los autores le agradecen al MS José Gabriel Cazarez Diarte por su valioso apoyo técnico.

Referencias

1. APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1998. 20th edition, *American Public Health Association*, Washington, DC.
2. Barath, J; Mosodeen, M; Motilal, S; Sandy, S; Sharma, S; Tessaro, T; Thomas, K; Umamaheswaran, M; Simeon, D and Adeisyun, AA. 2003. Microbial Quality of domestic and imported brands of bottled waters in Trinidad. *International Journal of Food Microbiology*. 81 (1), 53-62.
3. Bischofberger, T; Cha, SK; Schmitt, R; Konig, B and Schmidt-Lorenz, W. 1990. The bacterial flora of non-carbonated, natural mineral water from springs to reservoir and glass and plastic bottles. *International Journal of Food Microbiology*. 11 (1), 51-72.
4. Bitton, G. 1994. Microbiological Aspects of Drinking Water Treatment and Distribution. In *Wastewater Microbiology*, pp. 261-92. New York, NY: Wiley-Liss.
5. Camper, A.K; LeChevalier, MW; Broadway, SC and McFeters, BA. 1995. Growth and Persistence of Pathogens on Granular Activated Carbon. *Applied and Environmental Microbiology*. 50 (6), 1378-1382.
6. Caroli, G; Levre, E; Armani, G; Biffi-Gentili, S and Molonari, S. 1985. Search for Acid-Fast Bacilli in Bottled Water. *Journal of Applied Bacteriology*. 58 (5), 461-464.
7. Clark, JA; Burger, CA and Sabatinos, LE. 1982. Characterisation of indicator bacteria in municipal raw water, drinking water, and new main water samples. *Canadian Journal of Microbiology*. 28 (9), 1002-1013.
8. Edberg, SC; Gallo, P and Kontnick, C. 1996. Analysis of the virulence characteristics of bacteria isolated from bottled water, water cooler, and tap water. *Microbial Ecology in Health and Disease*. 9 (2), 67-77.
9. Fewtrell, L; Kay, D; Wyer, M; Godfree, A and O'Neill, G. 1997. Microbiological quality of bottled water. *Water Science and Technology*. 35 (11-12), 47-53.
10. Geldreich, EE. 1996. Microbial quality of water supply in distribution systems. *CRC*, Boca Raton, FL.
11. Geldreich, EE. 1986. Potable water: new directions in microbiological regulations. *ASM News*. 52, 530-534.
12. Geldreich, EE; Nash, HD; Reasoner, DJ and Taylor, R.H. 1975. The necessity of controlling bacterial population in potable water-bottled water, and emergency water supplies. *Journal of the American Water Works Association*. 67 (3), 117-124.
13. Gonzalez, C; Gutierrez, C and Grande, T. 1987. Bacterial flora in bottled uncarbonated mineral drinking water. *Canadian Journal of Microbiology*. 33 (12), 1120-1125.
14. Gerba, CP; Stine, S; Chaidez, C and Pepper, IL. 2002. Estimation of total weekly intake of heterotrophic bacteria in the United States. *World Health Organization Symposium*. Geneva, Switzerland. 301-304.
15. Grant, MA. 1998. Analysis of Bottled Water for *Escherichia coli* and Total Coliforms. *Journal of Food Protection*. 61 (3), 334-338.
16. Hunter, PR. 1993. The microbiology of bottled natural mineral water and other bottled waters. *Journal of Applied Bacteriology*. 74, 345-352.
17. International Bottled Water Association (IBWA). 2001. www.bottledwater.org/content/coliform-rule.
18. Manaia, CM; Nunes, OC; Morais, PV and Da Costa, MS. 1990. Heterotrophic plate counts and the isolation of bacteria from mineral waters on selective and enrichment media. *Journal of Applied Bacteriology*. 69 (6), 871-876.
19. McFeters, GA. 1990. Drinking water microbiology. G.A. McFeters (ed.) *Springer Verlag*. New York, NY.
20. Moreira, L; Agostinho, P; Morais PV and daCosta, MS. 1994. Survival of Allochthonous Bacteria in Still Mineral Water Bottled in Polyvinyl Chloride (PVC) and Glass. *Journal of Applied Bacteriology*. 77 (3), 334-339.
21. Montgomery, DC. 1991. Diseño y Analisis de Experimentos. *Editorial Iberoamericana*. Mexico.
22. Ogan, M. 1992. Microbiological quality of bottled water sold in retail outlets in Nigeria. *Journal of Applied Bacteriology*. 73 (2), 175-181.
23. Olson, BH and Nagy, LG. 1984. Microbiology of potable water. *Advances in Applied Microbiology*. 30, 73-132.
24. Payment, P; Richardson, L and Siemiatycki, J. 1991. Gastrointestinal Health Effects Associated with the Consumption of Drinking Water Produced by Point-of-Use Domestic Reverse Osmosis Filtration Units. *Applied and Environmental Microbiology*. 57 (4), 945-948.
25. Robles, E; Ramirez, P; González, ME; Sáinz, MG; Martínez, B; Durán, A and Martínez, MA. 1999. Bottled-water quality in metropolitan Mexico City. *Water, Air, Soil Pollution*. 113 (1-4), 217-226.
26. Rusin, PA; Rose, JB; Haas, CH and Gerba, CP. 1997a. Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 152, 57-83.
27. Rusin, PA; Rose, JB; Haas, CH and Gerba, CP. 1997b. Health significance of pigmented bacteria in drinking water. *Water Science and Technology*. 35 (11), 21-27.
28. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana para las regulaciones sanitarias del agua embotellada. *NOM 041-SSA-1993*. Mexico, DF. *Diario Oficial de la Federación*.
29. Taylor, RH; Allen, MJ and Geldreich, EE. 1979. Testing Home Use Carbon Filters. *Journal of the American Water Works Association*. 71,

577-579.

30. Tsai, GJ and Yu, SC. 1997. Microbiological evaluation of bottled water uncarbonated mineral water in Taiwan. *International Journal of Food Microbiology*. 37 (2-3), 137-143.
31. US EPA. 1989. National Primary Drinking Water Rules and Regulations. US EPA Surface Water Rule. Filtration, Disinfection, Turbidity, *Giardia lamblia*, Viruses, *Legionella*, Heterotrophic Plate Count. *Federal Register*. 54:27486-27541.
32. Warburton, DW; Dodds, KL; Burke, R; Johnston, MA and Laffey, PJ. 1992. A review of the microbiological quality of bottled water sold in Canada between 1981 and 1989. *Canadian Journal of Microbiology*. 38 (1), 12-19.
33. Warburton, DW. 1993. A review of the microbiological quality of bottled water sold in Canada. Part 2. The need for more stringent standards and regulations. *Canadian Journal of Microbiology*. 39 (2), 158-168.
34. Warburton, DW; McCormick, JK and Bowen, B. 1994. Survival and recovery of *Aeromonas hydrophila* in water: development and methodology for testing bottled water in Canada. *Canadian Journal of Microbiology*. 40 (2), 145-148.
35. Warburton, DW, and Austin, J. 1997. Bottled Water. In B. Lund, A. Baird-Parker, and G.W. Gould (ed.), *Microbiology of Food*. Chapman and Hall, London.
36. Ward, RN; Wolfe, RL; Justice, CA and Olson, BH. 1986. The identification of Gram-negative, non-fermentative bacteria from water: Problems and alternative approaches to identification. *Advances in Applied Microbiology*. 31, 293-365.
37. World Health Organization. 1996. *Guidelines for Drinking Water Quality*. 2. WHO. Geneva.

Acerca de los autores

Cristóbal Chaidez Quiroz, Ph.D. es científico y Director Regional del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo-CIAD en Culiacán, Sinaloa, México. Además enseña cursos para estudiantes de nivel graduado y licenciatura en CIAD y en la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), respectivamente. El Dr. Chaidez-Quiroz obtuvo su licenciatura de la Facultad de Biología, Química y Ciencias Farmacéuticas (UAS), con especialidad principal en biología y especialidad secundaria en química. Obtuvo su Doctorado en la Universidad de Arizona, bajo la dirección del Dr. Charles P. Gerba, y su correo electrónico es: chaqui@ciad.edu.mx.



Nohelia Castro del Campo, Ph.D. es científica y Catedrática del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo-CIAD en Culiacán, Sinaloa, México. Ella obtuvo su Doctorado en la Universidad de Arizona, también bajo la dirección del Dr. Charles P. Gerba. La Dra. Castro-del Campo es miembro del Sistema Nacional de Científicos de México y su correo electrónico es: ncastro@ciad.mx.

