
Evaluación de la calidad microbiológica de dos plantas embotelladoras mediante la técnica de filtro de Membrana y Placa 3M™ Petrifilm™ Aqua en la Región de Azuero

Alexis De La Cruz¹, Shamir Melillo², Magali Pérez²

¹ Docente e investigador Centro Regional Universitario de Azuero, Escuela de Biología Universidad de Panamá.

² Licenciados en Biología, Universidad de Panamá.

*Autor para Correspondencia. E-mail: alexis.delacombardo@gmail.com

Recibido: 12 de mayo de 2020

Aceptado: 22 de junio de 2020

Resumen

En los últimos años se ha dado un aumento en la demanda de agua envasada, por lo cual han surgido una gran cantidad de plantas embotelladoras de agua. Este estudio se enfocó en determinar la calidad microbiológica de las etapas de tratamiento de dos plantas embotelladoras (G y Q). Se seleccionaron puntos de tratamientos análogos en ambas plantas. Estas muestras fueron procesadas mediante la técnica de filtro de membrana con medios re hidratados de 3M™Petrifilm™Aqua para recuento heterotróficos, para Coliformes y para recuento de hongo y levaduras. Los análisis determinaron que no existe diferencias significativas entre las semanas de muestreo, para Heterótrofos, ni para la variable hongo y levaduras (KW H=1.4883 p =0.6850 y KW H=0.1935 p =0.9786 respectivamente). Para los Coliformes, si se encontraron diferencias (KW H=16.0547 p =0.0011).

Palabras clave: Heterótrofos, Coliformes, Hongos y Levaduras, Etapas de tratamiento.

Abstract

In recent years there has been an increase in the demand for bottled water, which is why a large number of water bottling plants have sprung up. This study focused on determining the microbiological quality of the treatment stages of the bottling plants (G and Q). Analog treatment points were selected in both plants. These samples were processed using the membrane filter technique with rehydrated media from 3M™ Petrifilm™ Aqua for heterotrophic counting, for Coliform and for fungus and yeast counts. The analyzes determined that there are no significant differences between the sampling weeks, for Heterotrophy, nor for the variable fungus and yeast (KW

H=1.4883 p =0.6850 and KW H=0.1935 p =0.9786 respectively). For Coliform, if differences were found (KW H=16.0547 p =0.0011).

Keywords: Heterotrophy, Coliform, Fungi and Yeast, Stages of treatment.

1. Introducción

El agua es uno de los recursos más abundantes de la naturaleza, pero es cada vez más escasa. En el caso del agua que abastece a las ciudades por lo general proviene de fuentes superficiales como ríos o subterráneas como los pozos profundos; sin embargo, el ser humano ha contaminado tanto estas fuentes que sus aguas deben ser sometidas a estrictos tratamientos de purificación.

En la actualidad el acceso a fuentes de agua segura, es una preocupación mundial por el crecimiento poblacional y los altos índices de contaminación. En el mundo existen alrededor de 783 millones de personas, es decir, un 11% de la población, que aún vive sin acceso a agua potable y saneamiento (OMS 2012). Muchos países están afrontando una distribución desigual en espacio y tiempo ocasionada por la fuerte contaminación y el agotamiento de fuentes superficiales y subterráneas (Gossling *et al.*, 2012). Se prevé que para el año 2,100 más de 3.2 millones de personas enfrentarán problemas de acceso al agua bajo un escenario de aumento de 4°C debido al cambio climático. (Parry *et al.*, 2009)

Estudios recientes indican que el mercado nacional de aguas envasadas, presenta un notable crecimiento debido a la falta de confianza de las personas en la calidad del agua de abastecimiento público. (López, 2006)

La calidad del agua potable envasada ha aumentado durante los últimos años, no obstante, se desconoce la calidad que puede ofrecer al consumidor. En la ciudad de Maracaibo, Venezuela, científicos realizaron un estudio en el que se evaluaron 10 marcas de agua envasada, estas fueron comparadas con los estándares de calidad que las normas establecen, como resultado solamente 2 de las 10 marcas cumplieron con el requisito microbiológico, siendo aptas para el consumo humano. (Benítez *et al.*, 2013)

Un estudio similar se realizó en el municipio de Montería, departamento de Córdoba, Colombia; en este estudio se analizaron las características microbiológicas en 16 plantas de procesamiento y el cumplimiento de las normas vigentes en ese país, como consecuencia varias de las empresas tuvieron que hacer correctivos en su proceso de purificación. (Simanca *et al.*, 2010)

El estudio consistió en evaluar la calidad microbiológica de las diversas etapas del sistema de procesamiento dentro dos plantas embotelladoras de agua en la región de Azuero. La investigación fue realizada en el mes de agosto y la primera semana de septiembre de 2016. En este trabajo se utiliza la técnica de filtro de membrana y la técnica de placas 3MTMPetrifilmTMAqua, para levantar un perfil microbiológico de las diversas etapas y así compararlas, durante las diferentes semanas de muestreo, así cumplir con el objetivo primordial de determinar la calidad microbiológica de las etapas de tratamiento de dos plantas embotelladoras de agua en la región de Azuero.

2. Materiales y método

Este trabajo de investigación se realizó en dos Plantas de procesamiento y embotellado de agua, una de las empresas, se localiza en la provincia de Los Santos y la otra, está en la provincia de Herrera. La localización exacta y el nombre de ambas empresas están reservadas bajo un contrato de confidencialidad.

La investigación fue de carácter descriptivo, ex post facto, al azar, por un periodo de 4 semanas. Al final se recabaron 144 muestras por planta, 288 entre las 2 y consistió en seleccionar dos plantas procesadoras de agua. Se escogieron 4 puntos de muestreo análogos en ambas plantas: fuente primaria (FP), filtración por carbón activado (CA), etapa de desinfección (ED), etapa final (EF), En cada planta se tomó 1 muestra y 2 réplicas de 500 ml por punto de muestreo (3muestras x 4 puntos=12muestras en cada planta). Se debe tomar en cuenta que los sistemas de tratamiento y purificación de agua en las dos plantas son similares, mas no iguales en cuanto a sus etapas y procesos.

Las muestras fueron procesadas mediante la técnica de filtro de membrana (FM). Luego de pasar por el proceso de filtro de membrana, dichas membranas fueron colocadas sobre un medio rehidratado de 3M™Petrifilm™Aqua de la siguiente manera: de cada muestra por puntos se colocará 1 membrana en un medio rehidratado de 3M™Petrifilm™Aqua para recuento de heterótrofos(AQCH), 1 en un medio rehidratado de 3M™Petrifilm™Aqua para recuento de Coliformes (AQCC) y 1 en un medio rehidratado de 3M™Petrifilm™Aqua para recuento de hongos y levaduras(AQYM).

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, se transformó las unidades formadoras de colonias (UFC), a log (x+1), prueba de Kruskal-Wallis, U de Mann-Whitney

3. Resultados y discusión

De acuerdo a los análisis estadísticos aplicados a los datos entre los distintos procesos de producción de agua para ambas plantas (Prueba “d” de Somers) que determina la Asociación entre datos Intervalo vs datos Ordinales, no se encontró asociación significativa en la presencia de Heterótrofos entre Puntos en las Plantas G y Q.

El diagrama de caja y bigote, (Figura N° 1) muestra que para la planta G, no hay una asociación con relación a cada uno de los procesos de tratamiento.

En el comportamiento de la planta Q, el número de heterótrofos, se mantuvo similar en todas las etapas (Figura N° 2) salvo que hubo un descenso en la última etapa, si comparamos con la planta G, pudiendo ser esta última menos efectiva en los procesos de remoción de heterótrofos. Para el caso de la planta Q, se encontró asociación significativa inversa de la presencia de Heterótrofos entre los 4 puntos de la planta Q.

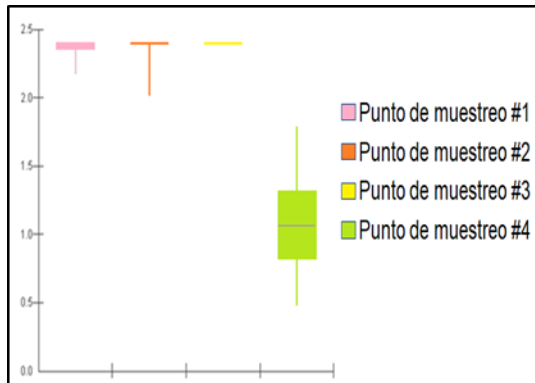


Figura No.1

Diagrama de caja que representa los resultados de la prueba de asociación entre datos intervalo vs datos ordinales, para la presencia de heterótrofos entre puntos en la planta Q.

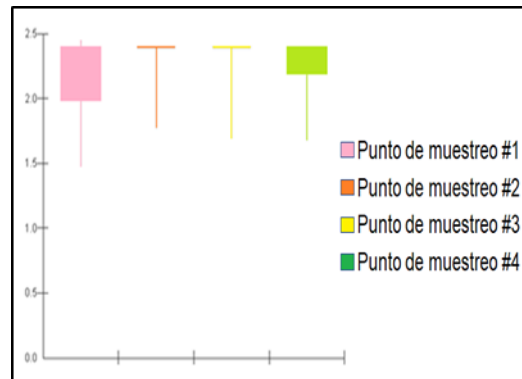


Figura No. 2

Diagrama de caja que representa los resultados de la prueba de asociación entre datos intervalo vs datos ordinales, para la presencia de heterótrofos entre puntos en la planta G.

Algunos microorganismos forman biopelículas sobre superficies que están en contacto con agua. La proliferación que se produce después del tratamiento del agua de consumo se conoce con frecuencia como “re-proliferación”. Es posiblemente que debido a ello se da la persistencia de microorganismos a través de las diversas etapas y es que normalmente, se refleja en un aumento del recuento de heterótrofos en placa (RHP) en muestras de agua. Los valores de RHP aumentan sobre todo en partes de los sistemas de distribución por tuberías y en etapas donde se produce estancamiento de agua o se da la utilización de filtro de carbono. (OMS, 2006).

En relación a los Coliformes, existe asociación entre puntos en la concentración de Coliformes, siendo la asociación inversa, es decir que los valores más altos se encontraron al inicio del proceso, para la planta G, lo que indica que, a nivel del agua subterránea y almacenamiento, se pudo determinar que los valores son más altos, lo que revela que las últimas etapas son más efectivas en la remoción de los Coliformes (Figura N° 3).

Podemos ver que el análisis determinó un proceso de remoción, con tendencia al descenso de Coliformes durante las etapas de procesamiento y tratamiento de la planta G (Figura N° 3), no así en el caso de los Heterótrofos, ya que estos últimos tienden a ser más persistentes, en procesos de filtración.

Respecto a la planta Q, se encontró asociación altamente significativa inversa de la presencia de Coliformes entre puntos de procesamiento, (Figura N° 4) muy similar a la planta G. se pudo confirmar que ambas plantas son efectivas en la remoción para la variable Coliformes, hay una tendencia a la disminución en cada una de las etapas de tratamiento.

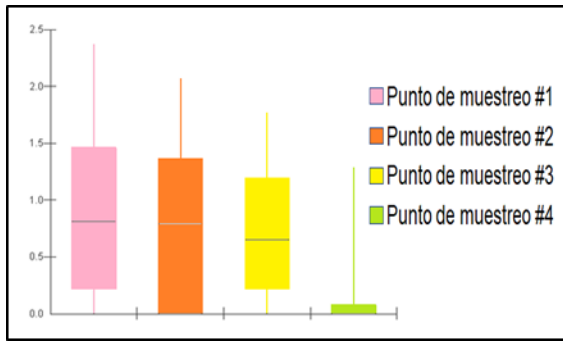


Figura No.3

Diagrama de caja que representa los resultados de la prueba de asociación entre datos intervalo vs datos ordinales, para la presencia de coliformes entre puntos en la planta G

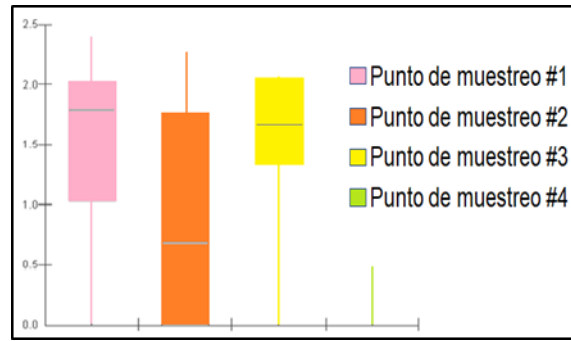


Figura No. 4

Diagrama de caja que representa los resultados de la prueba de asociación entre datos intervalo vs datos ordinales, para la presencia de coliformes entre puntos en la planta q.

Para el caso de Las variables hongos y levaduras, también la tendencia es similar con respecto a los Coliformes, existe asociación significativa de presencia de hongos y levaduras entre puntos, es inversa también, esto para la planta G, (Figura N° 5 y 6). La tendencia en esta investigación, determinó que los hongos y levadura, son removidos, pero hay cierta asociación en su presencia al principio de los procesos de tratamientos.

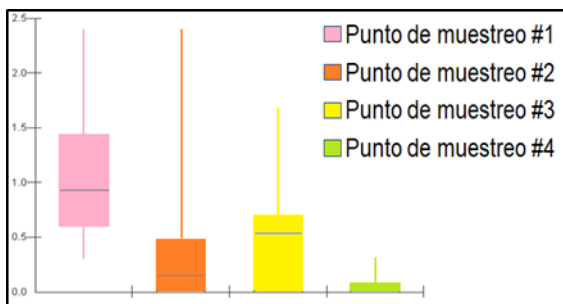


Figura No.5

diagrama de caja que representa los resultados de la prueba de asociación entre datos intervalo vs datos ordinales, para la presencia de heterótrofos entre puntos en la planta Q.

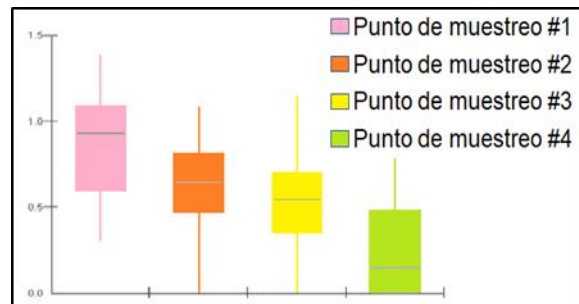


Figura No.6

Diagrama de caja que representa los resultados de la prueba de asociación entre datos intervalo vs datos ordinales, para la presencia de heterótrofos entre puntos en la planta G.

Los sistemas de filtración pulidores impiden fundamentalmente la entrada de bacterias y protozoos cuyo tamaño es de 0.3 a 25 micras y son muy útiles en la gran mayoría de situaciones. Los sistemas de purificación generalmente combinan técnicas de filtración, con uno o más técnicas de desinfección. (Escobedo, Salas, y Muñoz. 2006)

Dichos procesos son aplicados tradicionalmente de manera consecutiva y como arrojan claramente los resultados son altamente efectivas para las bacterias del grupo de los Coliformes; para los hongos y levaduras en ambas plantas procesadoras de agua, pero evidenciándose una elevada persistencia por parte de microorganismos heterótrofos en ambas compañías.

La prueba de Kruskal-Wallis (Fig. No. 7 y 8) muestra que no hay diferencia entre las 4 semanas de evaluación microbiológica, para la variable heterótrofos en ambas plantas embotelladoras de agua. (KW H=1.4883 p =0.6850). Para el caso de los hongos y levaduras no se encontraron diferencias significativas (KW H=0.1935 p =0.9786), entre las 4 semanas del estudio.

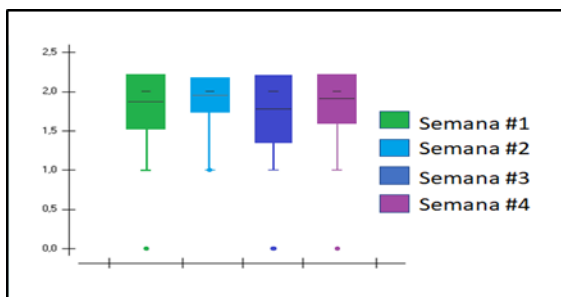


Figura No.7

Diagrama de caja que representa los resultados de la prueba de kruskall- wallis para el análisis de carga heterotrófica entre las diferentes semanas.

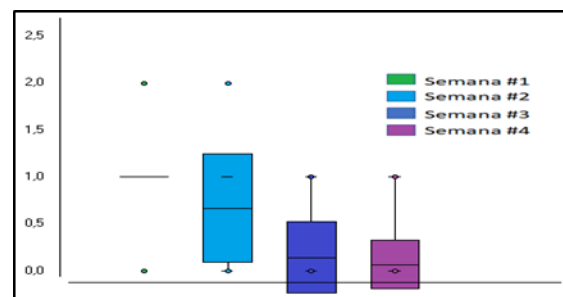


Figura No.8

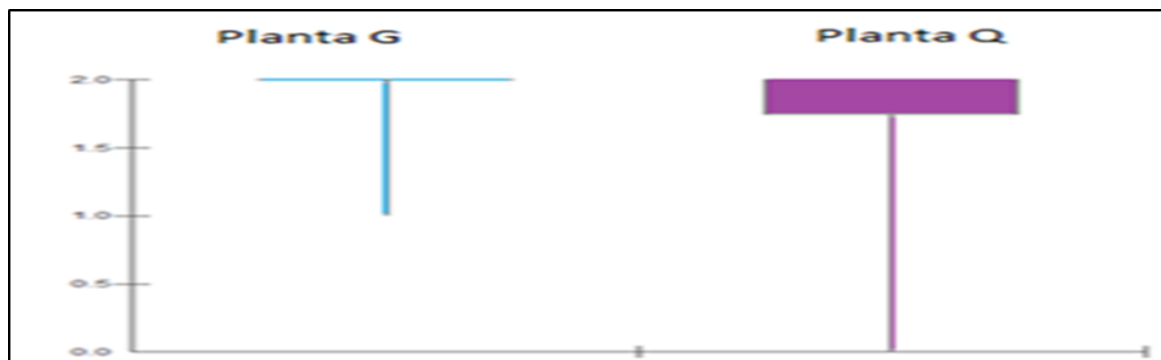
Diagrama de caja que representa los resultados de la prueba de kruskall - wallis para el análisis de la carga micótica entre las diferentes semanas.

Los resultados estuvieron, para las 4 semanas del estudio, entre 0 a 1.0, lo que determinó, que los hongos y levadura, no representaron problemas para ambas plantas. Un estudio similar se realizó en el municipio de Montería, departamento de Córdoba, Colombia; en este estudio se analizaron las características microbiológicas en 16 planta de procesamiento y el cumplimiento de las normas vigentes en ese país, como consecuencia varias de las empresas tuvieron que hacer correctivos en su proceso de purificación. (Simanca et al., 2017).

Se determinó la relación microbiológica entre las plantas de procesamiento de agua estudiadas, se obtuvo como resultado que en ambas plantas los valores se mantienen en el ámbito de 0.0 a 1.0 con leves variaciones que arrojan valores máximos de 2 de acuerdo con la prueba ejecutada U de Mann Whitney no se encontraron diferencias significativas de la presencia de microorganismos heterótrofos

entre las dos plantas embotelladoras ($U=993$ $p=0.2440$), la carga microbiológica de heterótrofos es muy similar en ambas plantas, como se puede observar (Figura N° 9).

Figura No.9 Diagrama de caja que representa los resultados de la prueba u de mann-whitney para la determinación de la diferencia entre plantas para la presencia de AQHC.



Es de esperarse que se observe la presencia de organismos heterótrofos en ambas plantas, ya que las aguas subterráneas que sirven como fuente de captación brindan un ecosistema adecuado para el crecimiento de la población de estos microorganismos. Los cuales, son transportados a través de todo el sistema de tratamiento. Estos microorganismos abundan en el agua, incluidas las aguas tratadas, los tanques de almacenamiento y los sistemas de abastecimiento, ya que poseen gran adaptación, pueden tolerar condiciones adversas de suministro de oxígeno y persisten por más tiempo que otros microorganismos en el agua. (M. Robert, 2014)

En la investigación realizada por Domínguez y Ríos (2011) en agua embotellada, se demuestra que en cuatro marcas de agua la carga microbiológica no muestra diferencia significativa. Por lo que se corrobora que tanto en plantas como en agua sucede el mismo fenómeno.

5. Conclusión

No se encontró asociación significativa en la presencia de Heterótrofos entre Puntos en las Plantas G y Q. En relación a los Coliformes, existe asociación inversa entre puntos en la concentración de Coliformes, a través de las etapas de procesamiento y tratamiento de ambas plantas. Los hongos y levadura, son removidos, pero hay cierta asociación en su presencia al principio de los procesos de tratamientos de ambas plantas. No existen diferencias significativas entre las semanas de muestreo, ni para Heterótrofos, ni para la variable Hongo y levaduras; para los Coliformes sí se encontraron diferencias.

6. Agradecimiento: Al laboratorio de Calidad de Agua del MINSa de Los Santos.

7. Bibliografía

1. Aparicio R., Carol L.; Ladino S., Oscar E., (2011). Evaluación de la calidad microbiológica y físico-química de aguas envasadas en bolsas distribuidas en el Área Metropolitana de San Salvador en el periodo de septiembre-octubre de 2007. 2011. Tesis Doctoral. Universidad de El Salvador.
2. Azoulay A, Garson P, Eisenbert MJ. (2001). Comparison of the mineral content of tap water and bottled waters. *J Gen Intern Med.* 168-175.
3. Bellido, A. (2004). Manual de Perforación Manual de Pozos y Equipamiento con Bombas Manuales. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú.
4. Benítez, M., et al. (2013). Calidad microbiológica Del agua potable envasada en bolsas y botellas que se venden en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia-Venezuela. *Multiciencias.* vol. 13, núm. 1, enero-marzo, 2013, pp. 16-22 Universidad del Zulia Punto Fijo, Venezuela.
5. Cantor, B., Reyes, R., Tejada P., (2009). Diseño de un sistema de control de procesos productivos que permita incrementar el nivel de calidad del agua envasada. Departamento de la Libertad. Perú.
6. Carhuopoma, Y; Espinoza, F; Rojas, L (2016). Etapas del Procesamiento de la Compañía Embotelladora La Union S.A. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Huánuco, Perú.
7. Cerna Rivas, M. A., & Galdamez Pereira, M. E. (1998). Eficacia de la legislación salvadoreña en la protección de los recursos hídricos (Doctoral dissertation, Tesis inédita para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas, UES, San Salvador, El Salvador).
8. Cevallos, Robalino, I. e. y Washington, Martínez, (2010). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de tratamiento purificación y envasado de agua para el consumo humano en la ciudad de Santo Domingo. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
9. Clarke, T. (2009). Embotellados: el turbio negocio del agua embotellada y la lucha por la defensa del agua. Centro de Análisis Social, Información y Formación Popular.
10. Delgado Calderón, S. J., & Morales Torres, F. A. (2015). Detección de pseudomona aeruginosa y bacterias heterótrofas de aguas envasadas en botellas y bolsas destinadas al consumo humano, comercializadas en la ciudad de Managua en el período Diciembre 2014 a Enero 2015 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).
11. Domínguez, S. Ríos, P. (2011). Análisis de la Carga Microbiológica de Cuatro Marcas de aguas envasadas en San Salvador. Universidad Evangélica de San Salvador. El Salvador.

12. Donoso, A. H., & Tagle, G. F. (1960). Comentarios al código de aguas (Vol. 1). Editorial Jurídica de Chile.
13. Enríquez, X. (2009). Estudio de Factibilidad Para La Implementación de una Embotelladora de Agua purificada en el Canto, Provincia de El Oro. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
14. Escobedo, M. T., Mendoza, J. A. S. P., & Muñoz, G. E. (2015). Evaluación de los procesos de purificación de una despachadora de agua potable. Ciudad Juárez.
15. Fernández, S. (2002). Agua Embotellada y su Calidad Microbiológica. Universidad de Arizona, Tucson, Arizona, EE.UU.
16. González, G; Tejedor, W; Álvarez, E; Ruiz, M y Ayala, F. (1994). Manual Operativo de análisis microbiológico para alimentos. Universidad de Bogotá. Bogotá, Colombia.
17. Gossling et al, (2012). La planificación y Gestión del Suministro de Agua Potable en los Municipios Urbano-Turístico de Alicante. Universidad de Granada. Granada, España.
18. Laboratorios 3M. (2015). Análisis de Agua, Llega una nueva Ola. 3M Food Safety. EE.UU.
19. López Vaca, L. (2006). Implementación de un sistema de tratamiento de agua para una planta envasadora en la provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis).
20. Macías Sánchez, J. E. (2015). Evaluación de la calidad físico, química y microbiológicas de las aguas embotelladas, comercializadas en la ciudad de Babahoyo en el periodo Enero-Marzo del 2013 (Master's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología. Escuela de Postgrado" Dr. José Apolo Pineda").
21. Manual de Laboratorio. (2011). Microbiología Ambiental de Agua. pág.30-34. Universidad de Panamá. Panamá.
22. Martínez, R., & Pérez, A. (2010). Calidad Bacteriológica del Agua Potable Envasada Comercialmente. Ciudad Bolívar 2009-2010 (Doctoral dissertation, Universidad de Oriente).
23. Morán Vera, N. M. (2015). Evaluación de las características físico-químicas del agua envasada "nativa" realizada en la embotelladora "Pacific Bottling Company" de la ciudad de Guayaquil (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Ciencias Químicas).
24. Necochea, Y., González, B., Jaimes, H., Puente, J. (2006). Cuando los Pequeños le Pegan a los Grandes: El Caso de las Embotelladoras Coca-Cola Femsa y Arca. Revista de Estadística, Econometría y Finanzas ap.

25. Organización mundial de la Salud. (2006). Guía Para La Calidad del agua Potable. Primer apéndice a la tercera edición. Ginebra. Organización mundial de la Salud.
26. Organización mundial de la Salud. (2012). Informe 2012 de la OMS sobre el acceso a agua potable y saneamiento: Datos Esenciales. Ginebra. Organización mundial de la Salud.
27. Pathak, S. P. y K. Gomal (2008). evaluación de *Escherichia coli* resistente a antibióticos como especie bioindicadora de contaminación fecal en agua y peces en la cuenca inferior del río San Juan. Instituto de Biotecnología, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. San Juan, Argentina.
28. Payares, B. M. B., Villasmil, K. J. F., Matos, L. C. R., Vila Larreal, 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.
29. Pepe Guato, F. J. (2015). Implementación de buenas prácticas de manufactura (BPM) en la Empresa "Water Life" (Bachelor's thesis).
30. Resolución 402 de 2007 por la cual se aprueba el reglamento técnico DGNTI-COPANIT 77-2007, Tecnología de los Alimentos, Agua Envasada Requisitos Generales.
31. Robert, M., (2014). Microorganismos indicadores de la Calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 45, N°. 1. pp, 25-36, La Habana Cuba.
32. Simanca, M. M., Álvarez, B. E., & Paternina, R. (2010). Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada. Municipio de Montería.
33. Villegas Jiménez, V. C. (2013). Análisis físico-químico y microbiológico de aguas envasadas en funda consumidas masivamente en el Cantón Shushufindi. Provincia Sucumbíos. Variando las condiciones de almacenamiento.
34. Warburton, D.W., J.K. McCormick y B. Bowen. (1994). "Survival and recovery of *Aeromonas hydrophila* in water: development and methodology for testing bottled water in Canada", *Canadian Journal of Microbiology*, 40, 145-148.