

Análisis de la eficiencia del sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family*, en la comunidad de María Chiquita, Portobelo, Colón, Panamá

Analysis of the efficiency of the *LifeStraw Family* microbiological water filtering system, in the community of María Chiquita, Portobelo, Colón, Panama

Yenely K. Mojica Davis. Colegio La Salle Margarita. yenely.mojica@lasallecolon.edu.pa

Javier A. Hurtado Yow. Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Colón. javier.hurtado@up.ac.pa

RESUMEN

En la provincia de Colón, República de Panamá, existen muchos sitios o comunidades que carecen de un servicio de agua potable. Debido a esto, los pobladores se ven forzados a utilizar medios alternativos para la purificación del agua. Por esta razón, el presente estudio analizó la eficiencia del sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family* en la comunidad de María Chiquita, Colón. Se determinó que el sistema removió el 99,77387% de los microorganismos indicadores en los 5 L, el 99,35780% en los 150 L y el 99,87453% en los 300 L. Se excluyó del filtrado el 99,2273% de *Pseudomonas aeruginosa*, un 99,6637% de coliformes totales, un 99,8619% de coliformes fecales y un 99,9220% de bacterias heterotróficas. Su efectividad total fue 99,6687% (99,245293-100,092167).

PALABRAS CLAVE: agua potable, eficiencia, *LifeStraw*, microorganismos indicadores, coliformes totales

ABSTRACT

Colon province, Republic of Panama, has many communities or sites that lack safe drinking water service. Therefore, the settler has to use alternative options for purifying water. For this reason, the present study analyzed the efficiency of the Microbiological Water Filter *LifeStraw Family* in the Maria Chiquita Community, Colon. This research found that the system removed 99.77387% of indicator microorganisms in 5 L, 99.35780% in 150 L, and 99.87453% in 300 L. A 99.2273% of *Pseudomonas aeruginosa*, 99.6637% of total coliforms, 99.8619% of fecal coliforms, and 99.9220% of heterotrophic bacteria were excluded from the filtration. Its full effectiveness was 99.6687% (99.245293-100.092167).

KEYWORDS: drink water, efficiency, *LifeStraw*, indicator microorganisms, total coliforms

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Colón, muchas comunidades se hallan sin acceso al servicio de agua potable. Existe un enorme riesgo por contraer enfermedades transmitidas por patógenos bacterianos en el agua. Entre los grupos más susceptibles están los niños, embarazadas, ancianos y personas con sistema inmune comprometido (MINSA, 2007).

Ciertas comunidades optan por medios que les brinden seguridad al consumir el agua. Sin embargo, el resto de los pobladores se arriesga a tomar el vital líquido tal cual como sale de sus grifos y sin ninguna medida de precaución (ONU, 2008). Un vivo ejemplo de éstas es la comunidad de María Chiquita, la cual en pleno siglo XXI, no goza del servicio primordial de abastecimiento de agua potable (IDAAN, 2008).

Según la Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (2007), la comunidad de María Chiquita sufre el problema de la carencia de agua potable. Dicha comunidad cuenta con un acueducto rural de 20 años de vida útil aproximadamente. Los grifos sólo reciben residuos del río, tales como: sedimento, y animales como peces, camarones y cangrejos, sobre todo en la temporada lluviosa del clima panameño.

En el caso de este corregimiento, el Ministerio de Salud (MINSA) colocó unos filtros en el acueducto. Sin embargo, al llover la salida del agua se obstruye, por lo que los moradores optaron por instalar tuberías directamente desde la fuente de agua que está localizada en el río Madre Vieja, hasta sus casas. El MINSA gestionó la construcción de un nuevo acueducto rural, por el orden de 200 mil dólares; sin embargo, debido al alto costo de la obra y por la falta de presupuesto, no fue posible su aprobación (MINSA, 2007). Años atrás hubo un proyecto para construir una potabilizadora en el sector de Río Piedra, para abastecer del servicio a varias comunidades, el cual quedó en nada (Sánchez, 2008).

Por ende, con la realización de este proyecto se beneficiarán, principalmente, aquellas comunidades que no tienen agua potable en sus casas. De igual manera, se beneficiará a toda aquella persona que realice trabajo de campo y se vea en la necesidad de pasar varios días internado en un bosque. Para esto se analizó la eficacia del sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family*. Esto se logró mediante el recuento de bacterias bioindicadoras, con poco y gran volumen de agua. Se tomó como sitio de prueba la comunidad de María Chiquita, ya que ésta presenta el problema anteriormente señalado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Este proyecto se realizó en la comunidad de María Chiquita, Corregimiento de María Chiquita, Distrito de Portobelo, provincia de Colón, República de Panamá. Esta comunidad se encuentra en

la vía que dirige a la Costa Arriba de Colón. La misma limita al norte con la playa Marco Antonio, al sur con el río Madre Vieja, al este con Río Piedras y la comunidad de El Aserrío; y al oeste con la quebrada Cacao (ANAM 2007a).



Figura 1. Sitios de muestreo (ANAM 2007b). 1 → ubicación de las casas

Sitio de estudio

En el corregimiento de María Chiquita, provincia de Colón, se encuentra la comunidad de María Chiquita, la cual cuenta con una población de unos 3 mil habitantes. Ella está enclavada en el histórico distrito de Portobelo, en la Costa Arriba de Colón (ANAM 2007a). Este poblado presenta un clima húmedo tropical, con una estación seca que va de enero a abril y una lluviosa de mayo a diciembre. La temperatura media anual es de 27 °C con precipitación entre 1 850 y 3 500 mm. El lugar presenta un suelo arenoso, y un tanto arcillosos en sector este, con una elevación de apenas 0,5 msnm (ANAM 2007b) (Fig. 1).

Muestreo

Se seleccionaron cuatro (4) casas de la comunidad de María Chiquita al azar. Se colocó un filtro *LifeStraw Family* en cada una de ellas. Se les pidió a las familias que filtraran 5, 150 y 300 litros de agua los meses de septiembre, octubre y noviembre, respectivamente. En cada casa, se tomaron tres muestras en frascos de 100 mL, las cuales llamaremos agua cruda (agua no filtrada). A la vez, por casa, se recogieron cuatro muestras del agua purificada (agua filtrada) en frascos de 100 mL.

Conservación y transporte de las muestras

Los frascos de 100mL se introducían en bolsas plásticas transparentes para evitar su contaminación con agua del exterior (Lloyd y Harris, 1995). Estas fueron transportadas al laboratorio en hieleras con hielo (Kemp et al., 1993).

Procesado de las muestras

Las muestras eran llevadas al laboratorio un día después de colectadas (Pepper et al, 1995). Los platos con los medios se marcaban para su identificación. Luego las muestras eran filtradas, inoculadas e incubadas.

Medios de cultivo

En este protocolo se siguieron las indicaciones de Jensen (1968), Postgate (1979) y White (1983). La tabla 4 muestra los medios de cultivo empleados para cada grupo de bacterias.

Tabla 1. *Medios de cultivo empleados*

Tipo de Bacteria	Medio empleado	Coloración del medio
Coliformes Totales	m Endo Agar Les	Lilac
Coliformes Fecales	m FC Agar	Violeta
<i>Pseudomona spp.</i>	M-PAC Agar	Naranja
Bacterias Heterotróficas	R2A Agar	Transparente

Método de filtro de membrana

El filtro utilizado fue del tipo de policarbonato, el cual es más apropiado según Harris et al., (1992). Primero, se filtró el agua purificada y luego el agua cruda. Las muestras de agua cruda que serían utilizadas para obtener coliformes totales, coliformes fecales y bacterias heterotróficas podrían contener demasiados microorganismos, por lo que se modificaron a las concentraciones adecuadas mediante diluciones seriadas de 1 000 μ L y 100 μ L (Atlas y Bartha, 2002; Wolf, 1972). Estas eran luego diluidas en 2 mL de agua destilada (Simidu, 1972). Al contrario, como las muestras de agua cruda que serían utilizadas para obtener *Pseudomonas spp.* podían contener muy pocos microorganismos, se debió utilizar volúmenes de 200 mL y 100 mL (Postgate, 1979).

Incubación de los medios

Para el periodo de incubación de las muestras se emplearon las indicaciones de Grigorova y Norris (1990). Además, para la temperatura de incubación se manejaron las instrucciones de Buck (1979) (tabla 5). Luego de este periodo, las muestras eran retiradas de la incubación y por último eran puestas en refrigeración hasta su lectura.

Métodos de análisis

Para la lectura de las unidades formadoras de colonias se siguieron las indicaciones de Atlas y Bartha (2002) y White (1983).

Análisis estadístico

El estudio empleó un diseño bifactorial completamente al azar, donde las variables independientes fueron los volúmenes filtrados y los microorganismos indicadores de calidad de agua empleados (coliformes totales, coliformes fecales, *Pseudomonas spp.* y bacterias heterotróficas). Mientras que la dependiente fue el porcentaje de eficiencia. Estos datos fueron analizados mediante un ANOVA bifactorial repetitivo en el paquete STATISTICA, usando los meses como variable repetitiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

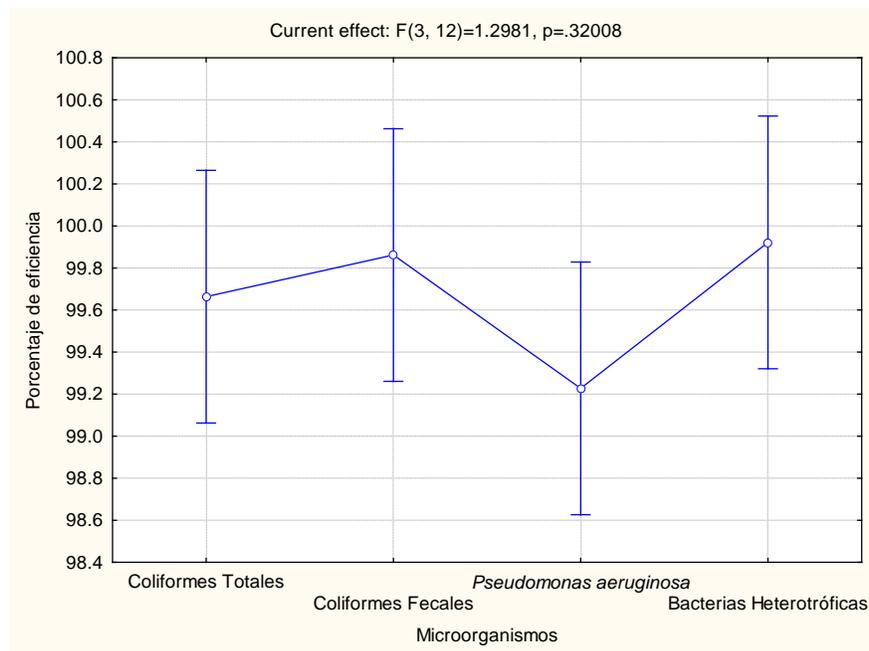


Figura 2. Porcentaje de eficiencia del sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family* vs. La presencia de los microorganismos indicadores.

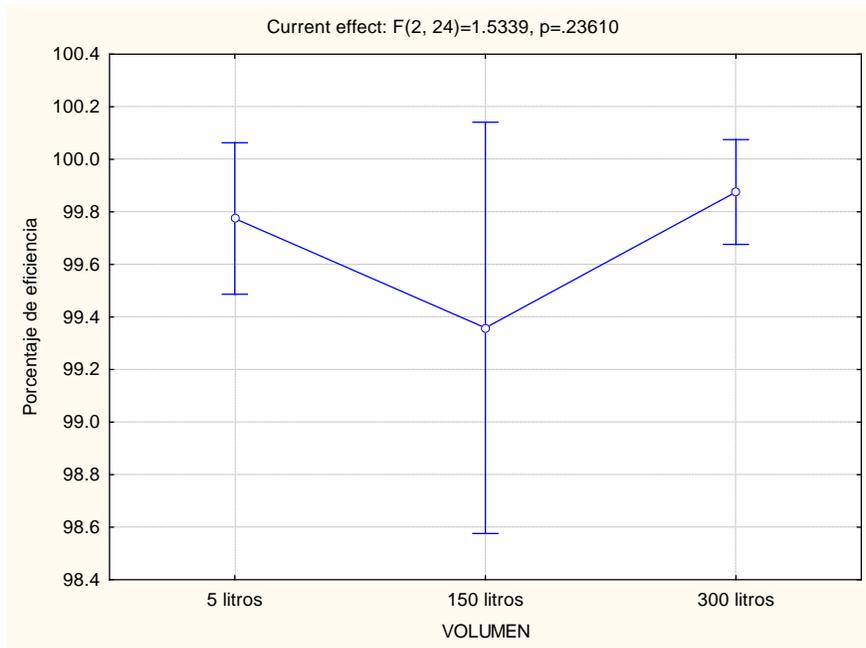
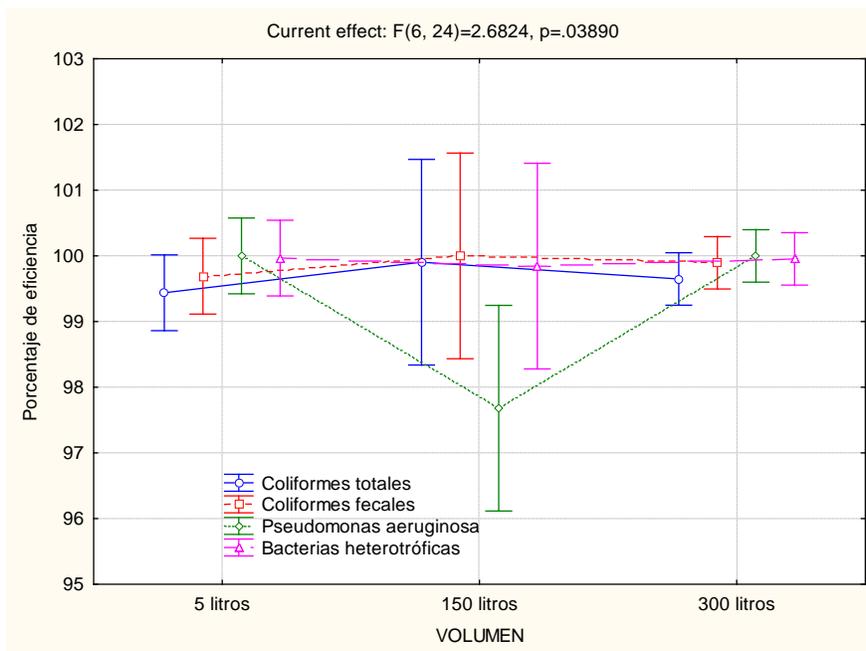


Figura 3. Porcentaje de eficiencia del sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family* vs. Litros filtrados.



Figuras 4. Porcentaje de eficiencia del sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family* vs. Volúmenes filtrados y la presencia de los microorganismos indicadores.

En este estudio se confirmó que el sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family* es capaz de remover el 100% de los microorganismos presentes en el agua. En el volumen de 5 L, se logró remover el 99,7739% de todos los microorganismos empleados como bioindicadores; de los cuales se obtuvo un 99,4381% de remoción de coliformes totales, un 99,6906% de coliformes fecales, un 100% de *Pseudomona aeruginosa* y un 99,9667% de bacterias heterotróficas (Fig. 2, 3 y 4). Cuando se usó 150 L de agua, el sistema eliminó el 99,3578% de todos los microorganismos empleados como bioindicadores. De los cuales se obtuvo un 99,9045 % de remoción de coliformes totales, un 100% de coliformes fecales, un 97,682% de *Pseudomona aeruginosa* y un 99,8447 % de bacterias heterotróficas (Fig. 2, 3 y 4).

Por último, en el volumen de 300 L se extrajo el 99,8745 % de todos los microorganismos empleados como bioindicadores; de los cuales se obtuvo el 99,6486 % de remoción de coliformes totales, el 99,8948 % de coliformes fecales, un 100% de *Pseudomona spp.* y el 99,9547 % de bacterias heterotróficas (Fig. 2, 3 y 4). Por lo que en resumen se obtuvo el 99,2273% de remoción total de la *Pseudomona spp.*, el 99,6637% de remoción total de coliformes totales, el 99,8619% de remoción total de coliformes fecales y el 99,9220% de remoción total de bacterias heterotróficas (Fig. 2 y 4).

De acuerdo con esto podemos señalar que los filtros trabajaron eficientemente con todos los microorganismos, excepto *Pseudomona spp.* a los 150L (Fig. 2); sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($F=1,2981$; $p=0,32008$). Además, la eficiencia del filtro fue similar en todos los volúmenes de agua. Esto quiere decir que no hubo diferencias significativas ($F=1,5339$; $p=0,23610$) en las distintas mediciones del sistema de filtrado (Fig. 3 y 4). De esta manera se elimina el 99,6687% (99,245293-100,092167) de todos los microorganismos indicadores presentes en los volúmenes muestreados (5L, 150L, 300L) (Fig. 4).

En esta investigación se encontró que el Sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family* fue eficiente con todos los volúmenes de agua trabajados en los meses de septiembre, octubre y noviembre, los cuales corresponden a la estación lluviosa. Asimismo, éste resultó efectivo con los cuatro grupos de microorganismos (bacterias) indicadores empleados con todos los volúmenes.

Debido a que la investigación se realizó durante los meses de septiembre, octubre y noviembre (los cuales corresponden a la estación lluviosa), además de que el agua que llegaba a las casas procedía directamente del río, este punto es considerado importante en la medición de los resultados. Los elevados índices de precipitación registrados en estos meses pueden variar los niveles de microorganismos presentes en el río. A la vez llegan a fluctuar los sólidos en suspensión (partículas sólidas en el agua). Esto aumenta la labor del sistema de filtrado.

Los porcentajes obtenidos de eliminación bacteriana (5L: 99,77%; 150L: 99,36%; 300L: 99,87%) hacen que el agua brindada por este sistema sea apta por el consumo humano. Dichos porcentajes excluyen al agua de *LifeStraw Family* de la categoría “agua sin tratamiento” (APHA et al, 1985). Esto resulta factible para la salud humana ya que elimina el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por agua. Sin embargo, de acuerdo con la APHA et al (1985) no es considerada como

agua potable. Para llegar a esta categoría sería necesario agregar al agua luego de la filtración unas gotas de hipoclorito de sodio (NaClO) (Pepper et al, 1995). Éste último paso complementaría la purificación iniciada por *LifeStraw Family*.

La bacteria *Pseudomonas spp.* presentó una baja eficiencia (99,2273%). Este porcentaje fue afectado por los valores obtenidos en los 150L, los cuales fueron tomados en octubre (97,682%). Siendo las muestras de la casa “tres”, las que presentan una fluctuación drástica en los resultados. Esta casa está ubicada muy cerca del sitio de captación del agua en el río Madre Vieja (Fig. 1). Dicha ubicación permitía el acceso de sedimentos mediante las tuberías de agua a las casas. Este mes (octubre) se caracteriza por ser uno de los más lluviosos del año, habiendo en el mismo muchas inundaciones (ANAM, 2007a). La abundante lluvia arrastra sedimentación del suelo llevándola a los ríos y arroyos más cercanos. Las bacterias del género *Pseudomonas spp.* son autóctonas de ambientes de suelo (Correa, 2008c) y su presencia en agua depende del grado de sedimentos arrojados o arrastrados desde el suelo. Los sedimentos pudiesen presentar altos niveles de *Pseudomonas spp.* (Hurst et al., 1997).

Estos sedimentos reducirían su concentración paulatinamente a lo largo del sistema de tuberías de agua, a la vez que disminuiría la presencia de dicha bacteria. Esto podría explicar la disminución de la eficiencia de 100% encontrada en los meses de septiembre y noviembre (muestreos en días poco lluviosos), a 97,682% (96,11668-99,2472) encontrada en el mes de octubre. Las cepas del género *Pseudomonas spp.* son capaces de procesar, integrar y reaccionar a una amplia variedad de condiciones cambiantes en el medio ambiente. A la vez muestran una alta capacidad de reacción a señales fisicoquímicas y biológicas. Ellas están repartidas en el suelo y el agua, además son inocuas para el hombre (Henry y Heinke, 1999). Por lo que éste bajo índice de remoción bacteriana (97,682%) no representa un riesgo de salud pública. Incluso estas bacterias son consideradas microorganismos claves en el reciclado de materia orgánica jugando, por tanto, un papel esencial en la mejora y el mantenimiento de la calidad medioambiental (De Vicente et al., 1991).

Este sistema microbiológico de agua (*LifeStraw Family*) ha sido probado en la Universidad de Arizona (EUA). Estos estudios incluyeron el análisis de las características del agua como lo son: el pH, sólidos disueltos totales, turbidez, residuos de desinfectante; así como la presencia de microorganismo (bacterias, virus y protozoarios). En ellos se eliminó el 99,9999% de todas las bacterias, el 99,99% de todos los virus y 99,90% de los parásitos (Vestergaard Frandsen Inc, 2008). Entre las bacterias que fueron usadas esta *Escherichia coli*, la cual es el máximo representante de las coliformes fecales. Además, se probó el filtro con agua turbia eliminando todas las partículas hasta 20nm haciendo el agua clara. De esta manera se determinó que el filtro cumplía con las directrices para purificadores microbiológicos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, 2007). Aparte, la empresa Vestergaard Frandsen Inc. en cooperación con AXxes Project (una gran organización de salud rural que construye y mantiene una infraestructura de salud para las zonas rurales de Congo) realizó un estudio piloto en la República Democrática del Congo con el objetivo de investigar el funcionamiento y la aceptación de *LifeStraw Family*. El producto se facilitó a diez familias congoleñas que tienen un acceso limitado al agua potable. El uso de éste fue seguido por un mes. Los productos no mostraron daños o mal

funcionamiento después de un mes de uso y mostró impresionante caudal de un litro por menos de cinco minutos. Los participantes lo encontraron fácil de usar y mantener (Vestergaard Frandsen Inc., 2007). Además, se obtuvieron en este último caso, iguales resultados que los registrados por la Universidad de Arizona.

Al comparar sus resultados obtenidos en Arizona E.U.A. y El Congo, África (99,9999% de bacterias descartadas) con los resultados encontrados en María Chiquita, Colón, República de Panamá (99,6687 % de bacterias descartadas), existe solo una diferencia de 0,3312 % en la efectividad del producto. Por lo que la remoción de bacterias por el filtro se mantuvo en el 99,90 %, lo cual era esperado. Además, los microorganismos utilizados durante los ensayos de eficacia en Arizona (coliformes totales, coliformes fecales y bacterias heterotróficas) fueron representativos de los encontrados en el campo. Los mismos fueron seleccionados porque son especialmente resistentes a la desinfección particular o de pequeño tamaño, por lo que su eliminación es difícil (Vestergaard Frandsen Inc., 2008); es decir, el estudio fue realizado en condiciones controladas de laboratorio. Se excluyó de las experimentaciones las condiciones climáticas que estuvieron presentes en los estudios de María Chiquita y El Congo. Por lo que nuestros resultados son aceptables.

La eficiencia del sistema de filtrado microbiológico de agua *LifeStraw Family* puede mantenerse al filtrar volúmenes bajos al igual que con altos volúmenes de agua. Esto significa que las personas podrán filtrar grandes volúmenes de agua con la seguridad de que el producto les brindará agua purificada. Además, el usuario podrá filtrar agua suficiente para varios días. Sin embargo, el tiempo de muestreo empleado en este estudio es corto. El volumen de agua máximo utilizado (300L) solo representa el 1,67% de la vida útil del sistema. Este filtro es capaz de filtrar hasta alcanzar el volumen de 18 000L de agua (Vestergaard Frandsen Inc., 2007). Lo cual implica un seguimiento del presente estudio incluyendo un mayor tiempo de muestreo y distintas estaciones anuales.

Según la Universidad de Arizona, el filtro *LifeStraw Family* brinda agua purificada en corto tiempo. El flujo normal del agua dentro del filtro está entre 200-320 mL/min; es decir, 12-19 L/hr. Si el agua contiene turbidez y carbono orgánico, la tasa del flujo sigue siendo alrededor de 100 a 130 mL/min, lo que representa 6 a 8 L/hr. (Vestergaard Frandsen Inc., 2008).

LifeStraw Family es un filtro purificador microbiológico de uso instantáneo que permite a las personas obtener en su propia casa agua potable. Está diseñado para abordar la necesidad de los más de 1,1 billones de personas que carecen de acceso a agua potable. Por lo que les permite tener una fuente de agua estable y fiable para el consumo doméstico. También, es más útil para las personas que viven en lugares de difícil acceso, ya que no requiere inyección de energía para su funcionamiento, ni de renovación de piezas. Lo que a la vez hace al filtro un producto ecológico. Éste tiene un mecanismo automático de obstrucción. Si el producto no entregar el agua a pesar de la contracorriente y pre-limpieza del filtro, significa que la vida útil ha terminado (Vestergaard Frandsen Inc, 2008).

Este sistema de filtrado, y muchos otros que pudiesen surgir, son indispensables para el Panamá del futuro. Todas las personas de escasos recursos deberían contar con uno o más de estos filtros en sus casas. El gobierno nacional, en unión con otras entidades concernientes a la salud pública a nivel nacional e internacional, están en el deber de proveer a estas familias este tipo de filtros de manera gratuita. De tal forma, se reduciría el riesgo de adquirir enfermedades transmitidas por agua, principalmente en la población más necesitada. A la vez, se colocaría al país, en uno de los defensores de la salud pública a nivel internacional.

CONCLUSIÓN

Se logró medir en total una efectividad de 99,2273% (98,62631-99,8283) en remoción total de *Pseudomona spp.*; 99,6637% (99,06274-100,2648) de remoción total de coliformes totales; 99,8619% (99,26080-100,4628) de remoción total de coliformes fecales y 99,9220% (99,32104-100,5231) de remoción total de bacterias heterotróficas. Lo cual sugiere que el filtro es capaz de brindar agua pura; especialmente en las poblaciones más necesitadas.

Se calculó que la efectividad fue de un 99,6687% (99,245293-100,092167) en la estación lluviosa durante los 5, 150 y 300 L de agua filtrada. Por lo que es seguro y viable filtrar y reservar gran volumen de agua en un día. Teniendo en cuenta que la misma estará libre de impurezas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA y WPCF. (1985). Standard methods for the Examination of water and wastewater. 16a. ed. Washington D.C-EUA: American public health association, American water works association and water pollution control federation. 800p.
- Arora, S. K. y G. W. Barnes. (1991). Analysis of Water Banking Projects as Additions to the California State Water Projects. Nueva York-EUA: American Society of Civil Engineers. 900p.
- Atlas, R. M. y R. Bartha. (2002). Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. España: Pearson Educación, S.A. 3013p.
- Autoridad Nacional del Medioambiente (ANAM). (2007a). Poblados. (Accedido el 15 de agosto de 2008). <http://anam.gob.pa/website/pueblos/viewer.htm>
- Autoridad Nacional del Medioambiente (ANAM). (2007b). Mapas de provincias. (Accedido el 10 de enero de 2009). <http://mapserver.anam.gob.pa/website/geologia/viewer.htm>
- Baker, M. N. (1988). The Quest for pure Water. 1ra ed. Nueva York-EUA: American Water Works Association. 765p.
- Bartlett JG, Belitsos PC, Sears CL. (1992). AIDS enteropathy. Clin Infect Dis, 15:26-35.

- Bordner, R. y J. Winter. (1978). *Microbiological Methods for Monitoring the Environment*. 1ra ed. Cincinnati-EUA: Environmental Protection Agency. 560p.
- Brandt, D. C., Leitner, G. F. y W. E. Leitner. (1993). *Reverse Osmosis Membranes State of the Arts. Reverse Osmosis: Membrane technology water chemistry and industrial application (50-73)*. Nueva York-EUA: Van Nostrand Reinhold. 1000p.
- Buck, J. D. (1979). *The Plate Count In Aquatic Microbiology. Native Aquatic bacteria: Enumeration, Activity and Ecology*. Filadelfia-USA: American Society for Testing Materials. 695 p.
- Chaidez, C. (1999). *Risk Assessment of selected opportunistic pathogens in drinking water*. Arizona-USA: University of Arizona. 60p.
- Clark, J. W., Viessman, W. y M. J. Hammer. (1977). *Water supply and Pollution Control*. III ed. Nueva York-EUA: IEP. 1000p.
- Clasen, T., Roberts, I., Rabie, T., Schmidt, W. y S. Cairncross. (2006)
- Interventions to improve water quality for preventing diarrhea*. III ed. USA: The Cochrane Library. 946p.
- Cochrane, E. L. (2006). *A comparison of low-cost biosorbents for the removal of copper from aqueous media*. Scotland-UK: PubMed. 300p.
- Colling, F. (2007). *Combating Household Disease at the Household Level*. USA: WHO Publication. 20p.
- Collins, C. y P. Lyne. (1989). *Métodos microbiológicos*. II ed. Zaragoza-España: Acribia. 890p.
- Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CICH). (2007). *Representantes, Alcaldes y Gobernadores de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá*. (Accedido el 22 de enero de 2009).
<http://www.cich.org/documentos/legales/gobiernos-locales.pdf>
- Correa, J. L. (2008a). *Indicadores Biológicos. Apuntes del curso de Microbiología Ambiental de Aguas*. FACINET. Universidad de Panamá. Colón. 92p.
- Correa, J. L. (2008b). *Análisis de Calidad Microbiológica de Aguas. Apuntes del curso de Microbiología Ambiental de Aguas*. FACINET. Universidad de Panamá. Colón. 92p.
- Correa, J. L. (2008c). *Ciclos Biogeoquímicos. Apuntes del curso de Microbiología Ambiental de Suelos*. FACINET. Universidad de Panamá. Colón. 85p.

- De Vicente, A., Codina, J., Borrego, C. y P. Romero. (1991). Relationship between *Pseudomonas aeruginosa* and bacteria indicators in polluted natural waters. *Water Science Technology*, 24: 121-124.
- Earth Healthy. (2006). Human Development Report. (Accedido el 13 de agosto de 2008). www.earthelthy.org.us/human_report%
- Eckholm, E. P. (1982). *Down to Earth: Environment and human needs*. Nueva York-EUA: W.W. Norton. 630p.
- Feachem, R. G., Bradley, D. J., Garelick, H. y D. D. Mara. (1983). *Sanitation and Disease: Health aspect of excreta and wastewater management*. Washington D.C-EUA: Wiley. 1624p.
- Fernández, A., Molina, M., Alvarez, A., Alcántara, M. y A. Espigares. (2001). Transmisión fecohídrica y virus de la hepatitis A. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 1: 8-24.
- Gaudy, A. F. Jr., y E. T. Gaudy. (1980). *Mycrobiology for Environmental scientist and engineers*. Nueva York-EUA: McGraw-Hill. 807p.
- Goldman, C. R. (1971). Ecological implications of reduced freshwater flows on the San Francisco Bay-Delta System. *California water*, 2:121-122.
- Greenberg, A. E. (1995). *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19ava ed. Nueva York-EUA: American Public Healt Association. 402p.
- Grigorova, R. y J. R. Norris. (1990). Techniques in Microbial Ecology. *Methods in Microbiology* 22:16-20.
- Hammer, M. J. (1986). *Water and WasteWater Technology*. 2da ed. Nueva York-EUA: Wiley. 300p.
- Harris, J. E., T. R. McKee, R. C. Wilson y U. G. Whitehouse. (1992). Preparation of Membrane Filter simples for Direct Examination with an Electron Microscope. *Limnology and Oceanography*, 17: 784-787.
- Henry, J. G. y G. W. Heinke. (1999). *Ingeniería Ambiental*. 2da. ed. México: Prentice Hall. 2000p.
- Hurst, C. J., Knudsen, G. R., McInerney, M. J., Stetzenbagh, L. D. y M. V. Watter. (1997). *Manual of Environmental Microbiology*. Washington D.C-EUA: American Society of Microbiology Press. 1281p.

- Instituto de Acueducos y Alcantarilados Nacionales (IDAAN). (2008). Distribución del Agua Potable. (Accedido el 21 de agosto de 2008). www.idaan.gob.pa/servicio_potable%1
- Jensen, V. (1968). The Plate count Technique. The Ecology of Soil Bacteria. Universidad de Toronto-Canadá: T.R.G Gray Inc. 462p.
- Kemp, P. F., Sherr, B. F., Sherr, E. B. y J. J. Cole. (1993). Handbook of Methods In Aquatic Microbial Ecology. Filadelfia-EUA: Lewis society. 403p.
- King, C. (2003). Procesos de separación. España: Editorial Reverté, S.A. 900p.
- Lechevallier, M. W., Trok, T. M., Burns, M. O. y Lee, R. G. (1990). Comparison of the Zinc Sulfate and Immunofluorescence Techniques for detecting Giardia and Cryptosporidium in water. Journal of the American water works association, 82:75.
- Lembrino, I. y S. Peralta. (2006). Química II. México: Editorial Internacional Thomsonm. 400 p.
- Linsley, R. K. y J. B. Franzini. (1992). Water Resources Engineering. 4a. ed. Nueva York-EUA: McGraw-Hill. 2013p.
- Lloyd, D. y A. J. Harris. (1995). Vigour, Vitality and Viability of Microorganisms. Microbiology Letters, 133: 1-7.
- Masters, G. M. (1974). Introduction of environmental science and technology. Nueva York-EUA: Wiley. 400 p.
- McGauhey, P. H. (1968). Engineering management of water quality. Nueva York-EUA: McGraw-Hill. 753p.
- Mermin, J., Bunnell, R., Lule, J., Opio, A., Gibbons, A., Dybul, M. and J. Kaplan. (2005). Developing an evidence-based, preventive care package for persons with HIV in Africa. Tropical Medicine and International Health, 15:60-72.
- Miller, G. T. (1992). Living in the environment. 7ma. ed. Belmont, California-EUA: Wadsworth. 990p.
- Ministerio de Salud (MINSA). (2007). Obras por Colón. (Accedido el 21 de agosto de 2008). <http://www.minsa.gob.pa/obras/colon/>
- Mitchell, R. (1974). Introduction to Environmental Microbiology. New Jersey-EUA: Prentice Hall. 1626p.
- Moore, J., Heaney, N., Millar, B., Crowe, M. and J. Elborn. (2002). Incidence of Pseudomona aeruginosa in recreational and hydrotherapy pools. Commun Dis Public Health, 5: 23-26.

- Okun, D. A. (1993). More on *Cryptosporidium*. *Opflow*, 19:1-12.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2008). Metas del Milenio. (Accedido el 21 de agosto de 2008). www.un.org/spanish/metapaspanama_milenio.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2008). Mapa Hidrográfico Mundial. (Accedido el 26 de julio de 2008). <http://www.who.int>.
www.oms.org/mapa/hidrologia%3%2%6panama/
- Pelczar, M. J. Jr., Reid, R. D. y E. C. S. Chan. (1977). *Microbiology*. IV ed. Nueva York-EUA: McGraw-Hill. 1985p.
- Pepper, I. L., Gerba, C. P. y J. W. Bredeck. (1995). *Environmental Microbiology: A Laboratory Manual*. San Diego-EUA: Academic Press. 320p.
- Postgate, J. R. (1979). Viable counts and Viability. *Methods in Microbiology*, 1:611-628.
- Randall, L. W., Grizzasr, T. J. y R. C. Hoen. (1977). *Progress in water technology*. England: Redrouse Inc. 600p.
- Sánchez, D. (26 Mayo de 2008). María Chiquita, donde el agua falta a diario. *La Prensa*. 9C p.
- Simidu, U. (1972). Improvement of Media for enumeration and Isolation of heterotrophic bacteria in seawater. *Water Bacteria*. Baltimor-EUA: Park Press. 458p.
- Skinner, F. A., Jones, P.C.T. y J. E. Mollison. (1962). A comparison of a direct and a plate counting technique for quantitative estimation of soil organism. *Journal of General Microbiology*, 6:261-271.
- Steel, E. W. y T. J. McGhee. (1991). *Water supply and Sewerage*. VI ed. Nueva York-EUA: McGraw-Hill. 852p.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). (2007). Países Latinos. (Accedido el 5 de septiembre de 2008). <http://www.epa.gov/espanol/>
- Vaux, H. y R. Howitt. (1984): Managing water scarcity: An evaluation of interregional transfers. *Water Resources Research*, 20: 785-792.
- Vestergaard Frandsen Inc. (2007). Potabilizadores de innovación. (Accedido el 20 de septiembre de 2008). <http://www.iecologia.com/08/26/potabilizador-de-agua-portatil-LifeStraw%2%AE/>
- Vestergaard Frandsen Inc. (2008). LifeStraw® Family, instant microbiological water purifier. (Accedido el 20 de septiembre de 2008). <http://www.vestergaard-frandsen.com/LifeStraw.htm>

- Viessman, W., Jr. y M. J. Hammer. (1993). Water Suply and Pollution Control. V ed. Nueva York-EUA: Harper y Row. 976p.
- Whilten, K. (2008). Química General. VIII ed. México: Editorial Cengage Learning. 2000 pag.
- White, D. C. (1983). Analysis of Microorganisms in terms of Quantity and Activity in natural environment. Society of General Microbiology Symposium, 34: 37-66.
- Winslow, C. E. (1980). The Conquest of epidemic disease. Princeton, N. J-EUA: Princeton University Press. 463p.
- Wolf, H. W. (1972). Water Pollution Microbiology: The Coliform Count. Nueva York-EUA: Wiley. 765p.
- Wright, R. T. (1978). Measurement and Significance of specific bacteria of natural Water. Applied and Environmental Microbiology, 36: 297-305.