Rev. Costarricense de Salud Pública, 2015, vol. 24: 161-168

Artículo Original

Relación entre la presencia de colifagos en agua para consumo humano, las lluvias y las diarreas agudas en Costa Rica

Relation between coliphages presence in drinking water, rain and acute diarrhea in Costa Rica

Luz Chacón Jiménez[1], Melissa Solano Barquero[2], Kenia Barrantes Jiménez[1], Carmen Valiente Álvarez[3], Darner Mora Alavarado[4], Liliana Reyes Lizano[5], Rosario Achí Araya[5]

[1]M.Sc., Dra., Instituciones Instituto de investigaciones en Salud (INISA) Universidad de Costa Rica, luz.chacon@ucr.ac.cr
[2]Lic., Dra., Instituciones Instituto de investigaciones en Salud, Universidad de Costa Rica
[3]M.Sc., Dra., Laboratorio Nacional de Aguas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA)
[4]M.Sc., Dr., Laboratorio Nacional de Aguas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
[5]Ph.D., Dra., Instituciones Instituto de investigaciones en Salud, Universidad de Costa Rica

Recibido: 24 de abril del 2016 Aceptado: 25 de noviembre del 2016

Resumen

La calidad del agua de consumo es una de las preocupaciones más grandes a las que se enfrentan los entes de salud. En Costa Rica, a pesar de la buena calidad de las fuentes de agua y del agua de consumo, se siguen registrando numerosos casos de diarrea anualmente. En este estudio se realizó un análisis de indicadores de contaminación virales y bacterianos, en dos comunidades del Valle Central con acueducto propio. Se analizaron en total 24 muestras de agua por cada comunidad, durante un año, 12 en la fuente de agua y 12 en el agua tratada. La frecuencia de diarreas en cada comunidad fue comparada con la calidad microbiológica del agua consumida, encontrándose ausencia de indicadores bacterianos en muestras de agua tratada, mientras que la presencia de indicadores virales en el agua de consumo (con cloro residual) se relaciona con un incremento en el número de casos de diarreas, adicionalmente se analizó el comportamiento de las diarreas de acuerdo a la precipitación promedio con el fin de observar posibles patrones de estacionalidad. Estos hallazgos respaldan la necesidad de ampliar el monitoreo de calidad microbiológica del agua con otro tipo de indicadores de contaminación que correlacionen mejor con otros agentes patógenos de transmisión hídrica, principalmente en época seca, periodo en que se observan más casos de diarrea.

Palabras clave: agua potable, coliformes, colifagos, diarrea, cloración, intensidad de precipitación.

Abstract

The quality of potable water is one of the most important issues of public health. In Costa Rica, in spite of having good sources of water and good quality of water for consumption, there continues to be a significant number of diarrhea cases annually. In this investigation, viral and bacterial analyses of indicators of contamination were conducted in two rural communities with their own aqueducts in the Central Valley of Costa Rica. Twenty-four samples were taken from each community during the year; 12 from the water sources and 12 from the treated waters. The frequency of diarrhea in each

community was compared to the microbiological quality of the water being consumed, noting an absence of bacterial indicators in samples of treated water, while the presence of viral indicators in the water (with residual chlorine) were associated with an incremental increase in the number of cases of diarrhea. The analysis also included measurements of average monthly rainfall with the aim of observing possible associations between seasonal conditions and the incidence of diarrhea cases. These findings indicate the need to increase the monitoring of the microbiological quality of the water with other types of indicators of contamination that correlate better with other pathogens transmitted by water, especially in the dry seasons when a greater number of cases of diarrhea are observed.

Key words: potable water, coliforms, coliphages, diarrhea, chlorination, precipitation intensity.

Introducción

En el 2004 la Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que anualmente ocurren 1,8 millones de muertes por diarrea y estima que el 88% de los casos se pueden atribuir a agua no segura, saneamiento inadecuado y poca higiene. Se estima que la optimización de los sistemas de distribución de agua puede reducir la morbilidad por diarrea en un 21% y que la mejora en la calidad del agua potable, por ejemplo la desinfección, contribuye a una reducción de hasta el 45% de los casos[1]. Por estas razones el sistema de distribución del agua, la desinfección y la higiene fueron incluidos como Objetivos del Desarrollo del Milenio (MDGs, por sus siglas en inglés The Millenium Development Goals) y las Naciones Unidas declararon la década 2005-2015 "Water for Life", con el objetivo de desarrollar una agenda a nivel mundial focalizada en temas relacionados con recurso hídrico (1).

El Informe de Situación de Salud de las Américas 2014, señala que para el 2012 la cobertura promedio de fuentes mejoradas de agua potable en las Américas fue de un 96%, con un 88% en áreas rurales y un 98% en área urbana. Costa Rica posee mejores indicadores que el promedio del continente, con una cobertura de fuentes mejoradas de agua potable de 97%, con un 100% en zona urbana y un 91% en zona rural (2). Es importante destacar que aproximadamente 1,5 millones de personas recibe agua de fuentes tipo superficial y únicamente el 11% de este tipo de fuente se considera como de alta calidad (menos de 20 coliformes fecales /100 ml) (3, 4).

En Costa Rica, el Laboratorio Nacional de Aguas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) investigó 115 brotes de diarrea asociados a un posible origen hídrico, ocurridos entre marzo de 1999 y junio del 2005, demostrando que en el 30% de los brotes el agua era bacteriológicamente potable, en el 70% restante se detectó la presencia de coliformes fecales o algún patógeno bacteriano (5).

Espinoza en el 2004 realizó un estudio sobre el comportamiento de la enfermedad diarreica en el país, desde 1998 hasta el 2001, entre sus hallazgos se analiza el comportamiento de la diarrea según las estaciones climáticas, encontrándose que existen dos picos de diarrea, el primero en marzo y el segundo entre junio y julio (6).

Por su ubicación geográfica, entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, el clima de Costa Rica es de tipo tropical, modificado por condiciones propias como el relieve, condición ístmica, influencia oceánica y la circulación atmosférica (7). Manso y colaboradores describen que el régimen de precipitación de Costa Rica presenta dos tipos bien definidos, designados como régimen de la Vertiente del Pacífico (Valle Central) y régimen de la Vertiente del Caribe (incluye la parte

oriental de la provincia de Cartago), ambos caracterizados por una distribución distinta de la estación lluviosa (7).

La Región Central del país se encuentra dividida en dos valles, el Oriental influenciado por el régimen de la vertiente del Caribe y el Occidental influenciado por el régimen de la vertiente del Pacífico (8). Por lo tanto, este estudio consideró dos lugares geográficos representativos del la Región Central, el sitio 1 en Cartago (Valle Oriental) y el sitio 2 en Heredia (Valle Occidental). Ambas regiones tienen diferentes patrones de precipitación, el Valle Oriental no tiene una estación seca propiamente dicha, tiene más días de lluvia que el valle Occidental, sin embargo, su precipitación media es inferior (7,8).

El presente estudio realiza una primera aproximación sobre la relación existente entre la presencia de picos diarreicos, con la presencia de indicadores de contaminación fecal (virales y bacterianos) en agua de consumo y con la precipitación lluviosa en las zonas estudiadas con el fin de mejorar la compresión de la etiología de los de brotes de diarrea asociados a agua y de origen desconocido.

Métodos

En cada uno de los sitios seleccionados para el estudio, se analizó un sistema de tratamientos para la potabilización de agua de fuente superficial. El sitio 1 se ubica en la provincia de Cartago y consiste en una pequeña planta potabilizadora que utiliza un sistema de sedimentación/floculación/desinfección con cloro y de acuerdo a los registros del AyA abastece a 2363 personas. El Sitio 2 se encuentra en la provincia de Heredia, únicamente posee como tratamiento la cloración del agua superficial y de acuerdo a los registros del AyA abastece a 1519 personas. Las muestras de agua fueron recolectadas a la entrada de las estructuras de tratamiento (agua cruda) y después del proceso de cloración (agua tratada).

Los muestreos se realizaron entre octubre del 2013 y mayo del 2014, con el fin de cubrir un período de un año. Cada sitio fue visitado tres días diferentes en un periodo de una semana. Las visitas se programaron de acuerdo a la estación climática: el primer muestreo se realizó durante la estación lluviosa (octubre 2013), el segundo durante la transición de estación lluviosa a seca (noviembre 2013), el tercero en la estación seca (marzo 2014) y por último, el cuarto, en la transición de estación seca a lluviosa (mayo 2014) (Figura1).

Utilizando la técnica de muestreo compuesto (9), acreditada bajo la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005, se tomó una muestra compuesta de un litro de agua (200 ml cada 30 minutos) en botellas ámbar estériles, esta muestra se utilizó para la determinación de coliformes fecales y colífagos somáticos. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Aguas y Alimentos del Instituto de Investigaciones en Salud (INISA) de la Universidad de Costa Rica, a una temperatura entre 4-8 °C y procesadas el mismo día.

La cuantificación de coliformes fecales se realizó mediante la técnica de fermentación de tubos múltiples, de acuerdo al método 9221 descrito por APHA (9) la cual también se encuentra acreditada por la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005. La cuantificación de colifagos somáticos infecciosos se realizó utilizando la cepa hospedera *Escherichia coli* (ATCC 13706), de acuerdo con el método de capa simple de agar, basado en método 9224B de APHA (9) modificado por Solano *et al* (10).

Además, se elaboraron dos canales endémicos, siguiendo las etapas descritas

por Marcelo Bortman (11) y utilizando los datos quinquenales de incidencia de diarreas en las zonas en estudio, suministrados por Dirección Regional de Servicios de Salud de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS). Estos instrumentos permiten relacionar la incidencia de diarreas durante el período de interés, con respecto a su comportamiento histórico, definiendo por medio de cuartiles 4 zonas epidemiológicas: zona de éxito (debajo del cuartil inferior), zona de seguridad (entre el cuartil inferior y la mediana), zona de alerta (entre la mediana y el cuartil superior) y zona epidémica o de brote (por encima del cuartil superior) (11).

Resultados y Discusión

Durante el estudio se recolectó 24 muestras de agua en cada uno de los sitios analizados (12 muestras de agua cruda y 12 muestras de agua tratada). En el Cuadro 1 se muestran los resultados promedio de coliformes fecales y colifagos somáticos para cada punto analizado.

Todas las aguas crudas analizadas demostraron ser de muy buena calidad (de 20 a 1000 NMP/100 ml coliformes fecales) desde el punto de vista bacteriológico (3,4), lo cual indica que estas fuentes de agua son recomendables para su uso en sistemas de distribución. Además, los sistemas de tratamiento son muy efectivos en la eliminación de indicadores bacterianos de contaminación (coliformes fecales) debido a la utilización de cloro como agente desinfectante (12).

En el sitio 1 no se detectó presencia de colifagos somáticos (indicadores virales de contaminación fecal) en las muestras correspondientes a la estación lluviosa, ni en las del período de la transición lluviosa a seca. Sin embargo, las muestras de agua cruda y tratada correspondientes a la época seca y de transición seca a lluviosa, fueron positivas por estos indicadores.

Todas las muestras de agua cruda analizada del sitio 2 fueron positivos por colifagos somáticos, mientras que en el agua tratada, únicamente en la transición de época lluviosa a época seca fue indetectable la presencia de éstos indicadores de contaminación viral.

Los virus han sido caracterizados como agentes patógenos resistentes al proceso de cloración. Shin y Sobsey mostraron que para la inactivación de un virus con cloro se requiere de un proceso controlado con condiciones estables (pH, temperatura, materia orgánica, compuestos químicos presentes, entre otras) del agua y un adecuado pretratamiento de ésta, como lo es la filtración convencional, la filtración directa o la filtración lenta con arena (13). En ambos sitios estudiados estas condiciones no se cumplen, por lo que el agua tratada es vulnerable a la contaminación viral, a pesar de los tratamientos utilizados, como se demuestra con los resultados obtenidos.

En la Figura1 se muestran los canales endémicos de diarrea correspondientes a los dos sitios en estudio, los asteriscos señalan las semanas epidemiológicas en que se realizaron los muestreos.

En el sitio 1 se puede observar un pico de diarreas entre la semana epidemiológica 8 y la 25 (tercera semana de febrero hasta la tercera semana de junio). En el sitio 2 se puede observar que el pico de diarreas se encuentra entre semana epidemiológica 9 y la 23 (última semana de febrero hasta la primera semana de junio). En ambos lugares el periodo de mayor incidencia de diarreas corresponde a la estación seca y al periodo de transición entre época seca y época lluviosa.

Cuadro 1. Indicadores de contaminación fecal en agua de consumo humano de acuerdo con canal endémico en los sitios de muestreo, durante el período junio 2013-mayo 2014.Costa Rica

Época	Semana epidemiológica	Clasificación según corredor endémico	Coliformes fecales (NMP/100 ml)		Fagos somáticos (UFP/100 ml)	
			Cruda	Tratada	Cruda	Tratada
Sitio 1						
Lluviosa	38 (2013)	Alerta	210	ND*	ND*	ND*
Lluviosa-Seca	49 (2013)	Seguridad	350	ND*	ND*	ND*
Seca	8 (2014)	Alerta	30	ND*	1,0	6,3
Seca-Lluviosa	21/22 (2014)	Alerta	63	ND*	0,3	4,7
Sitio 2						
Lluviosa	37 (2013)	Alerta	> 780	ND*	83	5,8
Lluviosa-Seca	47 (2013)	Éxito	540	ND*	4	ND*
Seca	12 (2014)	Brote	180	ND*	13	1
Seca-Lluviosa	21/22 (2014)	Segura	> 580	ND*	2,7	0,7

*No detectable

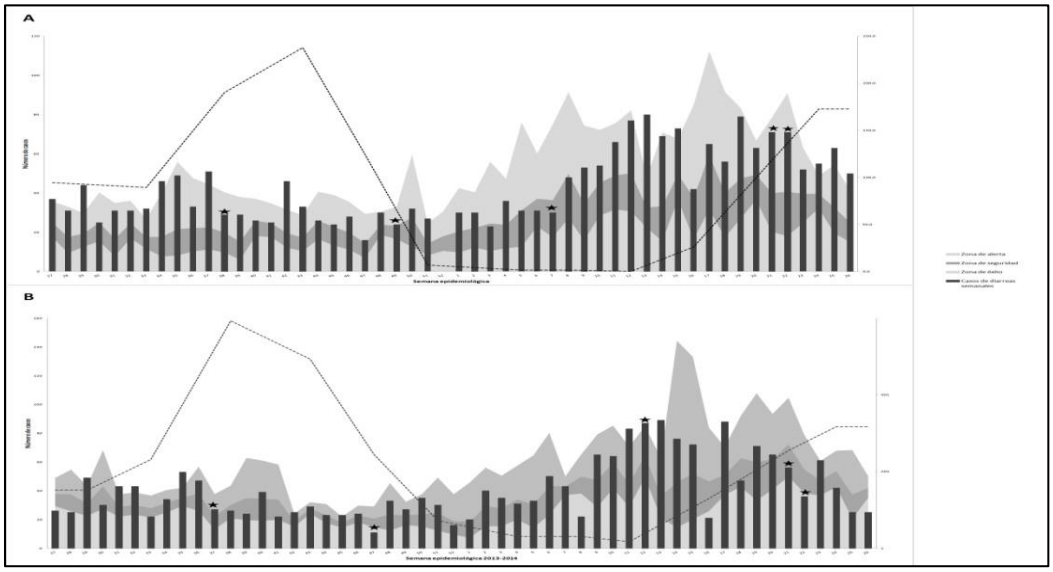


Figura 1. Canales endémicos de diarreas para Sitio 1 (A) y 2 (B) de muestreo y precipitación mensual promedio, durante el periodo junio 2013-mayo 2014

En el sitio 1 es importante destacar que en el periodo de estación seca y de transición entre seca y lluviosa (mayor incidencia de diarreas), las muestras de agua tratada fueron positivas por colifagos somáticos. Como se observa en la Figura 1A estas semanas son clasificadas como semana en alerta epidemiológica.

En el sitio 2, la única semana donde los colifagos somáticos en el agua tratada fueron indetectables correspondió a una semana de éxito epidemiológico en la zona (semana 47). Las otras tres semanas estudiadas se encontraron en zonas de seguridad, alerta e incluso de brote (semana 12) lo cual reafirma que existe una tendencia entre la presencia estos indicadores virales en el agua de consumo y el incremento de casos de diarrea en la población (Figura 1B).

Adicionalmente, en el canal endémico se incluyó la precipitación mensual promedio en las zonas estudiadas, de acuerdo a los datos publicados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) (14). En la Figura 1 (A y B) se observa una clara asociación entre el aumento de casos de diarrea y la disminución de las precipitaciones en las dos zonas estudiadas.

Un metaanálisis realizado por Guzmán Herrador *et al* al. respecto de la determinación de la relación entre la precipitación, la temperatura y las infecciones transmitidas por agua concluye que establecer una correlación es difícil, debido a que la influencia de factores como el tipo específico de microorganismo, región geográfica, estación climatológica, tipo de fuente de agua y tratamiento pueden jugar un papel determinante en la interacción y sobrevivencia de microorganismos, particularmente los virus (15).

Como se mencionó, en Costa Rica hay un porcentaje importante de brotes de diarrea de origen hídrico en los que se desconoce el agente causal. Nuestros hallazgos permiten evidenciar de manera indirecta que los virus y posiblemente los parásitos, podrían ser agentes causales comunes de diarrea en la Región Central de Costa Rica, ya que la desinfección con cloro es menos eficiente para estos grupos microbianos (16, 17). Adicionalmente, dado que la potabilidad del agua se establece únicamente con base en el análisis de indicadores bacterianos, existe un alto porcentaje de brotes clasificado como de origen hídrico en agua tipo potable.

Es necesario el desarrollo de más estudios sobre la eficiencia de los procesos y de las estructuras relacionadas con el tratamiento de aguas para consumo humano en el país, dado que la cloración del agua puede reducir en forma significativa la cantidad de bacterias presentes, sin embargo, desde varias décadas atrás se han identificado grupos bacterianos que pueden sobrevivir en presencia de cloro (18).

En estudio se confirma que aún en el agua tratada por cloración, se puede detectar la presencia de indicadores virales como los colifagos somáticos y que estos se relacionan con el aumento de la incidencia de diarreas en la población de los sitios estudiados por lo cual es posible que se requieran tratamientos adicionales para que las condiciones del agua sean óptimas. La Organización Mundial de la Salud en sus guías para análisis de agua potable indica que la presencia de los colifagos son modelos muy útiles para predecir el comportamiento de virus entéricos y su presencia significa que los procesos de desinfección no son suficientes para la eliminación de virus entéricos (19). Los resultados obtenidos confirman la necesidad de incorporar nuevos indicadores de contaminación para garantizar la inocuidad del agua de consumo. Por último, es recomendable implementar los análisis de riesgo, tanto

en Costa Rica como en aquellos países que no los tengan implementados, dado que la evidencia científica muestra que es imposible lograr un agua de consumo completamente inocua. Los análisis de riesgo permiten identificar cuál es el riesgo aceptable, en otras palabras, cuál es la concentración tolerable máxima de microorganismos que se pueden permitir en un sistema de distribución de agua, sin poner en riesgo la salud de la población (20).

La implementación de controles de calidad de agua más estrictos, el conocimiento de microorganismos presentes, la descripción del comportamiento de diarreas y los estudios de análisis de riesgo, permitirían diseñar estrategias que contribuyan a una disminución significativa en la incidencia de diarreas y otras enfermedades de transmisión hídrica y por lo tanto una mejora en la calidad de vida de la población.

Referencias

1. Lee JW. Water sanitation and hygiene links to health. Organización Mundial de la Salud; 2004. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/factsfigures2005.pdf. Consultado abril 2016.

2. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Enfermedades Transmisibles y Análisis de Salud: Situación de Salud en las Américas: Indicadores Básicos 2014. [Internet]. Washington, D.C: Organización Panamericana de la Salud; 2014 Disponible en: http://www.paho.org/chi/index.php?option=com_content&view=article&id=578:situacion-de-salud-en-las-americas-indicadores-basicos-de-salud-2014&catid=681:publicaciones-y-otros-recursos. Consultado en abril del 2016

3. Mora D, Mata AV, Portuguez C. Calidad microbiológica de las fuentes de agua superficiales utilizadas para abastecimiento de agua potable en Costa Rica. San José: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; 2011. Disponible en: http://www.bvs.sa.cr/AMBIENTE/textos/ambiente09.pdf. Consultado en abril del 2016

4. Decreto Nº 33903 Reglamento para la Evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. 2007. La Gaceta; 2007. Disponible en: http://www.hacienda.go.cr/centro/datos/Decreto/Decretos%2033903-MINAE-S-Reglamento%20para%20Evaluaci%C3%B3n%20y%20Clasificaci%C3%B3n%20de%20Cuerpos%20agua%20Superficiales-La%20Gaceta%20178-17%20SET-2007.pdf. Consultado en abril del 2016

5. Valiente C, Mora D. Estudio bacteriológico del agua asociado a brotes de diarrea en Costa Rica, 1999-2005. Rev Colegio Microb Quim Clin Costa Rica. 2005; 11: 11-14.

6. Espinoza A. Comportamiento de la enfermedad diarreica en Costa Rica, de 1995 al 2001. Rev costarric salud pública. 2004; 13(24)

7. Manso P, Stolz W, Fallas JC. El régimen de la precipitación en Costa Rica. Ambientico. 2005; Setiembre: 7-8.

8. Instituto Meteorológico Nacional. El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica. San José: Ministerio del Ambiente Energía y Telecomunicaciones; 2008. Disponible en: http://es.slideshare.net/Socialesdigital/el-clima-variabilidad-y-cambio-climatico-en-cr). Consultado en abril 2016.

9. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination Water and Wastewater. 22va ed. Washington: United Book Press; 2012

10. Solano M, Chacón L, Barrantes K, Achí R. Implementación de dos métodos de recuento en placa para la detección de colifagos somáticos, aportes a las metodologías estándar. Rev. per. biol. 2012; 19(3): 335-340

11. Bortman M. Elaboración de corredores o canales endémicos mediante planillas de cálculo. Rev Panam Salud Publica. 1999; 5(1)

12. Wierenga J. Recovery of coliformes in presence of free chlorine residual. Journal (American Water Works Association). 1985; 77(11) 83-88

13. Shin GA, Sobsey MD. Inactivation of norovirus by chlorine disinfection of water. Water Res. 2008; 42(17): 4562-4568

14. Historial de Boletines Meteorológicos 2013, 2014. Instituto Meteorológico Nacional; 2013, 2014. Disponible en https://www.imn.ac.cr/27. Consultado en abril 2016

15. Guzman Herrador BR, Freiesleben de Blasio B, MacDonald E, Nichols G, Sudre B, Vold L, Semenza JC, Nygård K. Analytical studies assessing the association between extreme precipitation or temperature and drinking water-related waterborne infections: a review. Environ Health. 2015. Disponible en: http://www.ehjournal.net/content/pdf/s12940-015-0014-y.pdf. Consultado en abril 2016

16. Keswick B, Satterwhite T, Johnson P, DuPont H, Secor S, Bitsura A, et al. Inactivation of Norwalk Virus in drinking water by chlorine. Appl Environ Microbiol. 2005; 50(2):261-264

17. Korich DG, Mead JR, Madore MS, Sinclair NA, Sterling CR. Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monoclhoramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability. Appl Environ Microbiol. 1990; 56(5): 1423-1428

18. LeChevallier M, Evans TM, Seidler RJ. Effect of turbidity on chlorination efficiency and bacterial persistence in drinking water. Appl Environ Microbiol. 1981; 42(1): 159-167

19. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality: Recomendations. 3ra ed. Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data; 2004

20. Szewzyk U, Szewzyk R, Manz W, Schileifer K-H. Microbial safety of drinking water. Annu Rev Microbiol. 2000; 54:81-127