

Artículo original

Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011

Kenia Barrantes*, Luz María Chacón, Melissa Solano, Rosario Achí

Sección Infección-Nutrición, Instituto de Investigaciones en Salud (INISA), Universidad de Costa Rica.

Recibido 24 de abril de 2012; aceptado 13 de diciembre de 2012

Resumen: La contaminación fecal de las aguas superficiales es un problema importante para la salud pública, dada la transmisión de microorganismos patógenos. Se estima que las poblaciones ubicadas cerca de costas, ríos o lagos con elevada contaminación fecal, tienen mayor riesgo de desarrollar enfermedades infecciosas gastrointestinales. En esta investigación se analizó durante un año, la contaminación fecal en las aguas superficiales de la microcuenca del río Purires, ubicada en una zona de alta densidad poblacional en Costa Rica. En el 100% de las muestras se detectó contaminación fecal, siendo el punto de muestreo 3 el que mostró los niveles más altos, en promedio $2,2 \times 10^4$ Número Más Probable(NMP)/100 mL. Aunque los puntos 1 y 2 presentaron menor contaminación fecal, en promedio $6,4 \times 10^2$ NMP/100 mL y $6,3 \times 10^3$ NMP/100 mL respectivamente, estos valores indican también mala calidad de las aguas. Con estos resultados se pretende llamar la atención sobre la problemática ambiental de alta contaminación fecal en las aguas superficiales de esta microcuenca. Esta información es un insumo para desarrollar acciones de control sobre las fuentes de contaminación que afectan la calidad de las aguas y por ende, la salud de las poblaciones ubicadas en su cercanía.

Palabras clave: agua superficial, ensayos acreditados, coliformes fecales, *Escherichia coli*.

Fecal contamination of the superficial water of the microbasin of Rio Purires, Costa Rica, 2010-2011

Abstract: Fecal contamination of the superficial waters is an important public health problem due to the presence of pathogenic microorganisms. It has been estimated that populations located close to coasts, rivers or lakes with an elevated fecal contamination have a higher risk of developing communicable gastrointestinal diseases. This investigation analyzed the fecal contamination of the superficial waters of the microbasin of the Rio Purires, located in a highly populated area of Costa Rica. Fecal contamination was detected in 100% of the samples, and sample point 3 was the one that showed the highest levels, with an average of 2.2×10^4 Most Probable Number (MPN)/100mL. Even though points 1 and 2 presented a lower fecal contamination, an average of 6.4×10^2 MPN/100mL and 6.3×10^3 MPN/100mL, respectively, these values also indicate low quality water. With these results we intend to alert regarding the problem of a high fecal contamination of superficial waters of this microbasin. This information is an input for developing control actions over the contamination sources which compromise the quality of water and, therefore, the health of the populations located in its vicinity.

Keywords: superficial water, accredited tests, coliform fecal, *Escherichia coli*.

* Correspondencia:

E-mail: kenia.barrantes@ucr.ac.cr

Introducción

La contaminación fecal de las aguas superficiales es un problema que incide directamente en la salud humana dada la transmisión de microorganismos patógenos como virus, bacterias, protozoarios y otros parásitos [1-3]. En la mayoría de los casos, la transmisión de estos microorganismos ocurre por la vía fecal-oral, especialmente por la ingesta de agua

contaminada [3]. Otras vías de transmisión importantes incluyen también la inhalación o aspiración de microgotas de agua y la exposición directa por contacto, de piel y membranas mucosas, durante actividades de tipo recreativo [1,3].

En el caso de la transmisión por contacto, el riesgo de infección con patógenos presentes en las aguas contaminadas aumenta de acuerdo al grado de exposición. En actividades

como la natación o el buceo, hay un alto riesgo de transmisión de microorganismos patógenos por medio del contacto con la piel y membranas mucosas, además de probabilidad de inhalar accidentalmente e incluso, ingerir agua [3].

Una de las infecciones relacionadas con este tipo de transmisión es la schistosomiasis [3,4]. Esta enfermedad se produce cuando la forma larval del parásito *Schistosoma* spp., está presente en el agua y penetra la piel de una persona, produciendo al final del ciclo, una infección intestinal, hepática o urinaria, dependiendo de la especie infectante (*S. mansoni*, *S. japonicum* o *S. haematobium*) [4].

También se ha asociado a infecciones de alta mortalidad como la meningitis y meningoencefalitis, por inhalación de microgotas de agua contaminadas con amebas de vida libre de los géneros *Naegleria* y *Acanthamoeba* [5, 6].

Por otro lado, algunas investigaciones han determinado que las poblaciones ubicadas cerca de costas, ríos o lagos con elevada contaminación fecal, están en riesgo de desarrollar otro tipo de enfermedades infecciosas [7-12]. En algunos de estos estudios se indica que la frecuencia de síntomas gastrointestinales en la población expuesta a aguas contaminadas muestra una relación estadística con el valor de coliformes fecales y *Escherichia coli* presentes en el agua, e incluso, con la presencia de patógenos específicos [8,10]. El indicador más significativo entre la exposición a aguas ambientales y riesgo de enfermedad es *E. coli*, mientras que en el caso específico de aguas costeras, la mejor correlación ha sido encontrada mediante la detección de *Enterococcus*/estreptococos fecales [10].

En Costa Rica, los estudios realizados a las aguas superficiales de las principales cuencas hidrográficas, han mostrado alta contaminación microbiana [13,14]. La principal contaminación orgánica es provocada por la descarga de aguas residuales domésticas no tratadas a los cuerpos de agua; sin embargo, otras causas de contaminación que no se deben subestimar son escorrentías y descargas orgánicas, producto del beneficiado de café, la utilización de tanques sépticos hasta en un 77% de la población, además de la erosión por efecto de la deforestación, lo que contribuye a aumentar la turbiedad en aguas superficiales [14].

La microcuenca del río Purires, ubicada en la provincia de Cartago, en Costa Rica es un afluente importante de la cuenca del río Reventazón, considerada como la segunda cuenca hidrográfica en orden de importancia en este país y cuenta con múltiples zonas de impacto [13]. El manantial del río, ubicado en la zona alta, abastece el Acueducto Rural de El Guarco, en Cartago. Aunado a la actividad agrícola y porcina de la microcuenca, existen asentamientos urbanos que generan descargas de desechos, con la consiguiente contaminación de las zonas río abajo [13]. El uso inapropiado del recurso hídrico, así como de otros recursos naturales en esta microcuenca, se origina a partir de la dinámica poblacional del área que presenta problemas de pobreza [12,15]. Lo anterior ha conllevado un accionar por parte de entidades como el Programa de Gestión Ambiental Integral de la Universidad de Costa Rica (ProGAI), que desarrolla proyectos participativos en la microcuenca, a fin

de recuperar los recursos naturales de esta zona [15, 16]. Sin embargo, a pesar del grado de participación y compromiso por parte de la comunidad circundante a la microcuenca, existen problemas de contaminación del recurso hídrico, que van en detrimento de los ecosistemas asociados lo cual puede afectar la salud de las poblaciones del cantón del Guarco, ubicadas en esta microcuenca.

Por lo anterior, esta investigación analizó la calidad de las aguas superficiales del río Purires por medio de indicadores bacteriológicos como los coliformes fecales y *E. coli*, con el propósito de generar información sobre el grado de contaminación fecal del río. Se estudió tres zonas distintas de la microcuenca, a fin de comparar y obtener información específica de cada área, dado que los impactos son múltiples y caracterizan distintas áreas a lo largo del río.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio y puntos de muestreo: La microcuenca del río Purires se localiza en la parte alta de la cuenca del río Reventazón, entre los 83°55' longitud oeste y de 9°48' a 9°54' latitud norte, y se ubica en los cantones de El Guarco y Cartago, provincia de Cartago, Costa Rica (Figura 1). El área de la microcuenca es de 76,25 km², con un perímetro de 38,79 km y una longitud de río de 14,4 km. Su elevación máxima es de 2.200 msnm y su mínima es de 1.380 msnm [12].

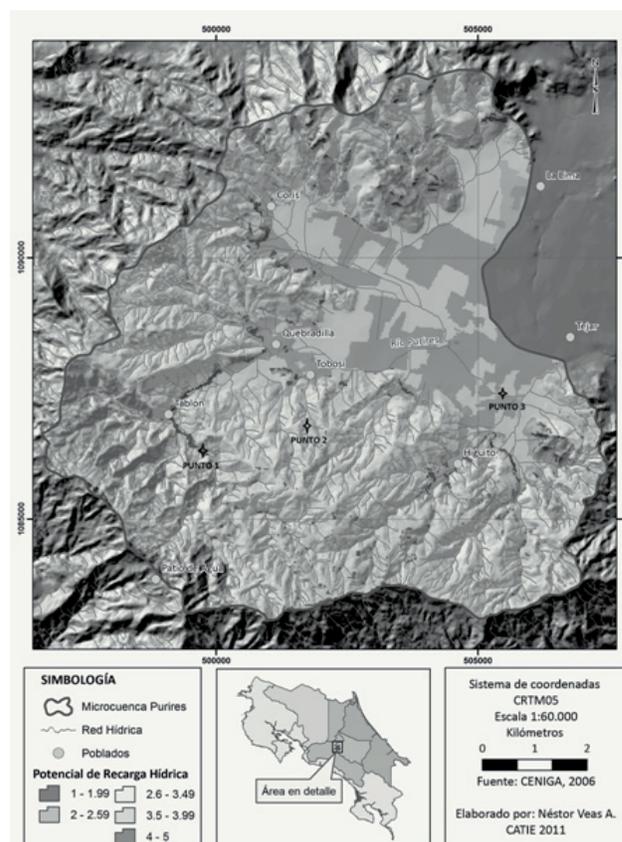


Figura 1. Mapa de la microcuenca del río Purires y puntos de muestreo. Mapa proporcionado por ProGAI-UCR.

Esta microcuenca se considera como compleja, debido a que reúne actividades industriales, agrícolas y centros de población importantes [12,16]. Las actividades agrícola y ganadera se concentran en la zona alta, en donde además se desarrollan actividades industriales dedicadas al procesamiento de alimentos y a la fabricación de cerámica. En la zona baja se encuentran los asentamientos humanos y cultivos de plantas para la exportación, además de la Zona Industrial de Cartago, ubicada muy cerca del río Coris, afluente de la microcuenca en estudio [16]. Algunos estudios han demostrado que en la zona alta de la microcuenca, el principal aporte de contaminantes que influye en la calidad de las aguas son los sedimentos, provenientes del efecto de erosión sobre los suelos. El segundo aporte de contaminación es la materia fecal y las aguas jabonosas provenientes de la población localizada en su parte alta [12,16].

Para evaluar la presencia de contaminación fecal en las aguas superficiales de esta microcuenca, se dividió la zona en tres puntos de muestreo, considerados como representativos de las actividades que aquí se desarrollan y de fácil acceso; se excluyó el punto correspondiente al manantial del río, considerado como una zona montañosa de difícil acceso.

El muestreo se realizó mensualmente, de septiembre del 2010 a agosto del 2011, de modo que se incluyera en este lapso la época seca, que abarcó los meses de diciembre 2010 y enero a abril de 2011, y la época lluviosa, que incluyó los meses de septiembre a noviembre de 2010 y mayo de 2011.

Las muestras fueron recolectadas en los siguientes puntos, conforme se observa en la figura 1: Zona de Tablón arriba, denominada como punto 1, que correspondió a la zona de mayor altura (E04961474 y N00419670), ubicado en el distrito de Tobosi. Este punto se caracteriza por la actividad agrícola, con abundantes cultivos de hortalizas.

Zona de Tablón abajo, denominada como punto 2, ubicado en el distrito de Tobosi (E04961070 y N00420483), es una zona de altura intermedia y en la que se observó mayor densidad poblacional, dada la presencia de viviendas en las márgenes del río, aunado a actividad agrícola y ganadería.

Finalmente, la zona de Guayabal, denominada como punto 3, ubicado en el distrito de El Tejar, cabecera del cantón del Guarco (E04968009 y N00421149), que correspondió a la zona de menor altura. Es una zona urbana, con alta densidad de población e industria ubicada muy cerca de las márgenes del río.

Muestreo y transporte de muestras: En cada punto de muestreo, se recolectó muestras por triplicado utilizando botellas esterilizadas, color ámbar con tapa de rosca, las cuales fueron transportadas en un lapso no mayor de 4 horas, al laboratorio de Microbiología de Alimentos y Aguas del INISA y analizadas el mismo día del muestreo.

Métodos de análisis y bacterias utilizadas: En todas las muestras se cuantificó coliformes fecales y *E. coli* por la técnica de Número Más Probable (NMP/100 mL) [17]. Tanto estos ensayos como el procedimiento de muestreo,

se encuentran acreditados en el INISA bajo la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA). Todas las muestras fueron analizadas por separado.

Para la cuantificación de coliformes y *E. coli*, se inoculó tubos con 9 mL de caldo lauril triptosa (OXOID) y campana Durham en series de 5, en un rango de 10 mL de muestra/tubo hasta 10^{-4} de muestra/tubo. Posteriormente se realizó una incubación por 48 h a 35 °C, al término de la cual, los tubos que mostraron turbidez y gas, fueron inoculados de nuevo en 5 mL de caldo EC-MUG (OXOID) para el análisis de coliformes fecales y *E. coli*. Este medio se incubó a 44,5 °C por 24 h. Se consideró como positivos para coliformes fecales los tubos que mostraron turbidez, gas y adicionalmente, para *E. coli*, fluorescencia con luz UV.

La cuantificación se realizó con base a la tabla de NMP/100 mL para series de 5 tubos, de acuerdo con cada protocolo de ensayo [17].

Como control positivo se utilizó *E. coli* ATCC 25922 y como control negativo *Salmonella enterica* serovariedad Enteritidis ATCC 13076.

Análisis estadístico y evaluación de la calidad del agua: Para el análisis de las variables coliformes fecales, *E. coli*, mes, época seca y época lluviosa, se utilizó el paquete estadístico STATISTICA 5.1, programa BASIC STATISTICS. Debido a que las variables métricas no mostraron normalidad, se procedió a analizar los datos por medio de una técnica de análisis de varianza no paramétrica, el ANOVA de rangos de Kruskal-Wallis. Para este análisis se utilizó el valor de NMP/100 mL de cada muestra por separado, para un total de 33 valores por cada parámetro bacteriológico, para cada punto de muestreo, mes y época del año.

La calidad del agua para cada punto de muestreo se clasificó en categorías, conforme al reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales [18].

Resultados y discusión

Cuantificación de coliformes fecales y E. coli: En las figuras 2 y 3 se observan los resultados, expresados como el promedio geométrico de los valores obtenidos por triplicado, mensualmente durante un año, según punto de muestreo. En el 100% de las muestras, se detectó contaminación fecal. Las concentraciones más altas, tanto de coliformes fecales como *E. coli*, correspondieron a la zona de Guayabal o punto 3, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$; nivel de confianza: 95%) independientemente del mes del muestreo o de la época del año.

Conforme al actual reglamento para la evaluación y clasificación de los cuerpos de agua superficiales y el valor de coliformes fecales, se observó que el punto 1 mantuvo una calidad de agua clase 2 (20 a 1.000 NMP/100 mL) entre octubre de 2010 y mayo de 2011. La clase 2 significa que el agua puede utilizarse para abastecimiento para consumo humano y producción de alimentos previo tratamiento

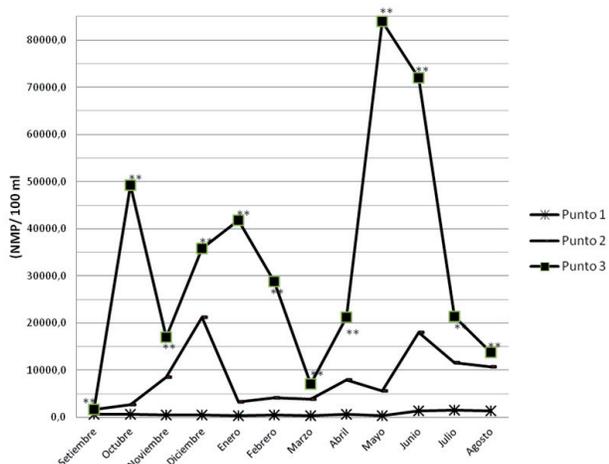


Figura 2. Promedio geométrico de coliformes fecales (NMP/100 mL) en los puntos 1, 2 y 3 de la microcuenca del Río Purires, Costa Rica, 2010-2011. ** ($p < 0,05$) NC= 95%; prueba de Kruskal-Wallis.

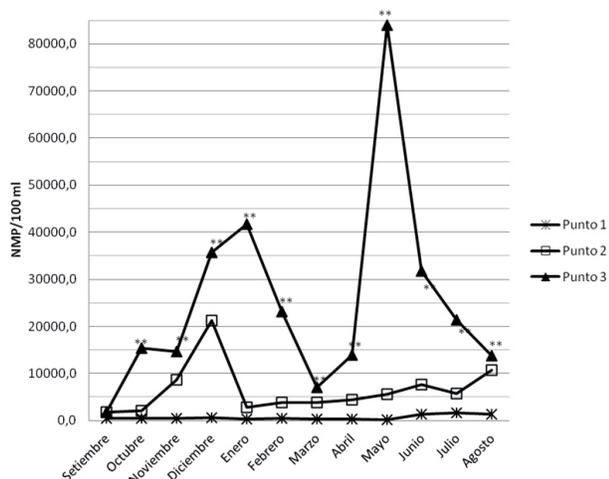


Figura 3. Promedio geométrico de *Escherichia coli* (NMP/100 mL) en los puntos 1, 2 y 3 de la microcuenca del Río Purires, Costa Rica, 2010-2011. ** ($p < 0,05$) NC= 95%; prueba de Kruskal-Wallis.

convencional de desinfección. Sin embargo, a partir del mes de junio hasta agosto de 2011, la calidad correspondió a clase 3 (1.000 a 2.000 NMP/100 mL), lo cual implica que la utilización de este recurso para los mismos propósitos puede darse siempre y cuando se dé un tratamiento avanzado de desinfección [18].

El punto 2 fluctuó entre calidad clase 4 (2.000 a 5.000 NMP/100 mL) y clase 5 (más de 5.000 NMP/100 mL), con un incremento mayor en la concentración de coliformes fecales entre junio a agosto del 2011, mientras que el punto 3 mostró una calidad del agua clase 5 durante todos los meses de muestreo, mostrando un incremento en la concentración de coliformes fecales durante mayo a junio del 2011. Las clases 4 y 5 significan que el agua es prácticamente un recurso inútil para el desarrollo de actividades humanas e industriales, dada su alta carga de contaminación fecal. No se recomienda su uso para abastecimiento o consumo, producción de alimentos, actividades industriales, recreativa, agropecuaria, riego, acuicultura ni protección de comunidades acuáticas [18].

El incremento en la concentración de coliformes fecales se observó mayormente durante la época lluviosa, en los meses de mayo y junio. El punto 3 presentó valores promedio de coliformes fecales y *E. coli* de hasta $8,4 \times 10^4$ NMP/100 mL. En otros estudios se ha detectado una variación estacional en aguas ambientales, específicamente en ríos y costas, con mayor concentración de coliformes fecales durante la época lluviosa que durante la época seca [19-24]. Lo anterior se ha asociado al fenómeno de surgencia, por efecto de las precipitaciones en el movimiento de las masas de agua, lo que contribuye con un aumento en la entrada y resuspensión de estos indicadores en el agua [21, 22]. Esto podría explicar en parte los resultados obtenidos, en donde los meses de mayor precipitación, en este caso junio y julio del 2011, se corresponden con los niveles más altos tanto de coliformes fecales como *E. coli* para los tres puntos de muestreo. Este fenómeno se ha observado en otros estudios y se han propuesto modelos estadísticos hidrológicos, en donde la concentración de *E. coli* en aguas superficiales se incrementa de forma lineal con el volumen de precipitaciones en una región particular [23].

Por otro lado, el punto 3 correspondiente a Guayabal, es la zona más baja y se ubica en el distrito de El Tejar, que es la cabecera del cantón de El Guarco. En esta zona se ha desarrollado una fuerte expansión urbana [12]. Para el 2011, este distrito tuvo una población estimada de 20.809 habitantes, lo cual constituyó casi el 70 % de la población total del cantón del Guarco, mientras que el distrito de Tobosi, constituyó el 17% de la población total para el mismo año [25].

La cercanía de estos asentamientos poblacionales a la microcuenca pudiera implicar un mayor riesgo de morbilidad por enfermedades infecciosas como la diarrea, acorde con resultados de otros estudios realizados en la cuenca del río Grande de Tárcoles [8,13,14]. Esta cuenca se considera como la de mayor importancia dada la cantidad de población ubicada en la zona, así como industrias, agroindustrias y actividad turística establecida [13,15,26]. En el estudio anterior [8], se observó que las poblaciones que habitan las zonas más bajas de la cuenca del río Grande de Tárcoles, tienen mayor probabilidad de enfermarse por diarrea y gastroenteritis infecciosa, en relación a las poblaciones que habitan las zonas intermedias y altas de esta cuenca. Lo anterior ocurre por efecto de una mayor exposición a un ambiente en donde predominan contaminantes del agua y del suelo presentes por procesos acumulativos y de sedimentación [8]. Esta situación es particularmente importante en los grupos de la población que son más vulnerables a la morbilidad y mortalidad por enfermedades infecciosas como la diarrea y que pueden ubicarse en los territorios de mayor rezago socioeconómico, como el caso de las poblaciones ubicadas en la parte media y en las llanuras de esta cuenca, así como por el uso del agua con fines agrícolas y la contaminación de alimentos y agua para consumo humano [8,15]. En el caso de la microcuenca del río Purires, la mayor densidad poblacional y de industria se ubica precisamente en una zona más baja,

en donde frecuentemente ocurren inundaciones durante la época lluviosa, lo cual aumenta la exposición directa de la población a las aguas contaminadas [16].

Es importante considerar además, que aunque los niveles de contaminación fecal en los demás puntos de muestreo, como Tablón arriba y Tablón abajo, fueron menores a la zona de Guayabal, estos valores siguen siendo considerablemente altos, fluctuando entre clase 2 hasta clase 4. Por otro lado, los valores sobrepasan lo recomendado por organismos reguladores internacionales, como la Agencia de Protección Ambiental en EEUU (USEPA por sus siglas en inglés) y el Ministerio de Salud de Canadá (Health Canada), los cuales establecen como valores máximos 126 NMP/100 mL en el caso de USEPA y 200 NMP/100 mL, en Canadá [27,28]. Los valores de coliformes fecales y *E.coli* en los puntos de muestreo Tablón arriba y Tablón abajo fueron de 220 a 1.600 NMP/100 mL y de 2.000 a 2.1000, respectivamente.

Los puntos Tablón arriba y Tablón abajo se ubican en una zona de mayor altura, en donde predomina el cultivo de hortalizas, chile, tomate, papa, entre otros [13]. Es importante mencionar que durante los muestreos realizados en la época seca, se observó el uso de sistemas de irrigación de hortalizas como lechuga, a partir del agua superficial de la microcuenca en el punto 1. La irrigación de hortalizas, frutas y otros alimentos de consumo crudo con agua contaminada con materia fecal, como es el caso de las muestras de agua del punto 1, significa un riesgo para la salud de las personas, por cuanto se favorece la transmisión de agentes infecciosos causantes de diarrea. Estudios anteriores realizados en el INISA han detectado contaminación fecal en alimentos de consumo crudo, como la lechuga, a nivel de productores de la zona de Cartago, San José y en expendios de vegetales del Gran Área Metropolitana de Costa Rica [29]. Esta contaminación se asocia a la irrigación con agua con materia fecal, a lo cual se adiciona la manipulación y almacenamiento inadecuados por parte de los intermediarios [29,30]. Por otro lado, el consumo de agua contaminada también se relaciona con la aparición de brotes de diarrea, siendo esta situación frecuente en Costa Rica, en donde se detecta *Shigella*, *Salmonella* y serovariantes patógenas de *E.coli*, entre otros, como agentes causales comunes [31,32].

Los resultados del presente estudio ponen en evidencia la problemática ambiental de la contaminación fecal elevada en las aguas superficiales de la microcuenca del río Purires. La presencia de altas concentraciones de coliformes fecales y *E.coli*, particularmente en zonas con alta densidad poblacional, implican un riesgo para la salud dada la transmisión de microorganismos patógenos para el ser humano.

Estos resultados concuerdan con otras investigaciones realizadas en otras cuencas importantes en este país [8,11,14], lo cual señala la necesidad de desarrollar estudios de tipo epidemiológico, en los que se analicen los riesgos de morbilidad y/o mortalidad debida a la exposición o cercanía de la población a distintos sectores de esta microcuenca.

Se concluye entonces que, las aguas superficiales

de la microcuenca del río Purires, mostraron una alta contaminación fecal durante el período septiembre de 2010 a agosto de 2011, de acuerdo a los resultados de coliformes fecales y *E.coli* obtenidos en este estudio. El punto de muestreo con mayor contaminación, con categoría de calidad de agua clase 5, se ubicó en la zona más baja de esta microcuenca, con mayor densidad poblacional. Dicha información es un insumo para desarrollar acciones de control específicas para cada una de estas zonas geográficas, con el fin de controlar las fuentes de contaminación que afectan la calidad de las aguas y por ende, la salud de las poblaciones ubicadas en su cercanía.

Referencias

1. World Health Organization. Water recreation and disease. London: IWA Publishing; 2005.
2. World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1. Coastal and fresh water. 2003. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe1/en. Acceso 04 de enero 2012.
3. Havelaar A, Blumenthal U. Guidelines: the current position. In: Fewtrell L and Bartram J, editors. World Health Organization. Water quality: guidelines, standards and health. London: IWA Publishing; 2001, p. 17-40.
4. Han Z, Brindley P, Wang S, Chen Z. *Schistosoma* genomics: New perspectives on *Schistosoma* biology and host-parasite interaction. Annu Rev Genomics Hum Genet. 2009. 10:211-40.
5. Heggie TW. Swimming with death: *Naegleria fowleri* infections in recreational waters. Travel Med Infect Dis. 2010; 8:201-6.
6. Ahmed Khan N. *Acanthamoeba*: biology and increasing importance in human health. FEMS Microbiol Rev. 2006; 30:564-95.
7. Djuikom E, Njine T, Nola M, Sikati V, Jugnia L.B. Microbiological water quality of the Mfoundi River watershed at Yaoundé, Cameroon, as inferred from indicator bacteria of fecal contamination. Environ Monit Assess. 2006; 122:171-83.
8. Chamizo H, Mora D. Estudio ecológico de las enfermedades de transmisión hídrica en la cuenca hidrográfica superficial del río Grande de Tárcoles. Rev Costarric Salud Pública. 2006; 29:8-23.
9. Prus A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. Int J Epidemiol. 1998; 27:1-9.
10. Soller J, Schoen ME, Bartrand T, Ravenscroft JE, Ashbolt NJ. Estimated human health risks from exposure to recreational waters impacted by human and non-human sources of faecal contamination. Water Res. 2010; 44:4674-91.
11. Chamizo HA, Orias L. El ambiente y las enfermedades de transmisión hídrica en la cuenca del Río Grande de Tárcoles, Costa Rica. Rev Costarric Salud Pública. 1999; 8(15):1-9.
12. Programa de Gestión Ambiental Integral (ProGAI), Universidad de Costa Rica. Diagnóstico de la situación de la Microcuenca del Río Purires. 2007. Disponible en: <http://www.ekeau.org/compurires/DiagnosticoPurires.pdf>. Acceso 05 de diciembre 2011.
13. Astorga Y. Recurso aguas superficiales y subterráneas con énfasis en las principales cuencas hidrográficas. Informe final. Décimo tercer informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Disponible en: <http://www.estadonacion.or.cr/index.php/biblioteca-virtual/costa-rica/estado-de-la-nacion/ponencias/928-informe-xvi-gestion-del>

- recurso-hídrico. Acceso: 07 de diciembre, 2011.
14. Mora D. Calidad microbiológica de las aguas superficiales en Costa Rica. Rev Costarric Salud Pública. 2004; 13:1-14.
 15. Blanco P. Los esfuerzos por salvar un río. Suplemento CRISOL N° 249. Oficina de Divulgación e Información. Universidad de Costa Rica. Agosto, 2011. Disponible en: <http://www.odi.ucr.ac.cr/medios/documentos/suplemento-crisol/Crisol249.pdf>. Acceso: 30 de enero 2012.
 16. Zuñiga, J. Metodología para la determinación de la estabilidad de un río. (Caso del Río Purires). Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. 1993.
 17. Hunt E M, Rice WE. Part 9000. Microbiological examination. In: Eaton A, Clesceri L, Rice EW, Greenberg A, Franson MA editors. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association; 2005, 9221E-9221F.
 18. Poder ejecutivo, Costa Rica. Decreto N° 33903-MINAE-S. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. La Gaceta, N° 178, lunes 17 de setiembre de 2007.
 19. Bullock CA, Moonesar I. Potential sources of bacteriological pollution for two bays with marinas in Trinidad. Rev Biol Trop. 2005; 53 Suppl 1:S91-103.
 20. Ramos-Ortega LM, Vidal LA, Vilardy S, Saavedra-Díaz L. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta Biol Colomb. 2008; 13(3): 87-98.
 21. Chiroles S, González MI, Tórres T, Valdés M, Domínguez I. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en aguas del río Almendares (Cuba). Hig San Amb. 2007; 7:222-7.
 22. Rivas K, La Barbera A, Carpio M, Villaruel E, Vásquez E, Graziani C. Caracterización de la calidad del agua en áreas potenciales para acuicultura en la costa sur del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Proceedings of the 62th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. November 2-6, 2009. Cumaná, Venezuela.
 23. Coulliette AD, Money ES, Serre ML, Noble RT. Space/time analysis of fecal pollution and rainfall in an Eastern North Carolina Estuary. Environ Sci Technol. 2009; 43:3728-35.
 24. Konan KS, Kouassi AM, Adingra AA, Gnakri D. Spatial and temporal variation of fecal contamination indicators in Grand-Lahou lagoon, Cote d'Ivoire. J Appl Biosci. 2009; 23:1422-35.
 25. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Población total proyectada según provincia, cantón y distrito 2000-2015. Disponible en: <http://www.inec.go.cr/Web/Home/GeneradorPagina.aspx>. Acceso 05 de diciembre 2011.
 26. Programa Estado de la Nación. Décimo tercer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Capítulo 4: Armonía con la Naturaleza. San José, Costa Rica: El Programa LIL S.A.; 2007.
 27. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Recreational Water Quality Criteria. Disponible en: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/health/recreation/index.cfm>. Acceso: 10 de enero 2012.
 28. Lèvesque B, Gauvin D. Microbiological guideline values for recreational bathing in Canada: time for change? Can J Infect Dis Med Microbiol. 2007; 2:153-7.
 29. Barrantes K, Achí R. Calidad microbiológica y análisis de patógenos (*Shigella* y *Salmonella*) en lechuga. Rev Soc Ven Microbiol. 2011; 31:33-6.
 30. Barrantes K, Bolaños S, Achí R, Cortés X. Calidad microbiológica y aislamiento de *Shigella flexneri* en vegetales frescos del Área Metropolitana de Costa Rica, 2001-2002. Boletín Avances de Investigación en Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN). 2006; ME/11: 42-8
 31. Barrantes K, Pardo V, Achí R. Brote de diarrea asociado a *Shigella sonnei* debido a contaminación hídrica, San José, Costa Rica 2001. Rev Costarric Cienc Med. 2004; 25:15-22.
 32. Valiente C, Mora D. Estudio bacteriológico del agua asociada a brotes de diarrea en Costa Rica, 1999-2005. Revista AIDIS. 2007; 1:1-8.