

Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río San Carlos.

Se utilizan coliformes como indicadores de contaminación

Zaire González Carranza¹

Resumen

El agua es parte integral de los ecosistemas y constituye un recurso de vital importancia para el desarrollo económico y social de los pueblos. La contaminación de los recursos hídricos es un problema de gran trascendencia en nuestro país; diferentes aspectos como el crecimiento demográfico, actividades agrícolas, ganaderas, industriales, turísticas y la mala disposición de las aguas residuales han venido a agravar el problema.

Para evaluar la calidad del agua en la cuenca del río San Carlos se utilizaron coliformes totales y coliformes fecales como indicadores de contaminación. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis Químico y Microbiológico del ITCR, SSC, mediante la técnica de fermentación de tubos múltiples (NMP/100ml). Se evaluaron diez puntos de muestreo,

donde en promedio el río Platanar presenta los niveles más altos de contaminación, y no se recomienda la utilización de sus aguas para ninguno de los fines contemplados en la legislación (Reglamento para la calidad del agua potable). El río Peñas Blancas presenta el menor grado de contaminación y sus aguas pueden destinarse a diferentes usos (riego de árboles frutales, navegación, piscicultura, etc.). Los resultados muestran que, en mayor o menor grado existe contaminación de origen fecal en todos los puntos evaluados, por lo que es urgente tomar medidas para determinar las fuentes contaminantes y así buscar alternativas que permitan disminuir los niveles de contaminación a lo largo de la cuenca del río San Carlos.

Justificación

El agua constituye un recurso imprescindible para la vida, el desarrollo socioeconómico, industrial, agrícola, cultural y ecológico de una región.

¹ Escuela de Ciencias y Letras. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos. Proyecto: Evaluación ambiental para un manejo sostenible de la cuenca del río San Carlos. E mail: zaire@costarricense.cr

Debido a la problemática que se presenta en los países en vías de desarrollo en cuanto a la disponibilidad de este recurso para diferentes usos, se plantea realizar una evaluación de la calidad del agua de la cuenca del río San Carlos, utilizando el grupo *coliforme* como indicador de contaminación.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su informe “Perspectivas para el Medio Ambiente 2000” indica que en muchas partes del mundo en desarrollo se ha venido dando una degradación progresiva de los recursos renovables, principalmente los bosques, el suelo y el agua.

Costa Rica, como el resto del continente americano, no es la excepción respecto a la escasez y contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Las actividades agropecuarias, industriales y mineras; el acelerado crecimiento demográfico; los sedimentos provenientes de la erosión del suelo; la enorme tala de las últimas décadas, especialmente en las partes altas de las cuencas; la descontrolada descarga de aguas negras sin tratamiento; la nula o pésima planificación territorial y urbana y la mala disposición de los residuos urbanos sólidos han empeorado la situación (World Health Organization, 1993; Astorga *et al.*, 2000; Bifani, 1997; Proyecto Estado de la Nación, 1999).

Considerando que la salud debe colocarse en el centro de las inquietudes sobre el ambiente y el desarrollo (Organización Mundial de la Salud, 1994) y que son muchas las enfermedades que se transmiten por el agua o están relacionadas con ella, es que una evaluación de la calidad del agua tomando en cuenta como indicador al grupo coliforme toma relevancia. A los ríos se vierten directamente grandes volúmenes de

aguas residuales, lo que genera que muchos sitios queden inhabilitados como lugares de baño por los riesgos potenciales que presenta el contacto con aguas contaminadas para la salud, referidos principalmente a afecciones conjuntivales, nasales, ópticas, epidérmicas y gastrointestinales, de etiología en ocasiones bacteriana, vírica, protozoaria o fúngica (Mora, 1997). Enfermedades diarreicas, hepatitis A, salmonelosis, gastroenteritis, amibiasis, giardiasis, fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea, cólera, disentería y polio (Valiente y Mora, 2000) son solo algunas de las que podríamos mencionar.

La contaminación del agua se debe a la incorporación de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos deteriora la calidad de la misma y la hacen inútil para los usos pretendidos, sin olvidar el daño ecológico que se genera.

En la Agenda 21 (United Nations, 1999), se indica que las aguas residuales sin tratamiento constituyen uno de los factores que más influyen en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, afectando no solamente los ecosistemas acuáticos sino también los terrestres que dependen de esos cuerpos de agua. Los cuerpos de agua contaminados pueden afectar directamente a las poblaciones rurales e incidir indirectamente en la salud pública de los residentes urbanos por medio de los productos agrícolas procedentes del campo.

La escasez extensa, la destrucción gradual y la contaminación agravada de recursos de agua dulce, junto al desarrollo progresivo de actividades incompatibles, exigen planear estrategias que permitan lograr un desarrollo socioeconómico mediante actividades humanas dentro de los límites de la capacidad de la naturaleza y combatiendo vectores de enfermedades relacionadas con el agua (United Nations, 1999).

Existen diversas características o criterios analíticos bien definidos que pueden utilizarse para la evaluación de la calidad del agua, pero dentro de estos y debido a su importancia destacan los criterios microbiológicos, los cuales se centran en valorar sólo algunos agentes microbianos. El grupo coliforme es considerado como el principal indicador de contaminación fecal. La mayoría de las especies pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y entre los géneros más representativos se encuentran *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*. De acuerdo con la taxonomía actual, la definición de coliforme involucra a un grupo heterogéneo de bacterias, que pueden encontrarse tanto en heces como en el medio ambiente (suelos, materias vegetales en descomposición y aguas ricas en nutrientes) y también a especies no fecales (Cano, 1997; United Nations, 1999).

El grupo coliforme se divide en *coliformes totales* y *coliformes fecales* (termo resistentes) donde *Escherichia coli* es el organismo considerado como el indicador de mayor precisión para determinar contaminación de origen fecal, ya que abunda en heces de origen humano y animal. Los coliformes fecales, con excepción de *E. coli*, pueden encontrarse en aguas orgánicamente enriquecidas; pero se ha observado que en la mayoría de los casos se encuentran en el agua en relación con *E. coli*. Por ello su utilización para evaluar la calidad del agua se considera aceptable (Cano, 1997).

Tomando en cuenta la importancia del recurso hídrico en la región Huetar Norte y la degradación que se ha venido presentando en los últimos años, la Escuela de Ciencias y Letras del Instituto Tecnológico de Costa Rica, mediante un grupo interdisciplinario de investigadores, emprendió la labor de realizar una evaluación de la calidad del agua a lo largo de la cuenca del río

San Carlos, con la finalidad de que se garanticen en el tiempo y de forma permanente la protección de la salud humana, la defensa del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales.

Metodología

La evaluación de la calidad del agua de la cuenca del río San Carlos con respecto a los indicadores coliformes, se realizó por un periodo de un año (agosto del 2000 a agosto del 2001). El muestreo se realizó en 10 afluentes secundarios del río San Carlos, para los ríos La Balsa, Peje, La Vieja, Platanar, Kooper, Arenal, Peñas Blancas y Tres Amigos; las muestras se colectaron directamente en los afluentes secundarios mencionados. En los casos de Quebrada Tejona y Caño Buenos Aires el muestreo se realizó en los 500 metros posteriores a la desembocadura de estos afluentes sobre el cauce principal del río San Carlos, y el Punto Tres Amigos corresponde a la última muestra tomada en el cauce principal del río San Carlos posterior a la desembocadura de los afluentes mencionados.

Las muestras se colectaron en bolsas de plástico estériles y se colocaron en un recipiente isotérmico a una temperatura promedio de 4 °C para, posteriormente, ser trasladadas al Laboratorio de Análisis Químico y Microbiológico del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, donde fueron montadas e incubadas antes de que transcurrieran 24 horas de la colecta.

La determinación se realizó por el método de fermentación de tubos múltiples (Método de Número más probable de la *Standard Methods for the examination of water and wastewater* 18th Ed.1992. PAHA-AWWA-WPCF). Los valores admisibles y los componentes permitidos para el agua de

consumo humano, recreación, riego, acuicultura y otros están definidos en la legislación y, con base en ellos, se realiza un análisis comparativo para evaluar la calidad del agua de algunos afluentes secundarios del río San Carlos.

Cuadro 1
Valores admisibles por el Reglamento para la calidad de agua potable (La Gaceta N° 100 1997).

Uso	Coliformes fecales (NMP/100ml)
Recreación	
Contacto primario (natación)	500
Contacto secundario (navegación)	5000
Contacto terciario (paisajístico)	10000
Riego	
Legumbres	200
Árboles frutales	1000
Parques públicos, Campos de deporte	1000
Acuicultura	
Piscicultura	1000
Camarones	100
Almejas	4
Consumo humano	0

Cuadro 2
Valores promedio de coliformes totales y fecales encontrados en los diferentes puntos de muestreo.

Río	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)
La Balsa	5736	1648
Peje Viejo	7818	2252
Platanar	15418	10694
Kooper	4554	1896
Arenal	4648	2175
Peñas Blancas	2806	688
Caño Buenos Aires	16200	3904
Quebrada Tejona	18518	4160
Punto Tres Amigos	11759	2140
Tres Amigos	9300	3006

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se presentan los valores admisibles por Reglamento para la calidad de agua potable, de acuerdo con los diferentes usos. Se muestran solo los valores de interés en función de las actividades que se realizan en la zona. No se encontraron en la legislación vigente los valores admisibles de coliformes fecales para agua de consumo animal. El Cuadro 2 y la Fig. 1, muestran los valores promedio determinados en cada uno de los puntos de muestreo, en los diferentes meses de evaluación.

Si se comparan los valores admitidos por la legislación para la evaluación de la calidad del agua (Cuadro 1) y los valores promedio encontrados para cada uno de los ríos en la presente evaluación (Cuadro 2), se aprecia que, con respecto a aguas que son utilizadas para la recreación, solo el río Peñas Blancas cumple con las normas establecidas para utilizarse con fines paisajísticos y de navegación; además, pueden destinarse a riego de árboles frutales y campos de deporte, así como a la piscicultura. No se recomienda el uso para actividades como la natación, el riego de legumbres o acuicultura de camarones y almejas. Por los valores encontrados, a excepción del río Platanar y la Quebrada Tejona, los demás ríos se consideran aptos para la navegación, pero no se recomienda la utilización de sus aguas para los demás fines descritos en el Cuadro 1.

Considerando los valores promedio de coliformes totales y coliformes fecales encontrados en cada uno de los puntos de muestreo puede observarse que el río Platanar es el que presenta mayor contaminación respecto a los indicadores de contaminación fecal, seguido por la Quebrada Tejona y el Caño Buenos Aires. Los ríos que presentan menor contaminación de coliformes fecales son el Peñas Blancas, La Balsa y el Kooper (con valores muy similares).

En la Fig. 2, se presenta el comportamiento de coliformes totales y fecales para el río Peñas Blancas; la tendencia es bastante regular en lo que se refiere a coliformes fecales, ya que a excepción del mes de diciembre los valores obtenidos no superan los 1100 (NMP/100ml). Para coliformes totales se observan que en los meses de agosto, octubre, diciembre y febrero es cuando se presenta la mayor contaminación. La situación contraria se observa en el comportamiento de coliformes fecales en el río Platanar (Fig. 3); aunque en muchos de los meses la cantidad de coliformes (NMP/100ml) es baja, se presentan picos alarmantes en los meses de octubre y mayo. En general la cantidad de coliformes totales es alta, con valores que van desde 2400 a 46000 (NMP/100ml).

La Fig. 4, se presenta los valores determinados para coliformes fecales (NMP/100ml), en los diferentes puntos de muestreo durante el periodo de evaluación (no se incluye el río Platanar). Los ríos Arenal, La Balsa,

Kooper y Quebrada Tejona, presentan sus picos más altos en el mes de marzo; el Caño Buenos Aires en abril, Peje Viejo en mayo y el río Tres Amigos en mayo y junio. De agosto a febrero la Quebrada Tejona, el Caño Buenos Aires y el río Kooper presentan valores aceptables menores a 2000 (NMP/100ml). El río Platanar también presenta valores aceptables de abril a setiembre.

En los meses de febrero a abril se pone en evidencia una mayor contaminación de los puntos Kooper, Arenal, Quebrada Tejona, La Balsa y Caño Buenos Aires, lo que coincide con la estación seca. En este momento se nota una disminución del caudal de los ríos, y en consecuencia, disminuye la capacidad de dilución. Este fenómeno se pone en evidencia con mayor claridad en aquellos ríos que cruzan por asentamientos humanos donde generalmente las aguas residuales se descargan a los cuerpos de agua superficiales.

De mayo a junio se presenta una mayor concentración de coliformes fecales (NMP/100ml) en los ríos Peje Viejo,

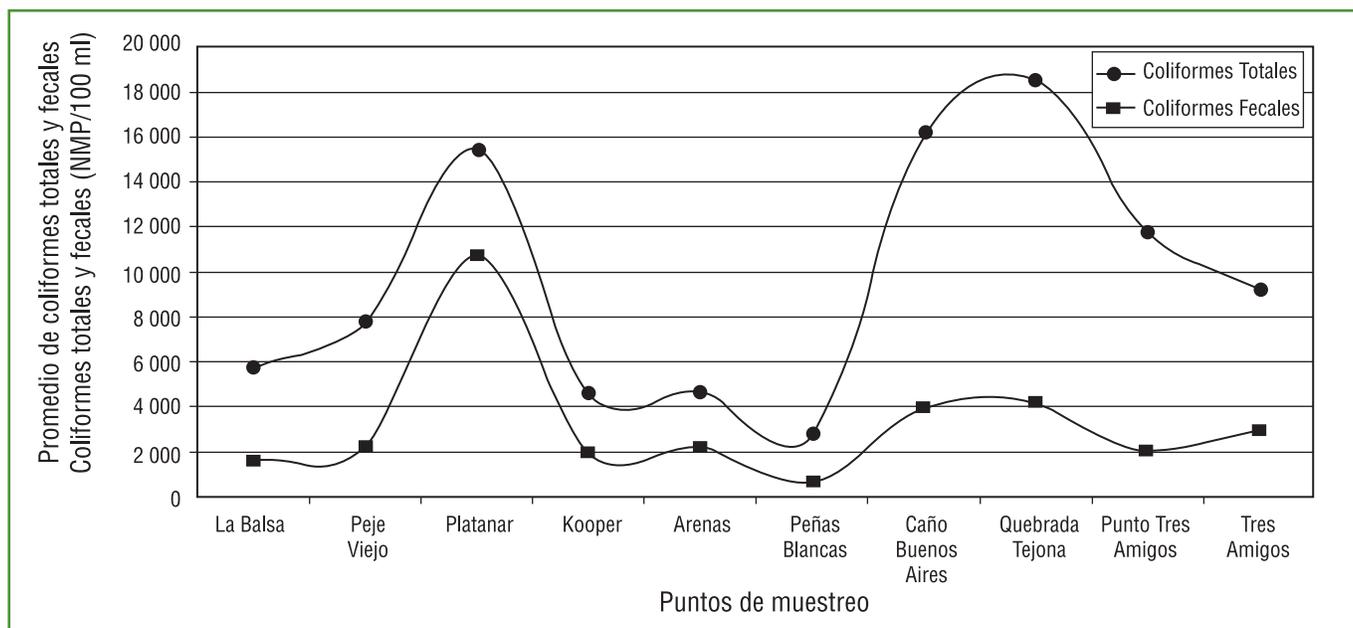


Figura 1
Número promedio de coliformes totales y coliformes fecales en los diferentes puntos de muestreo.

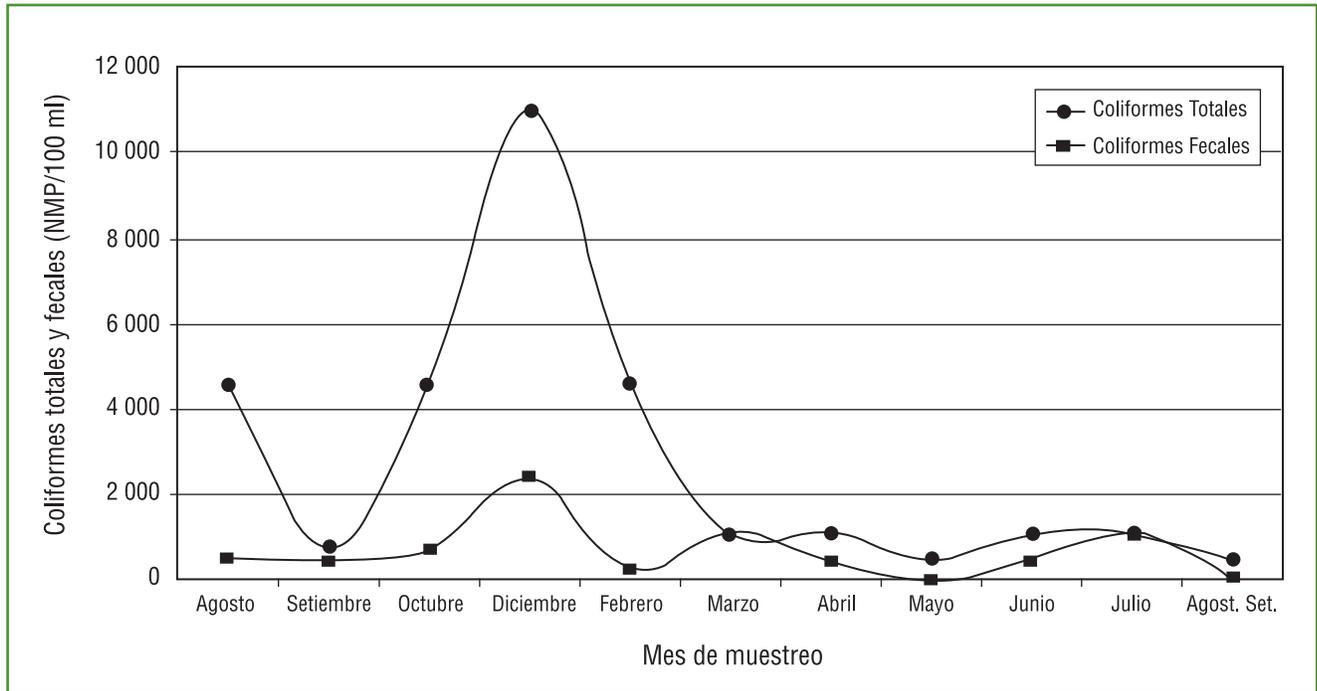


Figura 2
Valores de coliformes totales y fecales determinados en el río Peñas Blancas, de agosto del 2000 a setiembre del 2001.

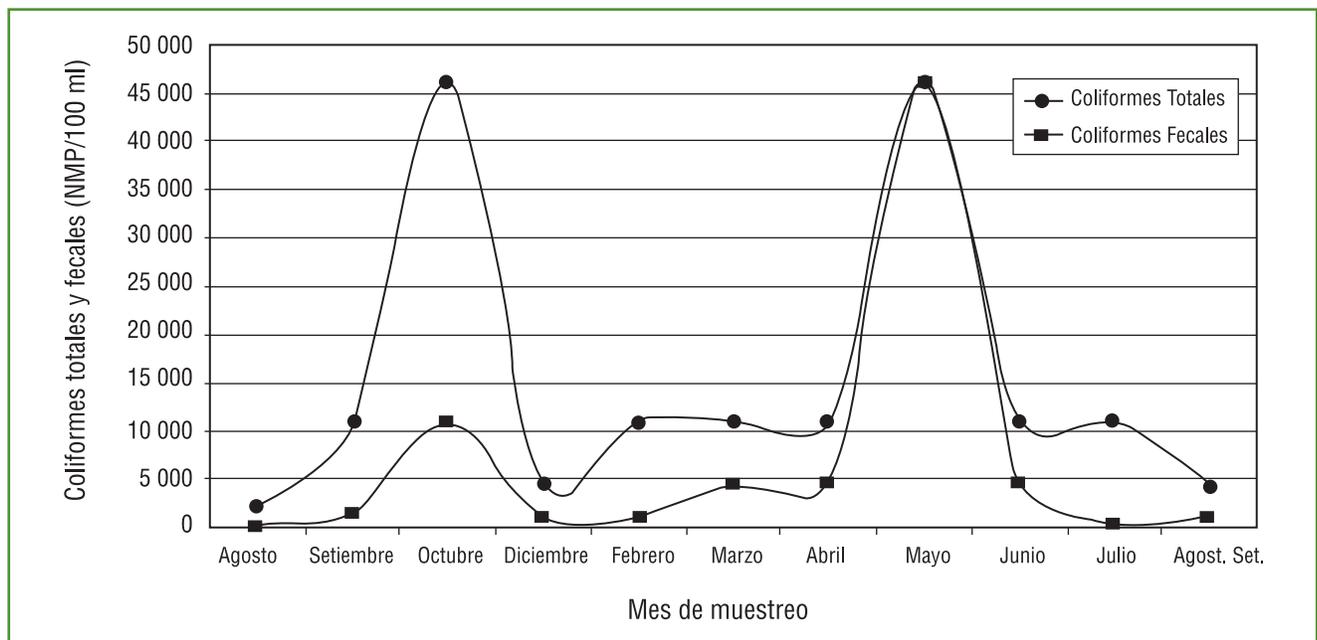


Figura 3
Valores de coliformes totales y fecales determinados en el río Platanar de agosto del 2000 a setiembre del 2001.

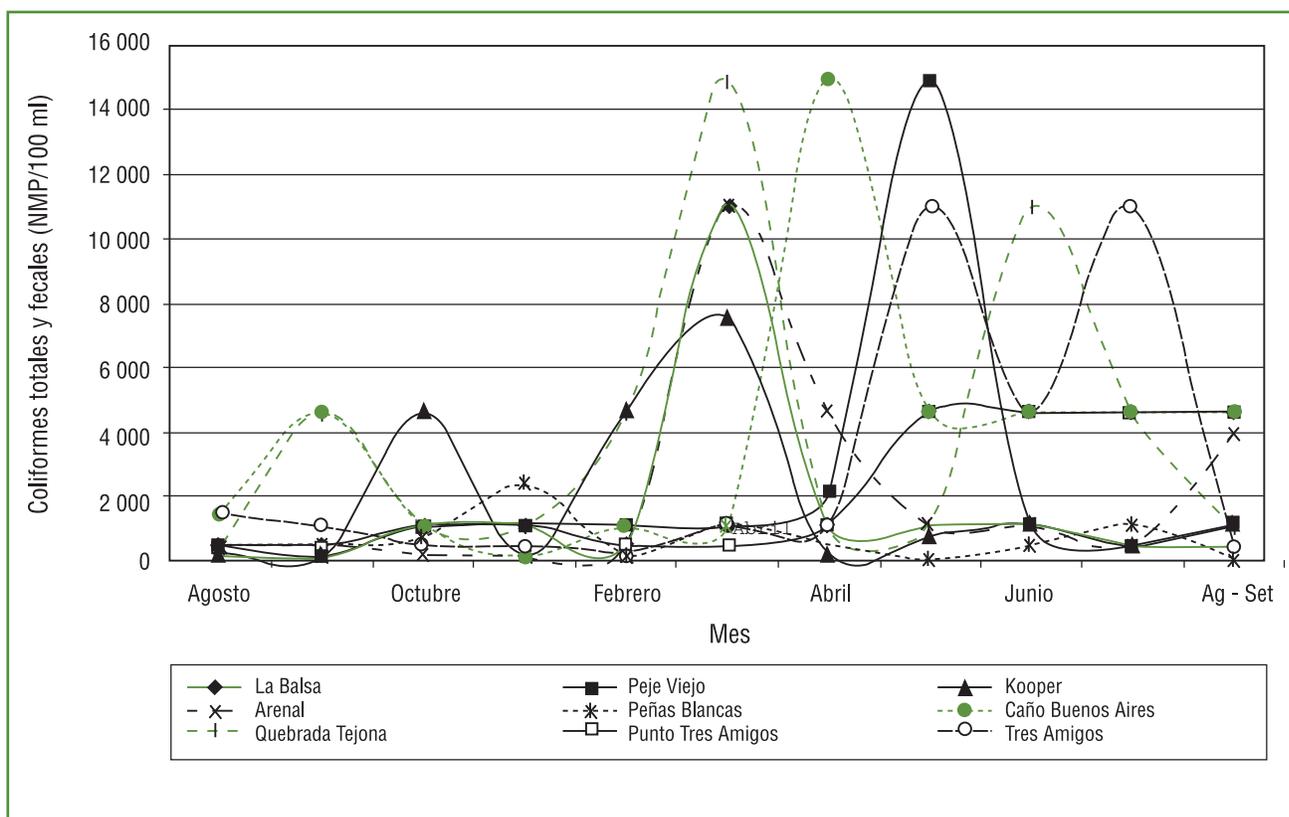


Figura 4
Número de coliformes fecales (NMP/100 ml) en cada uno de los puntos de muestreo, durante el periodo de evaluación.

Tres Amigos, Kooper y Punto Tres Amigos; esto puede deberse a que al iniciar la temporada de lluvias se produzca un arrastre de grandes cantidades de contaminantes por escorrentía desde las partes altas hacia la llanura, rebalse de tanques de aguas residuales. Cabe mencionar que estos ríos en su trayectoria atraviesan zonas de explotación agrícola y ganadera.

El número de coliformes fecales (NMP/100ml) difiere entre los puntos de muestreo y los meses de evaluación. Esto puede deberse a diversos factores, entre los cuales habría que considerar el tipo de actividad que se realiza en las zonas aledañas a los puntos de muestreo y si las mismas son agrícolas (tipos de cultivos y estacionalidad), ganaderas

(de carne o leche), industriales o si los ríos en su recorrido atraviesan centros urbanos o asentamientos campesinos donde se descargan aguas residuales sin tratamiento. La velocidad de la corriente de los ríos es otro factor que debería considerarse, ya que influye en la supervivencia o desaparición de ciertos organismos. Esto puede tener algún efecto, sobre todo en aguas contaminadas con materia orgánica y flora bacteriana, pues cuando las aguas son agitadas por la velocidad se les incorpora una mayor cantidad de oxígeno, necesaria para el crecimiento de microorganismos aeróbicos.

Conclusiones y recomendaciones

- La evaluación realizada en los diferentes puntos de la cuenca del río San Carlos muestra que todos los ríos se encuentran contaminados. Aunque los niveles de contaminación varían de uno a otro y en los diferentes meses del año, se pone en evidencia un claro deterioro de los cuerpos superficiales de agua.
- A pesar de la concientización nacional en materia de medio ambiente, siguen siendo importantes los niveles de contaminación de las aguas próximas a los asentamientos humanos, industriales y turísticos; por otra parte, siguen llegando a los ríos los vertidos de aguas residuales.
- La contaminación del agua es un problema local, regional y mundial que está relacionado con la forma en que usamos los recursos y disponemos de los desechos. Es urgente evidenciar y hacer conciencia sobre este problema y promover actividades locales que permitan avanzar en una línea de desarrollo sostenible.
- Deben promoverse actividades que permitan educar a la sociedad civil acerca de la importancia del recurso hídrico en la región y de los múltiples problemas que una contaminación a partir de cierto nivel puede ocasionar, tanto en la salud humana como animal.
- Las organizaciones relacionadas con la salud (humana y animal), así como las relacionadas en la protección del ambiente y en especial el recurso hídrico (Ministerio del Ambiente y Energía, Acueductos y Alcantarillados, Municipales, Organizaciones no Gubernamentales y otras instituciones públicas), deben aunar esfuerzos para el desarrollo de

programas que nos permitan identificar las fuentes de contaminación y brindar soluciones oportunas, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región; al tiempo que se garantice la protección de los recursos naturales.

Literatura citada

- Almaza, V; L. Villareal. 2001. Indicadores para la evaluación del impacto al ambiente y la salud de las aguas residuales municipales no tratadas. Revista Salud Pública y Nutrición (RESPYN) Volumen 2 No.1.
- Astorga, A et al. 2000. Proyecto Sistemas Integrados de Gestión de Calidad Ambiental (SIGA): Componente Costa Rica, Fase I. Fundación para el Desarrollo Urbano. San José, Costa Rica.
- Bifani, Paolo. 1997. Medio ambiente y desarrollo. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Méjico.
- Cano, F. 1997. Aspectos Microbiológicos y Organismos Indicadores, en Criterios Microbiológicos del Agua y Métodos de Evaluación. Memoria de Labores XI Congreso Centroamericano y V Nacional de Microbiología y III. Congreso del Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala. Guatemala, CA.
- Chaves, A; J. Mora et al. 1999. Contaminación actual de la cuenca del río San Carlos con coliformes fecales y totales. Proyecto Evaluación ambiental para un manejo sostenible de la cuenca del río San Carlos. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. Santa Clara, Costa Rica.
- Galli, D; R. Ortiz et al. 1999. Análisis Microbiológico de las aguas del Lago Ypacarai. Revista Paraguaya de Microbiología. Volumen 18, Número 1.
- Gili, P; G. Marando et al. 2001. Contaminación Bacteriana y presencia de *Sinorhizobium meliloti* en aguas de los canales de riego del río Neuquén. Revista Argentina de Microbiología. Volumen 33 No 1.
- Hurtado, I; J.Martínez et al. 2000. Informe sobre la contaminación de las aguas del río Segura (Vega Baja). Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. España.

La Gaceta N° 100. Martes 27 de mayo de 1997. Reglamento para la calidad de agua potable. San José, Costa Rica.

La Gaceta N° 117. Jueves 19 de julio de 1997. Reglamento de vertidero y reuso de aguas residuales. San José, Costa Rica.

Lasheras, A.M; J.L. Múzquiz. Estudio de la calidad de las aguas del río Aragón. Caracterización de aguas, sedimentos y peces. Facultad de Ciencias y Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia. Murcia, España.

Mora, D. 1997. Criterios Microbiológicos para agua para beber, riego, recreación y acuicultura, en Criterios Microbiológicos del Agua y Métodos de Evaluación. Memoria de Labores XI Congreso Centroamericano y V. Nacional de Microbiología y III. Congreso del Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala. Guatemala, CA.

Organización Mundial de la Salud. 1994. Vidas sanas y productivas en armonía con la naturaleza: una estrategia mundial de la OMS para la salud y el medio ambiente. Ginebra: OMS.

Proyecto Estado de la Nación. 1999. Estado de la Región en desarrollo humano sostenible. San José, Costa Rica.

United Nations. 1999. Indicadores de los aspectos ambientales del desarrollo sostenible, Capítulo 18. United Nations Division for Sustainable Development.

Valiente, C. y D. Mora. 2001. Papel del agua para consumo humano en los brotes de diarrea reportados en el periodo 1999-2001 en Costa Rica. Laboratorio Nacional de Aguas, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica.

World Health Organization. 1993. Guidees for drinkinking water quality, 2nd ed. Vol.1 – Recommendations.WHO, Geneva. pp 8-29.

Internet

World Health Organization. Enterohaemorrhagic Escherichia coli (EHEC). En línea, (fecha de acceso 05.12.2001), disponible en: <http://www.who.int/fsf/ecolifact.html>

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. 2000. EPA 810-K-99-001: Groung water and Drinking water. En línea (fecha de acceso 05.12.2001), disponible en: <http://www.epa.gov/safewater/agua>

/losninos.html

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. 2000. Drinking water and Health. En línea (fecha de acceso 05.12.2001), disponible en: <http://www.epa.gov/safewater/dwhealth.html>

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. 2000. Drinking water Standads Program. En línea (fecha de acceso 05.12.2001), disponible en: <http://www.epa.gov/safewater/standards.html>

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. 2000. Source Water. En línea (fecha de acceso 05.12.2001), disponible en: <http://www.epa.gov/safewater/protect.html>

Libro electrónico: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Tema 11: Contaminación de ríos y lagos. En línea (fecha de acceso 05.12.2001), disponible en: <http://www1.ceit.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/11Cagu/120ProcC.htm>

Agua en abundancia, acceso limitado y contaminación sin fin (Boletín No 38, Región). En línea (fecha de acceso 05.12.2001), disponible en: http://www.cna.gob.mx/portal/publica/estadisticas/pu_nom_tab2.htm

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 1996-1997. Contaminación del Agua. En línea (fecha de acceso 05.12.2001), disponible en: <http://www.netsalud.sa.cr/aya/contam00.html>

United Nations. Natural Resource Aspects of Sustainable Development in Costa Rica/ Freshwater. En línea (fecha de acceso 02.01.2002), disponible en: <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/costaric/natur.htm>

United Nations. Agenda 21.1999. En línea (fecha de acceso 02.01.2002), disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdeve/agenda21.htm>

Proyecto Estado de la Nación. 2001. VII Informe Estado de la Nación. En línea (fecha de acceso 02.02.2001), disponible en: <http://www.estadonacion.or.cr/Info2001/nacion7/indice.html>