

Contaminación actual de la cuenca del río San Carlos con coliformes fecales y totales

*Adolfo Chaves Campos **

*Jesús Mora Molina **

*Francisco Rodríguez Barrientos **

*Monika Springer **

*Eida Solís Esquivel **

Resumen

La contaminación del agua es uno de los principales problemas ambientales en el mundo debido a la importancia estratégica de este recurso. Las actividades económicas (agrícolas, industriales, mineras, turísticas) y las poblaciones humanas están generando crecientes cantidades de desechos que contaminan gravemente sobre todo los cuerpos de aguas superficiales, sin que los acuíferos dejen de verse también perjudicados. La contaminación del agua tiene actualmente –y tendrá más en el futuro– enormes repercusiones sobre la salud pública. Es importante conocer el grado de contaminación de las cuencas hidrográficas porque permite detectar no solo la magnitud de dicha contaminación y el modo cómo afecta a la población, sino también las posibles fuentes contaminadoras. El artículo describe la contaminación con coliformes fecales y totales existente en el cauce principal del río San Carlos y sugiere, dentro de las recomendaciones, la importancia de la

participación comunal, pública y privada para enfrentar la seria contaminación detectada.

Justificación

El agua es un elemento indispensable para la vida de todo ser vivo. El ser humano la utiliza para higiene, para beber y preparar alimentos, riego, recreación, acuicultura y otros. El agua puede contaminarse con una diversidad de microorganismos (bacterias, virus, parásitos y otros) dentro de los cuales algunos son *patógenos* por naturaleza y otros son *oportunistas* (Mora y Cano, 1997). Las excretas humanas (heces y orina) y de animales de sangre caliente constituyen el vehículo más importante para la transmisión de más de 50 enfermedades infecciosas, algunas de las cuales se encuentran dentro de las principales causas de deterioro físico y muerte prematura en países en desarrollo, en los cuales prevalecen condiciones de pobreza y desnutrición asociadas con malas prácticas

* Escuela de Ciencias y Letras, Sede Regional San Carlos, ITCR.

higiénicas. En los países desarrollados, las enfermedades infecciosas transmitidas a través del agua han virtualmente desaparecido. Esto ha dado paso a que los efectos de la calidad del agua en la salud pública se deba más que todo a la presencia de concentraciones de compuestos químicos y tóxicos, tales como hidrocarburos clorados, fertilizantes, pesticidas y concentraciones anormales de compuestos químicos naturales del agua (Calvo, 1999).

Según fuentes de las Naciones Unidas, en octubre de 1999 nació el habitante número 6 000 millones y para el año 2050 la población del planeta será de 9 400 millones de habitantes (citado en Jiménez, 1999). La explotación descontrolada es una amenaza constante para los recursos renovables del mundo, principalmente el agua, la flora, los bosques y los suelos (PNUMA, 2000). A medida que aumente la población mundial se irán, simultáneamente, incrementando las necesidades humanas básicas (alimentación, agua, vestido, vivienda) que deben satisfacerse, en un planeta que pierde aceleradamente los recursos naturales o donde estos son seriamente contaminados o deteriorados (caso del agua) (PNUMA, 2000; Postel, 2000). El programa ambiental de la organización de las Naciones Unidas (UNEP, por sus siglas en inglés), en su informe Geo-2000 señala que la degradación de las fuentes básicas para la subsistencia de una tercera parte de la población mundial reduce los niveles de vida, e indica que si los patrones de consumo actuales se mantienen, para el año 2050 dos de cada tres habitantes no tendrán acceso al agua potable (citado en Jiménez, 1999). Naturalmente, el problema del agua no solo reside en su actual o futura escasez, sino también en su contaminación. De hecho, se estima que alrededor de cinco millones de personas mueren anualmente en el mundo a causa de problemas sanitarios relacionados

con la contaminación del agua (Carvajal, 2001).

Muchos países asiáticos y africanos se dedican crecientemente a importar alimentos porque ya no disponen del agua suficiente para producirlos, lo cual implica la dependencia externa para satisfacer las necesidades alimenticias de la población local (Postel, 2000). Los usos agrícolas del agua compiten de manera creciente en el mundo con la industria y las poblaciones (Ander-Egg, 1985; Antón, 1999; Shiva, 1995), situación que se experimenta también en Costa Rica, en donde estos conflictos por el agua se agudizarán, sobre todo a medida que la contaminación de las aguas superficiales obligue a las empresas agropecuarias a recurrir a los acuíferos o que el desarrollo de grandes proyectos turísticos compita por el agua con las comunidades que habitan en las regiones costeras (Astorga y otros, 2000; Estado de la Nación, 1999). Son varios los autores que vaticinan que las guerras del futuro se librarán sobre todo por problemas relacionados con el acceso y uso de los recursos hídricos (Antón, 1999; Postel, 2000).

En Costa Rica, los problemas de la escasez y contaminación del agua se agravan cada día. Las aguas superficiales y la de los acuíferos son contaminadas por las actividades productivas (agrícolas, pecuarias, agroindustriales, mineras e industriales) y por el desordenado crecimiento urbano, situación que propicia el que la mayor parte de las aguas negras sean descargadas sobre los cuerpos de agua sin tratamiento alguno (Astorga y otros, 2000); por otro lado, los alcantarillados existentes en las principales ciudades de Costa Rica están obsoletos y más bien ayudan a incrementar la contaminación fecal de las aguas (Astorga y otros, 2000). Una de las principales fuentes contaminantes de las aguas lo constituyen los residuos de los plaguicidas utilizados en la agricultura, especialmente los

aplicados en las actividades con fines de exportación (banano, café, plantas ornamentales) (Astorga y otros, 2000); la contaminación por plaguicidas y otros residuos agrícolas e industriales, así como por los desechos domésticos (sobre todo de las aguas negras) afecta las principales cuencas hidrográficas costarricenses (Astorga y otros, 2000; Estado de la Nación, 1999).

Si bien es verdad se han realizado estudios para determinar los niveles de contaminación en las principales cuencas del país, son prácticamente inexistentes las investigaciones efectuadas en la cuenca del río San Carlos (Estado de la Nación, 1997), una de las más importantes del país, donde se desarrollan actividades económicas con fines de exportación que suelen utilizar gran cantidad de plaguicidas y fertilizantes químicos y donde se concentra el mayor núcleo demográfico de la región Huetar Norte, cuyas comunidades no cuentan con medios eficientes para el tratamiento de las aguas negras y otros desechos domésticos, factor que contribuye a la contaminación de las aguas de esta cuenca. La calidad del agua constituye también en esta región un problema de salud pública –con fuertes repercusiones económicas y sociales– de primera importancia. De aquí la necesidad imperiosa de estudiar sus niveles de contaminación y las actividades humanas que la producen.

Por lo anterior es que la Escuela de Ciencias y Letras del ITCR está implementando un programa interdisciplinario de investigación en la cuenca del río San Carlos, cuyos resultados deben generar actividades destinadas a elegir los mecanismos de todo tipo (institucionales, tecnológicos, incentivos económicos y otros) que permitan alcanzar metas que provean una mejor calidad del recurso hídrico. Por otro lado, la docencia no es solo para educar a los universitarios, sino también a la comunidad, en busca de alternativas que propicien el desarrollo sostenible; esto implica nuevas posibilidades de consumo, tecnologías de explotación agrícola, así como de planificación y organización de los asentamientos humanos y de las plantas productivas, ya que la zona donde se lleva a cabo el programa mencionado cuenta con un importante desarrollo agroindustrial –como lecherías, porquerizas, aserraderos, empacadoras, plantas procesadoras, ingenios y otros– que, junto a otras causas, puede estar contaminando los ríos.

Metodología

Las normas o criterios microbiológicos del agua para beber, riego, recreación y acuicultura varía de país a país, pero se muestran las vigentes en Costa Rica (cuadros 1, 2, 3) (Mora y Cano, 1997).

Cuadro 1
Criteria microbiológicos para aguas dulces utilizadas para la recreación

Indicador	Contacto primario (natación)	Contacto secundario (navegación)	Contacto terciario (paisajista)
Coliformes fecales (NMP/100ML)	500	5 000	1 000

Cuadro 2
Criterios microbiológicos para aguas de riego

Tipo de cultivo (NMP/100ML)	Coliformes fecales
Se consumen crudos (legumbres)	200
Campos de deporte, parques públicos	1000
Árboles frutales	1000

Cuadro 3
Criterios microbiológicos para acuicultura

Indicador	Piscicultura	Cultivo de camarones	Cultivo de almejas
Coliformes fecales (NMP/100ML)	1 000	100	4

Cuadro 4
Valores microbiológicos de las normas de calidad del agua

Parámetro	Unidad	Valores normativos
Coliformes totales	NMP/100ML	Cero
Coliformes fecales	NMP/100ML	Cero

Los valores microbiológicos de las normas de calidad de agua y fuentes de aguas potables dictadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) se presentan en el cuadro 4 (tomadas de Calvo, 1999).

Para evaluar la calidad del agua de una manera práctica se ha establecido universalmente el uso de organismos indicadores. Los indicadores fecales son unos de los más importantes para evaluar la calidad del agua debido a que la

mayoría de las enfermedades hídricas son gastrointestinales, causadas por beber agua contaminada con excretas de humanos y animales enfermos. Las bacterias del “grupo coliforme” se consideran los principales indicadores de contaminación fecal. Son bacilos gram negativo que pueden crecer en presencia de sales biliares u otros agentes tensioactivos, y fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 35-37 °C en 24-48 horas. La mayoría de especies pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, principalmente representados por los géneros tradicionales: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*. Para su mejor interpretación, los coliformes se identifican en coliformes totales (grupo coliforme), coliformes fecales o “termo resistentes” que se definen como el grupo de organismos coliformes que fermentan la lactosa a 44-45 °C en 24-48 horas, y *Escherichia coli* que es el coliforme fecal más preciso y de mayor aceptación como indicador de contaminación fecal.

Para la determinación de agentes bacterianos en agua se utilizan los métodos de fermentación de tubos múltiples (conocido como número más probable) (NMP) y el método por membrana (FM). Ambos son confiables y se aplican dependiendo del origen y características del agua. Los medios de cultivo por utilizar dependen de las características bioquímicas de cada organismo o grupo (Mora y Cano, 1997). (En este proyecto la técnica usada es la de NMP - Número Más Probable - del Standard Methods for the examination of water and wastewater 18th Ed. 1992. PAHA-AWWA-WPCF.)

Las tomas de muestras se hicieron en el cauce principal del río San Carlos entre el 21 de julio de 1999 y el 29 de marzo del 2000, cubriendo tanto la temporada lluviosa como la de verano. Los puntos de donde se tomaron las muestras se ubicaban en los primeros 500 metros

posteriores a la desembocadura de cada uno de los cauces secundarios. Las muestras se trasladaban en recipiente isotérmico a los laboratorios del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional de San Carlos, donde eran analizadas antes de transcurrir 24 horas. Las tomas de muestras se han

venido repitiendo desde entonces con el objeto de dar mayor validación a los datos; estos nuevos resultados serán dados a conocer en otros artículos.

Resultados

El programa de investigación en la cuenca se divide en cuatro subproyectos: estudios biológicos, estudios fisicoquímicos, caracterización socioeconómica y estudios microbiológicos; siendo estos últimos los de mayor impacto para esclarecer el grado de contaminación. En cada uno de los puntos seleccionados se tomaron muestras para el análisis microbiológico de coliformes totales y coliformes fecales (en el cuadro 5 se presenta la información sobre coliformes totales y coliformes fecales; y en el gráfico 1 se muestra el comportamiento promedio de coliformes fecales encontrados en las muestras, según su fecha de estudio).

Como puede apreciarse, de los datos de criterios microbiológicos para aguas dulces utilizados para la recreación (ver cuadro 1) comparados con los datos de la investigación (ver cuadro 5), se encontró lo siguiente:

- En cuanto a las aguas de contacto primario (natación), ninguno de los ríos y quebradas son aptos para tal actividad, ya que los criterios establecen 500 coliformes fecales NMP/100ML y los datos encontrados muestran cantidades mayores.
- Las aguas de contacto secundario (navegación) son aptas, los criterios establecen 5 000 coliformes fecales NMP/100ML y todos los datos obtenidos están por debajo de esa cifra.
- De las aguas de contacto terciario (paisajista), solamente el río Arenal y la quebrada Providencia son aptos por estar debajo de los criterios establecidos (1 000 coliformes fecales NMP/100ML).

Cuadro 5

Promedio de coliformes totales y fecales en las muestras de julio de 1999 hasta abril de 2000.

Nombre del río	Coliformes totales NMP/100ML	Coliformes fecales NMP/100ML
Javillos	7 284	1 813
Peje Viejo	12 013	1 509
Platanar	143 156	2 342
San Rafael	29 633	1 494
Kooper	593 178	1 689
Peñas Blancas	142 529	1 101
Arenal	130 444	749
Quebrada Wilson	25 818	1 460
Quebrada Providencia	35 484	928
Caño Buenos Aires	26 656	1 724
Quebrada Rueda	60 133	1 707
Caño Paraíso	32 073	1 381
Tres Amigos	18 678	1 287

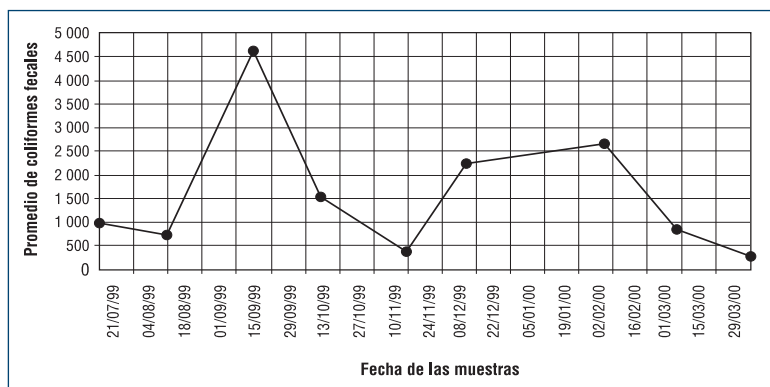


Gráfico 1

Comportamiento promedio de los coliformes fecales encontrados en las muestras, según su fecha de estudio.

De los criterios microbiológicos para aguas de riego (ver cuadro 2), se obtuvo lo siguiente:

- Las aguas de riego para cultivos que se consumen crudos (legumbres) no cumplen con el criterio de 200 coliformes fecales NMP/100ML, lo cual nos indica que ninguna de las aguas investigadas son aptas para el riego, pues los coliformes fecales hallados superaron por mucho tal criterio.
- En cuanto a las aguas para riego de campos de deportes, parques públicos, árboles frutales, al igual que los datos mencionados en aguas de contacto terciario, solo las aguas del río Arenal y la quebrada Providencia son aptas para dichas actividades.
- Lo mismo que se expresó para las aguas de riego es aplicable para los criterios microbiológicos de aguas para acuicultura (ver cuadro 3).

En el gráfico 1 “*Comportamiento promedio de los coliformes fecales encontradas en las muestras, según su fecha de estudio*” puede verse cómo en los meses julio-agosto el número de bacterias coliformes fecales por cada 100 mililitros de agua oscila entre 952 y 720; luego, en setiembre, hay un gran incremento a 4 633, lo cual se puede explicar por el aumento en la precipitación de la estación lluviosa, que influye en el aumento del nivel freático, lo que, a su vez, puede provocar mayores arrastres de sustancias contaminantes provenientes de establecimientos agroindustriales, como lecherías, porquerizas, aserraderos, ingenios azucareros, cloacas, animales muertos y sus excretas. En los siguientes meses –de octubre a enero– el número de bacterias coliformes fecales se mantiene en promedio alto, para luego bajar en los meses de verano (febrero a marzo), debido a que las aguas

de los ríos se reducen y, en consecuencia, arrastran menos contaminantes.

Los datos anteriores son de 9 meses de muestreo, lo cual implica que aún se necesitan más datos para hacer una interpretación más exacta, cosa que se pretende lograr a medida que avance la investigación.

Como conclusiones del estudio parcial hasta ahora realizado se obtiene que:

- Todas las aguas de los ríos y quebradas estudiadas de la cuenca del río San Carlos están, en menor o mayor grado, contaminadas con coliformes totales y fecales.
- Dichas aguas no son aptas para la natación, riego y, con la excepción del río Arenal y la quebrada Providencia, tampoco para actividades paisajistas.

Como recomendaciones se sugieren las siguientes:

- Mantener a la población informada del avance del programa y educarla acerca del peligro que significa en el corto y el largo plazo el tener una cuenca tan contaminada por coliformes totales y fecales.
- Formular, junto con las distintas fuerzas de la sociedad civil sancarleña, la municipalidad local, instituciones públicas presentes o no en la región (como Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Salud, MINAE) y organizaciones internacionales, un programa de recuperación de la cuenca.
- Extender los alcances del proyecto al ámbito externo (pues la cuenca del San Carlos pertenece a la cuenca del río San Juan) con el objetivo de incentivar la implementación de las medidas necesarias para proteger los recursos naturales, especialmente los hídricos.

Bibliografía

- Acosta, C; Picado, J; Rodríguez, R; Vélez, R: *Análisis físico, químico y microbiológico del agua para consumo humano de Ciudad Quesada*, Santa Clara, ITCR, Escuela Ciencias y Letras, 1997.
- Ander-Egg, Ezequiel: *El Desafío Ecológico*. San José, EUNED, 1985.
- Antón, Danilo: *Diversidad, Globalización y la sabiduría de la Naturaleza*. Montevideo, CIID/Piriguazú Ediciones, 1999.
- Astorga, Allan y otros: *Proyecto de Sistemas Integrados de Gestión y Calidad Ambiental. Componente Costa Rica*. San José, FUDEU, 2000.
- Blanco, M; Guerrero, H, Rodríguez, R: *Análisis físico, químico y microbiológico y de fauna bentónica, Río Peje*. Santa Clara, ITCR, Escuela de Ciencias y Letras, 1996.
- Cabo, Ramón y otros: *Bacteriología y potabilidad del agua*. Madrid, Editorial Blume, 1972.
- Calvo, J: *Principios de Hidrología Forestal Tropical*. Cartago, Escuela de Ingeniería Forestal (Serie de Apoyo Académico No 23), ITCR, 1999.
- Carvajal, Erick: *El agua está en crisis*. En: Suplemento Galería, La Nación, 13 de mayo del 2001, páginas 1 B y 4 B.
- Conferencia de las Naciones Unidas para el Ambiente y el Desarrollo: *Protección y Suministro de Agua*. PNUMA, 1992.
- Coto, J., y Solís, J: *Caracterización de las aguas del Río Segundo, Costa Rica*. Heredia, Universidad Nacional. Departamento de Química, Costa Rica, 1992.
- Jiménez, A: *Rumbo al colapso*. En: Revista Dominicana de La Nación, 27 de octubre de 1999, páginas 6-10.
- Mora, D.; Cano, F (Editores): *XI Congreso Centroamericano y V Nacional de microbiología y III Congreso del Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala. Memoria de Labores*. Ciudad de Guatemala, 1997.
- PNUMA: *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. Madrid, Ediciones MUNDI-PRENSA, 2000.
- Postel, Sandra: *Reinvención de la agricultura de regadío*. En: Worldwatch Institute: *La situación del mundo 2000*. Barcelona, Icaria Editorial, 2000, páginas 79-110.
- Proyecto Estado de la Nación: *Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 1997 y 1999*. San José, Proyecto Estado de la Nación.
- Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales*. San José, La Gaceta No 117, 19 de junio de 1997.
- VI Congreso Nacional de Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental: *Memoria Técnica*. San José, 1998.
- Shiva, Vandana: *Abrazar la vida. Mujer, ecología y desarrollo*. Madrid, horas y HORAS Editorial, 1995.
- Vega, A. *Análisis de la contaminación orgánica de los ríos Torres y María Aguilar*. Tesis. San José, Universidad de Costa Rica, 1976.