

Caracterización de la calidad del agua de la Quebrada Sanatorio en Tierra Blanca ubicada en una zona agrícola de la provincia de Cartago y sus implicaciones para la salud pública#

Quality of water from Quebrada Sanatorio (Tierra Blanca), in the county region of Cartago province and impacts on public health

Qualidade de água de Quebrada Sanatorio (Tierra Blanca), na região agrícola da província de Cartago, e seus impactos sobre a saúde pública

Juan Salvador Chin Pampillo*

Karla Ruiz Hidalgo**

Paula Aguilar Mora***

Victor Arias Mora****

Mario Masis Mora*****

Resumen

Se monitoreó la calidad del agua de la Quebrada Sanatorio (Tierra Blanca, Cartago, Costa Rica), durante abril, junio, agosto y octubre de 2011. Se establecieron tres puntos de muestreo utilizando una metodología de estratificación. Se realizó un análisis biofísico de la zona de estudio, así como la caracterización fisicoquímica y microbiológica del cuerpo de agua, determinación de residuos de plaguicidas en agua y sedimentos y aplicación de índice BMWP adaptado a Costa Rica. Se determinó una elevada contaminación en la quebrada por coliformes fecales y *E. coli*, nutrientes y plaguicidas, que fueron detectados en agua y sedimentos, demás se determinó una deficiente calidad del recurso hídrico según el índice BMWP-CR. Se concluye que el agua no es adecuada para riego y pone en riesgo la salud de los agricultores, sus familias y consumidores, así como se ve afectada la seguridad alimentaria.

Palabras clave: Plaguicidas. Salud Pública. Calidad del Agua.

Abstract

This project was monitoring water quality of the stream "Quebrada Sanatorio" (Tierra Blanca, Cartago, Costa Rica), during April, June, August and October 2011. It established three sampling points using a stratification methodology. It was performed biophysical analysis of the area of study. It was determined physicochemical and microbiological characteristics of the water body, determination of pesticide residues in water and sediments and application BMWP index adapted to Costa Rica. It was established high contamination in the stream for faecal coliforms and *E. coli*, also nutrients and pesticides in water and sediments. It was also determined poor quality of water resources by the index BMWP-CR. It is concluded that the water is not suitable for irrigation and it had a risks the health of farmers, their families and consumers, as well as food security is affected.

Keywords: Pesticides. Public Health. Water Quality.

Este trabajo forma parte del proyecto 802-A9-069 "Buenas prácticas en la zona norte de Cartago y su efecto en la reducción de la contaminación ambiental por nematocidas".

* Bachiller en Química. Coordinador del Laboratorio de Metabolismo y Degradación de Contaminantes, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica-San Jose, Costa Rica. E-mail: juan.chin@ucr.ac.cr

** Bachiller en Ingeniería en Biotecnología. Coordinadora del Laboratorio de Ecotoxicología, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica.

*** Ingeniera Agrónoma. Laboratorio de Metabolismo y Degradación de Contaminantes, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica.

**** Licenciado en Química. Coordinador del Laboratorio de Calidad de Aguas, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica.

***** Bachiller en Química. Coordinador del Laboratorio de Análisis de Plaguicidas, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica.

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Resumo

Este projeto visou controlar a qualidade da água do Arroio "Quebrada Sanatorio" (Tierra Blanca, Cartago, Costa Rica), durante os meses de abril, junho, agosto e outubro de 2011. Estabelecemos três pontos de amostragem usando uma metodologia de estratificação. Fizemos uma análise biofísica da área estudada. Identificamos características físico-químicas e microbiológicas da corrente de água, resíduos de pesticidas na água e sedimento e aplicamos o índice BMWP adaptado para a Costa Rica. O estudo identificou um alto nível de contaminação da corrente por coliformes fecais e *E. coli*, bem como a presença de nutrientes e pesticidas em água e sedimento. Também identificamos a má qualidade dos recursos hídricos pelo índice BMWP-CR. Concluimos que a água não é conveniente para irrigação e apresenta riscos para a saúde de agricultores, as suas famílias e os consumidores, assim como afeta a segurança dos alimentos.

Palavras-chave: Praguicidas. Saúde Pública. Qualidade da Água.

INTRODUCCIÓN

Es usual que en zonas dedicadas a la producción agropecuaria se de un uso intensivo de agroquímicos. El manejo de estas sustancias incluye el almacenamiento, el proceso de aplicación y el descarte de envases o remanentes, pero no siempre se realiza de la forma adecuada, lo que implica un riesgo para la salud humana y del ambiente, siendo el recurso hídrico uno de los compartimentos más vulnerables^{1,2}.

La seguridad alimentaria de los pueblos está estrechamente vinculada al acceso al recurso hídrico para riego y el adecuado manejo de aguas residuales. Es vital que las actividades de irrigación no se transformen en unos riesgos para la salud pública^{3,4,5}.

En países en vías de desarrollo es común que las áreas de producción agropecuaria estén circundantes a áreas urbanas en las cuales no hay un tratamiento de aguas residuales, por tanto los productores se ven en la necesidad de utilizar aguas con algún grado de contaminación para los sistemas de riego. Dentro de los principales riesgos de salud se encuentran la exposición de microorganismos patógenos y compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden causar problemas de salud^{4,6,7,8,9}.

En cuanto a la región Centroamericana, ésta se ha visto favorecida con una gran riqueza hidrológica. Sin embargo, el inadecuado manejo del recurso hídrico, pocos controles para el tratamiento de aguas residuales, entre otros, ponen en peligro la calidad del recurso; que es vital para el desarrollo¹⁰.

Dentro de las zonas más importantes de producción agropecuaria de Costa Rica se encuentre la provincia de Cartago, donde se producen vegetales y hortalizas para consumo local. En estas zonas las fuentes de agua superficial son de gran importancia para el riego. Sin embargo, existen áreas urbanizadas circundantes a las zonas de cultivo, en las que no se ha implementado sistemas de tratamiento de

aguas residuales, que son descargadas en ríos cercanos. Si bien el país ha hecho esfuerzos para el tratamiento de aguas residuales, y un ejemplo de ello es la inversión en el sistema de alcantarillado del cantón central del Cartago durante el año 2010, no se han implementado planes de manejo de aguas residuales en zonas rurales cuyas principales actividades económicas con las agrícolas y pecuarias¹⁰.

El objetivo del presente estudio es caracterizar la quebrada Sanatorio, ubicada en Tierra Blanca de Cartago y establecer si esta fuente de agua superficial es adecuada para usos agrícolas, especialmente para riego y por medio de esta información determinar si su uso en irrigación representa un potencial riesgo en salud pública.

MÉTODO

La Quebrada Sanatorio se ubicada en el distrito de Tierra Blanca, del cantón central de la provincia de Cartago, que es una de las principales zonas agrícolas del país, donde la mayor parte de la producción es para consumo nacional.

En la primera fase del estudio se realizaron giras periódicas para el reconocimiento del cuerpo de agua, que permitieron realizar un inventario y mapeo de las actividades en desarrollo a lo largo del cauce, así como la determinación del uso de suelo (agrícola o urbano).

La selección de los sitios de estudio e lo largo del cauce de la Quebrada Sanatorio se realizó por medio de un diseño de muestreo estratificado aleatorio, donde el criterio de estratificación fue el uso de suelo. Los puntos de muestreo seleccionado fueron tres, el primer punto cerca del Sanatorio Durán, que corresponde a la naciente, el segundo en el lugar denominado Rodilla que tiene la influencia de zonas agrícola y el tercero bajo el puente de Tierra Blanca con influencia urbanística. A partir

del punto 3 la quebrada pasa a ser el río Chinchilla. Se tomaron muestras en los meses de abril, junio, agosto y octubre de 2011 que corresponden a las épocas seca, de transición y lluviosa.

Se realizó análisis fisicoquímicos (arsénico [límite de cuantificación (LC) = 0,0029 mg/L], cadmio [LC = 0,00010 mg/L], cobre [LC = 0,15 mg/L], cromo [LC = 0,0014 mg/L], plomo [LC = 0,0012 mg/L], demanda química de oxígeno (DQO) [LC = 30 mg/L], fósforo total (P_{total}), nitratos [LC = 0,29 mg/L], pH, sólidos suspendidos totales (SST) [LC = 8,0 mg/L]), análisis microbiológicos (*Escherichia coli*, coliformes fecales) y residuos de plaguicidas (organoclorados, organofosforados, piretroides, triazinas, uracilos y carbamatos), en agua y sedimento. Los ensayos de calidad de agua y determinación de residuos de plaguicidas están acreditados bajo la norma ISO 17025.

Se incluyó el análisis de bioindicadores, (macroinvertebrados bentónicos), aplicando el índice BMWP' adaptado a Costa Rica. Se realizó un muestreo de 1 hora en el cual dos personas realizaron la extracción *in situ* de los especímenes.

La clasificación del agua se ejecutó con base en lo establecido en el Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales¹¹ y los resultados obtenidos se presentaron a los miembros de la comunidad.

RESULTADOS

Como parte del análisis biofísico de la zona de estudio se estableció la existencia de aproximadamente 30 fincas cercanas al curso de agua de la Quebrada Sanatorio. En estas fincas se cultiva principalmente cebolla y papa. A través del análisis biofísico se determinó que el uso del agua de esta quebrada es principalmente para riego.

Descripción biofísica

La quebrada emerge a la superficie por una alcantarilla ubicada a la orilla de la carretera, pues aparentemente, esta es entubada posterior a su nacimiento. Hay un represamiento para bombear agua y utilizarla para riego. Este sitio lugar tiene poca cobertura vegetal. Entre el punto de muestreo 1 (Sanatorio Durán) y el punto 2 (El Rodillal) se encuentran las principales tomas de agua para riego, lo que tiene implicaciones en inocuidad alimentaria y en salud pública.

El punto 2 se encuentra en una sección el río cubierta por árboles. Hay piedras de gran tamaño en el cauce, y se distinguen al menos dos caídas

de agua de aproximadamente un metro de altura. En una de las orillas de la quebrada se hallan dos captaciones de agua, que alimentan el acueducto de Tierra Blanca. Este punto se ubica en un cañón de aproximadamente cinco metros de profundidad. Es importante mencionar que en este punto se localizaron recipientes vacíos de plaguicidas en varios de los muestreos.

El punto 3 se ubica bajo el puente de la carretera principal de Tierra Blanca. Hay una cubierta vegetal moderada compuesta por árboles principalmente. Aguas arriba, aproximadamente a cuatrocientos metros, se ubican casas a las orillas del cañón del río, algunas fincas y al menos dos puentes peatonales. Se observó que el agua jabonosa de las casas es conducida a la quebrada por los caños construidos a la orilla de la calle. En el lugar de muestreo, hay presencia de materia fecal. Tanto aguas arriba como aguas abajo, hay tubos de desagüe provenientes de las casas.

En los puntos 2 y 3 se encontraron represamientos construidos con sacos de arena, estas estructuras tienen la finalidad de suministrar agua a las mangueras de bombeo. Además cerca de esta zona se identificó una lavandería de papas que deposita las aguas de lavado en la quebrada.

A lo largo del cauce, se hallaron desechos como sacos plásticos vacíos y con desechos de la producción de cebolla, canastas plásticas, bolsas plásticas y envases plásticos vacíos. Cerca del punto 2, se distinguió 3 botaderos clandestinos hacia la quebrada, en los que se identificó desechos vegetales (papa, cebolla, mango, caldo de tomate), envases de plaguicidas vacíos, canastas plásticas, cable eléctrico, sacos, bolsas, entre otros.

Caracterización fisicoquímica y detección de residuos de plaguicidas

En el punto 1, Se determinó que los niveles máximos de sólidos suspendidos en el agua de detectaron en los meses de junio y agosto. En abril, el contenido de materia orgánica (DQO) fue de 67 mg/L, mientras que el resto del año se mantuvo por debajo de 30 mg/L. En los meses de junio y agosto, se encontraron trazas de arsénico. El nivel de coliformes fecales fue mayor a $1,6 \times 10^4$ NMP/100 mL (Tabla 1). El análisis con macroinvertebrados bentónicos, calificó la calidad del agua de este punto como "mala, muy contaminada".

Tabla 1. Resultados de los análisis de calidad de agua de la quebrada Sanatorio en el punto 1

Variable	Unidad	Valor Crítico	04/2011	06/2011	08/2011	10/2011
Arsénico	mg/L	<0,01	-	0,0091 ± 0,0053	0,0127 ± 0,0021*	-
DQO	mg/L	<25	67 ± 31	-	-	-
Nitratos	mg/L	<10	1,16 ± 0,29	1,14 ± 0,68	1,20 ± 0,22	1,64 ± 0,62
pH	pH a 20,0 °C	6,5 a 8,5	7,05 ± 0,18	7,39 ± 0,21	7,65 ± 0,11	7,61 ± 0,12
SST	mg/L	<25	-	46,95 ± 0,34	32,1 ± 0,34	19,4 ± 0,34
P_{total}	mg/L	-	0,066 ± 0,016	0,278 ± 0,013	0,2426 ± 0,0075	0,1730 ± 0,0041
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1x10 ³	NA**	1,6x10⁴	2,3x10⁴	1,7 x10⁵
E. Coli	NMP/100mL	-	NA**	1,6 x 10⁴	2,3 x 10⁴	1,7 x 10⁵

* Los resultados en negrita sobrepasan el valor crítico; ** No se tomaron muestras.

Se encontraron residuos de insecticidas en agua como diazinón y el fungicida carbendazín. En sedimentos la detección de residuos de plaguicidas fue mayor, en especial de insecticidas (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de contenido de residuos de plaguicidas en el agua y los sedimentos del punto 1

Variable	Tipo	Unidad	04/2011	06/2011	08/2011	10/2011
Diazinón (agua)	I	µg/L	3,80 ± 0,42	-	-	-
Carbendazín (agua)	F	µg/L	-	Entre 0,041 y 0,081	-	-
Bifentrina	I	µg/kg	-	-	0,5733 ± 0,0054	3,13 ± 0,17
λ-Cihalotrina	I	µg/kg	-	-	0,635 ± 0,029	1,80 ± 0,24
Cipermetrina	I	µg/kg	-	1,613 ± 0,39	3,420 ± 0,046	-
Clorpirifos	I	µg/kg	-	17,7 ± 3,3	89,8 ± 5,7	1150 ± 45
Diazinón	I	µg/kg	-	-	-	7,2 ± 1,1
Endosulfán α	I	µg/kg	-	-	3,21 ± 0,12	-
Endosulfán β	I	µg/kg	-	-	4,95 ± 0,23	-
Etoprofos	I/N	µg/kg	-	-	-	22,8 ± 1,1
Fenamifos	I/N	µg/kg	-	-	-	424 ± 27
Clorotalonil	F	µg/kg	-	Entre 43 y 73	-	1443 ± 94
Oxifluorfen	H	µg/kg	-	-	-	25,6 ± 1,7

I = Insecticida; I/N = Isecticida/nematicida; F = Fungicida; H = Herbicida.

En el Rodillal (sitio 2), se encontraron los mayores niveles de nitrato (15,71 mg/L a 45,3 mg/L) de todos los muestreos. En los meses de junio y agosto se hallaron trazas de arsénico. El mayor valor detectado de sólidos suspendidos totales

se llevó a cabo en junio (94,4 mg/L). Los niveles de coliformes fecales fueron mayores a 9,20x10³ NMP/100 mL (Tabla 3). El resultado del análisis de bioindicadores calificó la calidad del agua de este punto como "mala, muy contaminada".

Tabla 3. Resultados de los análisis de calidad de agua de la quebrada Sanatorio en el punto 2

Variable	Unidad	Valor Crítico	04/2011	06/2011	08/2011	10/2011
Arsénico	mg/L	<0,01	-	(8,3 ± 5,3) x10 ⁻³	0,0107 ± 0,0021	-
Cromo	mg/L	<0,05	-	(2,04 ± 0,56) x10 ⁻³	-	-
Nitratos	mg/L	<10	45,3 ± 2,0	19,41 ± 0,99	15,71 ± 0,26	14,51 ± 0,72
pH	pH a 20,0 °C	6,5 a 8,5	7,57 ± 0,18	7,96 ± 0,21	8,06 ± 0,11	8,04 ± 0,12
SST	mg/L	<25	15,90 ± 0,33	94,40 ± 0,35	-	34,10 ± 0,34
P_{total}	mg/L	-	0,080±0,015	0,343±0,014	0,2006±0,0069	0,2707±0,0049
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1x10 ³	NA	1,6 x 10⁴	1,6 x 10⁵	9,20x10³
E. Coli	NMP/100mL	-	NA	1,6 x 10⁴	1,6 x 10⁵	9,20x10³

Se encontró presencia de residuos del plaguicida carbendazín ([0,135 ± 0,055] µg/L) en agua. En sedimentos, la variedad fue menor que en el punto 1, pero se mantiene la predominancia de insecticidas (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de contenido de residuos de plaguicidas en el agua y los sedimentos del punto 2

Variable	Tipo	Unidad	06/2011	08/2011	10/2011
Carbendazín (agua)	F	µg/L	0,135 ± 0,055	-	-
Bifentrina	I	µg/kg	-	0,7857 ± 0,0054	3,13 ± 0,17
λ-Cihalotrina	I	µg/kg	0,466 ± 0,028	0,404 ± 0,028	1,80 ± 0,24
Cipermetrina	I	µg/kg	2,106 ± 0,040	-	-
Clorpirifos	I	µg/kg	35,1 ± 3,4	63,3 ± 4,4	69,1 ± 2,0
Diazinón	I	µg/kg	-	-	4,8 ± 1,1
Clorotalonil	F	µg/kg	-	111 ± 10	887 ± 64
Oxifluorfen	H	µg/kg	22,4 ± 4,2	133,4 ± 6,5	38,5 ± 1,9

I = Insecticida; I/N = Insecticida/nematicida; F = Fungicida; H = Herbicida.

En el punto 3 que se caracteriza por poseer una mayor influencia urbanística se detectó un mayor contenido de materia orgánica (DQO). En lo relativo a SST, se encontraron valores entre 13,05 mg/L y 68 mg/L. El nivel de coliformes fecales fue mayor a 16,0x10³ NMP/100 mL. Durante el año también se hallaron trazas de arsénico y cromo (Tabla 5). En este punto,

se realizó el análisis de bioindicadores únicamente en abril, y el resultado calificó la calidad del agua como "calidad muy mala, extremadamente contaminada". Debido a la deteriorada calidad del cuerpo de agua se determinó que no se debían tomar más muestras de macroinvertebrados bentónicos para resguardar la integridad física de los investigadores.

Tabla 5. Resultados de los análisis de calidad de agua de la quebrada Sanatorio en el punto 3

Variable	Unidad	Valor Crítico	04/2011	06/2011	08/2011	10/2011
Arsénico	mg/L	<0,01	-	$(8,8 \pm 5,3) \times 10^{-3}$	$(9,3 \pm 2,1) \times 10^{-3}$	-
Cromo	mg/L	<0,05	-	$(5,40 \pm 0,54) \times 10^{-3}$	-	-
DQO	mg/L	<25	176 ± 29	448 ± 19	110 ± 33	NA
pH	pH a 20,0 °C	6,5 a 8,5	5,96 ± 0,189	6,88 ± 0,21	6,76 ± 0,11	7,08 ± 0,12
SST	mg/L	<25	56,10 ± 0,34	45,60 ± 0,34	13,05 ± 0,33	68,6 ± 0,34
P_{total}	mg/L	-	0,0253 ± 0,019	0,279 ± 0,013	0,0940 ± 0,0062	0,4261 ± 0,0095
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1x10 ³	NA	1,6x10⁴	1,6x10⁵	1,6x10⁶
E. Coli	NMP/100mL	-	NA	1,6 x 10⁴	1,6 x 10⁵	1,6 x 10⁶

En el punto 3, se desestimó la muestra de sedimentación y se analizaron residuos de plaguicidas en el agua. En junio, se encontró la presencia de carbofurán e un rango de 0,11 µg/L y 0,20 µg/L.

DISCUSIÓN

En los puntos de muestreo seleccionados se determinó un nivel alto de contenido de coliformes fecales y *E. coli*, indicadores de contaminación por materia fecal a lo largo de la quebrada. En el punto 3, esto fue evidente e inclusive no permitió la toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos durante el proceso de monitoreo, debido al riesgo que representaba para los investigadores. La presencia de indicadores de contaminación fecal demuestra que es posible que se encuentren organismos patógenos como virus, bacterias y parásitos en el agua, con capacidad de causar brotes infecciosos en seres humanos si éstos llegan a tener contacto con el recurso contaminado o desarrollo de enfermedades en animales en caso de utilizarse éste recurso para abrevaderos en áreas de producción pecuaria^{3,4}.

Bajo condiciones de trabajo que implican la exposición constante a fuentes de contaminación microbiológica, los agricultores de la zona de Tierra Blanca de Cartago se encuentran en riesgo de adquirir enfermedades diarreicas que pueden ser causadas por virus, bacterias o parásitos. Además, la familia de los agricultores y los consumidores se encuentran expuestos a consumir alimentos

inoculados con enteropatógenos debido al uso de agua de riego contaminada, especialmente si los productos son alimentos de consumo fresco⁷.

Muchos de los enteropatógenos que se transmiten vía hídrica o alimentaria tienen la capacidad de sobrevivir en estos ambientes por largos periodos de tiempo, aumentando la probabilidad de producir enfermedad y brotes. Por ejemplo, se ha demostrado que cepas virulentas de *E. coli* tienen la capacidad de sobrevivir mayor cantidad de tiempo en el ambiente que otras cepas no patógenas. Pueden encontrarse en suelos contaminados o aguas para riego. Muchas de estas cepas pueden colonizar tejidos de raíz u hojas de vegetales como rábano o lechugas y tienden a ser más persistentes a procesos de lavado de los alimentos¹⁰.

En el punto 2, se observó un contenido alto de nitratos durante todo el período de muestreo, a diferencia de los puntos 1 y 3, donde los valores se mantienen por debajo de (1,64 mg/L ± 0,62 mg/L). Este resultado puede explicarse por la presencia de fincas agrícolas aguas arriba del sitio de muestreo. Entre el punto 1 y el punto 2 hay un aumento importante del contenido de este ión en el agua. Es posible que el origen de este compuesto sean los insumos agrícolas (fertilizantes) utilizados, ya que normalmente es incorporado como una fuente de nitrógeno.

La presencia de nitratos en agua y de residuos de plaguicidas en el agua y sedimentos de los sitios de estudio está asociada a un fenómeno

de escorrentía. El relieve de la localidad presenta pendientes pronunciadas, en especial en las zonas de mayor altitud. Si bien en Cartago se han realizado actividades de formación para incentivar la implementación de buenas prácticas de manejo de suelo, todavía la problemática de pérdida de suelo por escorrentía y deposición del mismo en cuerpos de agua es importante. Específicamente en la zona de estudio se determinó que las fincas circundantes a la Quebrada Sanatorio no cuentan con sistemas adecuados de retención de suelo y prevención de contaminación de recurso hídrico. Existe una carencia de zonas buffer para evitar contaminación de aguas superficiales y subterráneas, lo que permite que la escorrentía incorpore gran cantidad de nutrientes y plaguicidas en los cuerpos de agua^{7,12,13}.

Desde el punto de vista de salud ambiental, es importante tomar en cuenta la calidad del recurso hídrico utilizado para riego. La incorporación de agua residual al esquema de riego incluye el riesgo de incorporar altas concentraciones de fósforo, nitrógeno y ortofosfato produce alteraciones en el ecosistema del suelo. El nitrógeno en exceso que ingresa al suelo, nuevamente, por acción de la escorrentía se incorpora a aguas superficiales. Además este fenómeno produce alteraciones en la microflora y puede llegar a afectarse la capacidad productiva de los suelos. Como resultado de este agotamiento del suelo, la alteración y degeneración del recurso hídrico disponible para riego, la circulación en el ambiente de contaminantes orgánicos en los compartimentos ambientales suelo, agua y biota, se pone en riesgo la seguridad alimentaria a largo plazo, así como la inocuidad de los alimentos producidos (por el uso agua de riego contaminada con plaguicidas), lo que eventualmente puede generar problemas de salud pública³.

En los tres puntos de muestreo, se detectaron contenidos altos de sólidos suspendidos. Este resultado podría deberse a diversos motivos. El primer punto 1 (naciente Quebrada Sanatorio) se encuentra en una zona con una pobre cobertura vegetal y una ausencia de zona buffer, además los campos aledaños están altamente deforestados, lo que favorece la deposición de sólidos por escorrentía. En el segundo sitio de

muestreo (El Rodillal), se estima que la escorrentía de los terrenos hacia la quebrada es la principal fuente de estos sólidos, y en el tercero (puente de Tierra Blanca), existe la presencia de una gran cantidad de materia orgánica en descomposición en el agua y evidentes procesos de eutrofización. Estos fenómenos pueden causar problemas como la afectación del funcionamiento de las bombas de extracción de agua para riego, pues se generan obstrucciones en los filtros, además, es una vía potencial para el transporte y diseminación fitopatógenos fomentando la diseminación de enfermedades.

CONCLUSIONES

El agua de la quebrada Sanatorio no es apta para su uso en riego en ninguno de los tres puntos de muestreo, según los criterios de clasificación de la legislación costarricense¹⁰. Esto debido a que el contenido de coliformes fecales, la presencia de residuos de plaguicidas en el agua, el contenido de sólidos suspendidos totales y el contenido de nitratos en el punto 2 exceden el valor máximo permitido. Adicionalmente, el agua de la quebrada se clasificó como "calidad mala, muy contaminada" y "calidad muy mala, extremadamente contaminada", con base en los resultados de los análisis con bioindicadores.

La quebrada está siendo alterada por un grado importante de contaminación. Hay evidencia que sugiere que hay escorrentía desde los terrenos aledaños, por lo que se incorporan residuos de fertilizantes, plaguicidas y sólidos a la quebrada. Los residuos de plaguicidas encontrados presentan un riesgo importante para la vida acuática y la salud de la población. Adicionalmente, se están descargando aguas de desecho sin tratamiento desde algunas viviendas hacia la quebrada.

Hay una incorporación importante de materia orgánica al agua de la quebrada, producto de desechos vegetales como cebolla y papa, además de productos foráneos, como mangos y caldo de tomate. La presencia de este material vegetal podría favorecer la diseminación de organismos fitopatógenos como hongos y bacterias a través del agua.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a la comunidad de Tierra Blanca de Cartago por su apoyo en la gestión del proyecto. Un agradecimiento a los organizadores del 1º Congreso de Seguridad Alimentaria

y Nutricional, realizado en San José, Costa Rica, instancia que permitió la divulgación a nivel nacional de la información obtenida, así como la publicación en las memorias de dicha actividad la información de esta investigación.

REFERENCIAS

1. Damalas C, Telidis G, Thanos S. Assessing farmers' practices on disposal of pesticide waste after use. *Sci Total Environ.* 2008;390(2-3):341-5.
2. Sule Isina S, Yildirim I. Fruit-growers' perceptions on the harmful effects of pesticides and their reflection on practices: the case of Kemalpaşa, Turkey. *Crop Protection.* 2007;26(7):917-22.
3. Hanjraa M, Blackwella J, Carr G, Zhangd F, Jacksona T. Wastewater irrigation and environmental health: implications for water governance and public policy. *Int J Hyg Environ Health.* 2012;215(3):255-69.
4. Qadir M, Wichelns D, Raschid-Sally L, McCormick P, Drechsel P, Bahri A, et al. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Manage.* 2010;97(4):561-8.
5. Mutengu S, Hoko Z, Makoni F. An assessment of the public health hazard potential of wastewater reuse for crop production. A case of Bulawayo city, Zimbabwe. *Phys Chem Earth.* 2007;32(15-18):1195-203.
6. Campos C. New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. *Desalination.* 2008;218(1-3):34-42.
7. Ruecker N, Scottx A, Sunohara M, Topp E, Lapen D. Associations among pathogenic bacteria, parasites, and environmental and land use factors in multiple mixed-use watersheds. *Water Res.* 2011;45(18):5807-25.
8. República de Costa Rica. Programa Estado de la Nación. Informe Estado de la Región en Desarrollo Humano Sostenible. San José (CRI): Programa Estado de la Nación; 2011. p. 361-402, cap 5.
9. Barbieri E, Ferreira LAA. Effects of the Organophosphate Pesticide Folidol 600 on the Freshwater Fish, Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Pestic Biochem Physiol.* 2011;99(3):209-14.
10. van Elsas J, Semenov A, Trevors J. Mini-Review. Survival of *Escherichia coli* in the environment: fundamental and public health aspects. *ISME J.* 2011;5(2):173-83.
11. República de Costa Rica, MINAE-S. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. Decreto No. 33903, La Gaceta No. 178. San José, Costa Rica.
12. Dosskey M. Toward Quantifying Water Pollution Abatement in Response to Installing Buffers on Crop Land. *Environmental Management.* 2001;(28):577-98.
13. Barbieri E. Effect of 2,4-D herbicide (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) on oxygen consumption and ammonium excretion of juveniles of *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) (Osteichthyes, Cichlidae). *Ecotoxicology.* 2009;(18):55-60.