

CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS DE LA MICROCUCENCA IV DEL RÍO VIRILLA

*Hugo Leandro
Juana María Coto
Viviana Salgado*

Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico
Escuela de Química, Universidad Nacional
jcoto@una.ac.cr, viviana.salgado@gmail.com

RESUMEN

En la evaluación de la calidad del agua de los cauces de los Ríos Tibás, Lajas, Tranqueras y Tures de la Microcuenca IV del Río Virilla se aplicaron dos índices basados en parámetros físicos, químicos y bacteriológicos con el fin de brindar recomendaciones para la gestión y el uso del recurso hídrico. Los índices aplicados fueron el Índice de Calidad de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos de América (ICAFNS) y el Índice del Sistema Holandés de Valoración de la Calidad del Agua.

Se realizaron tres muestreos: en la época lluviosa en setiembre del 2004, transición lluviosa-seca en diciembre del 2004 y en la época seca en febrero del 2005; en 7 puntos: uno ubicado en el Río Tranqueras, otro en el Río Lajas y cinco en el Río Tibás. También, se determinó cualitativamente la vulnerabilidad de los puntos de muestreo.

Se concluyó que en los puntos superiores la contaminación está asociada a la escorrentía superficial y en los inferiores a los efectos de fuentes de contaminación puntuales y no puntuales.

Una adecuada gestión de la microcuenca debe incluir acciones de protección y conservación de suelos en los puntos superiores, mientras que en los inferiores se requieren acciones de remediación y posterior protección, particularmente un manejo adecuado de las aguas negras.

Palabras clave: Recurso hídrico, Agua superficial, Índices de calidad de aguas, Río Tibás, Río Virilla.

ABSTRACT

In the evaluation of the water quality of Tibás, Lajas, Tranqueras and Tures rivers, located at Virilla River watershed, were applied two quality indices based on physical, chemical and bacteriological parameters, with the purpose of offering recommendations for management and use of water resources. The indices were: the National Sanitation Foundation of the United States of America Quality Index and the Index of the Dutch System of Valuation of the Water Quality.

Samples were collected during the rainy period in September of 2004, rainy-dry transition in December of 2004 and dry period in February of 2005 in seven points: one located in the Tranqueras River, another one in the Lajas River and five in the Tibás River. Also, it was determined the vulnerability of the sampling points.

It is concluded that at the upper points the pollution is related to surface runoff and at the lower ones, by a combination of point and non point sources of pollution.

The management of watersheds must include soil conservation and protection processes at the upper part, whereas at the lower are required remediation and later protection actions, and wastewater management.

Keywords: Water Resources, Surface water, Tibás River, Virilla River, Water Quality Indices

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, los problemas relacionados con la cantidad y calidad del agua se agravan día tras día, en gran medida porque se le estima inagotable. Las aguas superficiales se han valorado y gestionado principalmente desde la perspectiva de aprovechamiento y bienestar del ser humano, con un uso intensivo para la evacuación de desechos, producción de energía eléctrica, agua potable, riego, actividades industriales y, en menor medida, para la conservación de ecosistemas y la protección del recurso hídrico. Crece también el desequilibrio entre la oferta y la demanda del agua, provocado principalmente por el crecimiento demográfico y el uso de tecnologías de producción menos limpias.

En su calidad, el recurso es afectado principalmente por malas prácticas que facilitan la incorporación de contaminantes a los cuerpos de agua. La contaminación de los ríos del Valle Central tiene sus causas en una compleja interrelación de aspectos, entre ellos incremento y concentración de la población en algunas cuencas, insuficiente planificación de las actividades urbanas e industriales, uso inadecuado de los suelos, deforestación y manejo inadecuado de desechos domiciliarios, agropecuarios e industriales (Coto, 1998).

El Río Virilla, uno de los más importantes del Valle Central, ubicado en la Cuenca del Río Grande de Tárcoles, es el colector principal de un área de 912 km² y en él predomina la contaminación orgánica proveniente de fuentes puntuales y no puntuales. La parte alta de la cuenca aporta agua para cubrir diferentes necesidades de los habitantes de toda la unidad hidrográfica, a saber, energía eléctrica, agua potable, agua para uso agrícola e industrial, entre otras (Plama Virilla, 1995). Está constituida por cinco microcuencas; una de ellas, la llamada Microcuenca IV, de la del Río Tibás es el sitio de estudio (Figura 1).

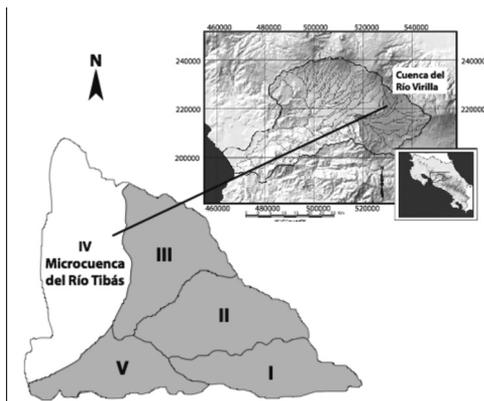


Figura 1. Cuenca alta del Río Virilla y Microcuenca IV, Río Tibás. Las Microcuencas de los Ríos Virilla-Durazno, Macho-Virilla, Pará-Paracito y Virilla-Ipís-San Francisco se señalan con I, II, III, y V, respectivamente. Mapa base tomado de CNFL, 2004.

La Microcuenca IV es una zona de moderada concentración demográfica, baja concentración de actividades industriales y de servicio y es una fuente importante de agua. Posee una extensión de 142 km², limita al norte con la Reserva Forestal de la Cordillera Volcánica Central y con el Parque Nacional Braulio Carrillo, en la línea divisoria de aguas Atlántico-Pacífico de la Cordillera Volcánica Central; al oeste con el Cantón de Santo Domingo de Heredia, en forma casi paralela con el Río Astillero. Al este limita con el Parque Nacional Braulio Carrillo y al sur con los cantones de Tibás y Moravia, de la Provincia de San José. A esta microcuenca pertenecen los Ríos: Tibás, Lajas, Tures y Tranqueras, cuyas nacientes se encuentran cerca de zonas protegidas, en la zona de recarga de acuíferos, con alta precipitación pluvial y condiciones de flujo de las zonas altas a las profundidades debido a su topografía y tipo de suelos.

La calidad del agua -considerando factores físicos, químicos y biológicos, complementados con información sobre las formas, intensidad y permanencia de la contaminación-, constituye un insumo fundamental para la toma de decisiones para la gestión integrada del recurso hídrico; entendida esta como la “administración y el desarrollo armoniosos

del agua, el suelo y los recursos relacionados, para optimizar el bienestar económico y social, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (Cap-Net, Redica, 2005). Sánchez (2003) define la gestión como “un proceso sistemático para la asignación y monitoreo del uso y de la calidad del recurso hídrico, en el marco de objetivos sociales, económicos y ambientales”.

MATERIALES Y MÉTODOS

En los meses de setiembre, noviembre y diciembre de 2004 y febrero de 2005 se realizaron muestreos en siete puntos en el Río Tibás y sus afluentes los Ríos Tranqueras y Lajas, ubicados en la parte superior de la microcuenca y en la parte inferior del Río Tures. Los sitios de muestreo se eligieron tomando en cuenta el uso del suelo, las condiciones de alteración de la ribera y aspectos ecológicos, entre otros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Puntos de muestreo en ríos de la Microcuenca IV del Río Virilla

Punto de muestreo	Cantón	Nombre del punto	Altitud (m.s.n.m)	Coordenadas
1	San Rafael	Tranqueras	1700	10°03.115'N 84°02.261'O
2		Lajas	1650	10°02.896'N 84°02.347'O
3		Tibás Arriba	1500	10°01.976'N 84°04.666'O
4	San Isidro	Tibás San Isidro	1325	10°01.109'N 83°03.358'O
5	Santo Domingo	Tibás Abajo	1150	9°59.170'N 84°03.579'O
6		Tures	1115	9°59.380'N 84°04.055'O
7		Tibás-Tures	1150	9°58.636'N 84°04.165'O

En cada punto se colectaron muestras de agua compuestas por volúmenes iguales de tres submuestras tomadas a profundidad media a lo ancho de la corriente, las cuales se preservaron, transportaron y analizaron según lo establecido en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). Los límites de cuantificación

para nitratos y fosfatos se determinaron usando el procedimiento descrito en Miller JN y Miller JC (2000), y en Lloyd A (1995). El caudal se midió con un caudalímetro marca Scientific Instruments, modelo Digimeter CMD900 Current Meter Digitizer.

Los datos de precipitación pluvial se obtuvieron del Instituto Meteorológico Nacional y corresponden a los acumulados mensuales de 1971-1995, 1989-1993 y 1971-2003 en las estaciones Zurquí, Cerro Zurquí y San Josecito, respectivamente. La información de la estación Cerro Zurquí se tomó como referencia para la interpretación de los datos de los puntos Tranqueras, Tibás Arriba y Lajas, la de la estación Zurquí para el punto Tibás San Isidro, y para Tures, Tibás Abajo y Tibás-Tures, la de la estación San Josecito.

Se determinaron dos índices de calidad de aguas: el Índice de Calidad del Instituto Nacional de Sanidad de los Estados Unidos de América, ICAFNS (Mitchell et al., 1993) y el Índice del Sistema Holandés de Valoración de la Calidad del Agua (Decreto N°. 33903, 2007).

La vulnerabilidad ambiental de cada sitio se determinó mediante un instrumento cualitativo desarrollado por Leandro (2006) con base en la matriz propuesta por Masis (2004). La estadística descriptiva: promedio, mediana, percentiles, correlaciones paramétricas y no paramétricas se realizó con el programa SPSS 13.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los patrones de precipitación en las estaciones meteorológicas San Josecito y Zurquí muestran máximos en los meses de setiembre y octubre, y mínimos en marzo; patrón de lluvias característico del Valle Central, donde la época

seca va de enero a abril, la lluviosa de mayo a noviembre y entre cada período se presentan épocas de transición. Además, en la estación Cerro Zurquí, los máximos de precipitación se presentan en diciembre, con mínimos en los meses de febrero, abril, junio y setiembre y se observó un patrón de lluvias semejante al de la vertiente del Caribe.

Se evidenció una mayor concentración de sólidos totales y de turbiedad durante la época lluviosa y una disminución en las épocas de transición y seca. Los sólidos totales presentaron correlación con los nitratos ($r = 0,648$; $n = 21$; $p = 0,001$). No se presentó correlación entre otras variables. Asimismo, se encontró una tendencia creciente en la concentración de los sólidos totales y la turbiedad ($r = 0,754$; $n = 21$; $p = 0,000$) conforme disminuye la altitud. Generalmente los valores de estos parámetros aumentan al acercarse el río a asentamientos humanos por los efectos de la actividad antropogénica.

El valor medio en la concentración de nitrato fue de $1,73 \pm 0,01$ mg/L; este y todos los valores obtenidos en el estudio están muy por debajo del establecido para aguas clase 1 (Decreto N°. 33903, 2007); no obstante, al aumentar la población en las cercanías de los ríos, los valores de nitrato incrementaron. Además, en la mayoría de los puntos las concentraciones de amonio y fosfato soluble fueron menores al límite de cuantificación ($0,08 \pm 0,01$ y $0,07 \pm 0,01$ mg/L, respectivamente).

El valor medio del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (PSO) fue de 89 %; la totalidad de los datos se encuentran por encima del 60 % de saturación, que es el mínimo recomendado por Flanagan (1992) para aguas superficiales, lo cual es un buen indicativo de la calidad de los ríos. En general, durante la época lluviosa se obtuvieron los valores de oxígeno disuelto más bajos debido al aporte de materiales por escorrentía desde las riberas y a la mayor cantidad de oxígeno disuelto requerido durante el proceso bioquímico de degradación.

En la transición lluviosa-seca, la concentración de oxígeno aumentó levemente y disminuyó la de sólidos totales. En la época

seca se presentaron los valores más altos de oxígeno disuelto, lo que generó una mejoría en la calidad del agua.

El valor medio de DBO_5 fue de $5,59 \pm 0,02$ mg/L, levemente superior al recomendado por Flanagan (1992) para aguas naturales superficiales. El 48 % de las muestras evaluadas presentaron valores iguales o menores que el promedio. Como tendencia general, en la época lluviosa y en la transición, los puntos ubicados en la parte inferior de la microcuenca (5, 6, y 7) presentaron los valores mayores de DBO_5 .

El 86 % de los valores de coliformes fecales fue igual o mayor a 200 NMP/100 mL, recomendado para aguas naturales por Flanagan (1992); el valor medio fue de 1255 NMP/100 mL. Se observó una tendencia al aumento de los coliformes fecales en los puntos más bajos de la microcuenca, lo que indica que donde se concentra la población existe mayor aporte de material fecal. Esta condición podría estar relacionada con la inexistente red de alcantarillado sanitario y la predominancia de tanques sépticos como sistemas de tratamiento de aguas negras. El contenido de coliformes fecales es uno de los factores que afectan más significativamente la calidad del agua de los cauces de la Microcuenca IV.

Se evidenció, un aumento de la carga orgánica conforme los ríos descienden hacia las zonas bajas de la microcuenca (de 1 a 70 kg $DBO/día$), donde la densidad poblacional aumenta, pero también se determinó que los afluentes ejercen un importante efecto de dilución de los contaminantes en el cauce principal del Río Tibás.

Según el ICAFNS, la calidad del agua del Río Tibás, en la época lluviosa, fue buena en los puntos superiores hasta el punto Tibás Abajo, donde cambió a regular, aunque en el límite con la categoría de calidad buena. El punto Tures-Tibás presentó calidad buena. De acuerdo con el Índice Holandés, se encontró contaminación incipiente en la mayoría de los puntos del Río Tibás, con excepción del punto Tibás Abajo, donde la calidad disminuyó a contaminación moderada, en el límite con contaminación incipiente. En el punto Tures-Tibás mejoró la calidad del agua según

Cuadro 2. Calidad del agua en cauces de la Microcuenca IV del Río Virilla, según los índices INCAFNS y Holandés

Punto de muestreo	Índice ICAFNS			Índice Holandés		
	Lluviosa	Transición	Seca	Lluviosa	Transición	Seca
1	buena	buena	regular	incipiente	moderada	moderada
2	buena	buena	buena	incipiente	incipiente	moderada
3	buena	buena	regular	incipiente	incipiente	moderada
4	buena	buena	buena	incipiente	incipiente	incipiente
5	regular	buena	buena	moderada	moderada	incipiente
6	regular	regular	buena	incipiente	moderada	incipiente
7	buena	regular	regular	incipiente	moderada	incipiente

los dos índices evaluados debido, por un lado, al efecto de dilución que provocó el ingreso de aguas provenientes del Río Tures, y por otro, a características como la pendiente del terreno y la presencia de rocas en el cauce que facilitan el proceso de oxigenación.

Aunque la calidad del agua en los puntos superiores fue buena, presentan signos de ingreso de contaminantes por escorrentía superficial; lo cual alerta acerca de la necesidad de protegerlos, puesto que se ubican en sitios de recarga acuífera y de afloramiento de nacientes. En los puntos intermedios, la calidad del agua fue buena, pero su vulnerabilidad aumentó, debido a la cercanía de núcleos poblacionales. En los puntos inferiores la calidad disminuyó, pues en esta sección de la cuenca se incrementa la escorrentía superficial, la descarga de aguas residuales de origen doméstico y de actividades agropecuarias. Tibás Abajo, Tures-Tibás y Tures son los que presentan la mayor problemática, debido a que se encuentran en zonas de mayor densidad poblacional, han recibido aguas domésticas de diversos caseríos, tienen riberas más desprotegidas y el río atraviesa un área con altas pendientes, lo que favorece el arrastre de materiales de las laderas (Cuadro 2, Figuras 2 y 3).

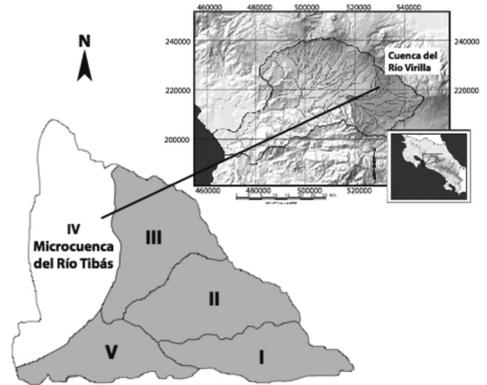


Figura 2. Calidad del agua según el ICAFNS y vulnerabilidad en la Microcuenca IV del Río Virilla. A. Época lluviosa, B. Transición lluviosa-seca y C. Época seca. Los puntos de muestreo se señalan dentro de los símbolos representativos de la vulnerabilidad.

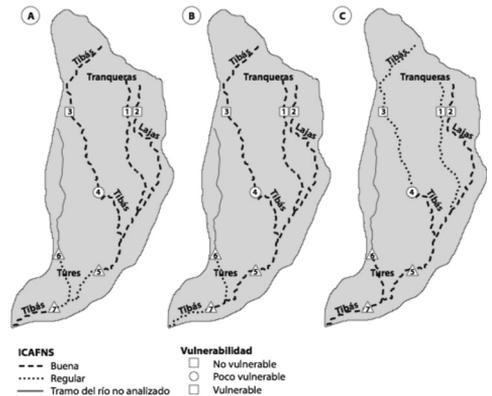


Figura 3. Calidad del agua según el Índice Holandés y vulnerabilidad en la Microcuenca IV del Río Virilla. A. Época lluviosa, B. Transición lluviosa-seca y C. Época seca. Los puntos de muestreo se señalan dentro de los símbolos representativos de la vulnerabilidad.

Este estudio concuerda con los realizados por Coto y Salgado (2004) en cuanto a que la calidad del agua en la Microcuenca IV no presenta variaciones temporales extremas, lo cual es indicativo de que aún no existen aportes de contaminantes que causen gran impacto y que las condiciones físicas del Río Tibás permiten la oxigenación constante de las aguas favoreciendo su autodepuración.

CONCLUSIONES

La calidad del agua en los puntos superiores de la Microcuenca IV del Río Virilla está influenciada por la escorrentía superficial, mientras que en los puntos inferiores por una combinación de escorrentía superficial e ingreso de contaminantes provenientes de fuentes antropogénicas puntuales.

Como tendencia general, se determinó que los puntos de muestreo de la Microcuenca IV del Río Virilla presentan calidad buena de acuerdo con el ICAFNS y que el oxígeno disuelto es el parámetro determinante para mantener ese nivel de calidad.

Los sitios superiores Tranqueras, Lajas, Tibás Arriba presentaron baja vulnerabilidad y calidades del agua: buena (ICAFNS) y con contaminación incipiente (Holandés). Además, los puntos inferiores presentan mayor vulnerabilidad y calidades del agua buena-regular (ICAFNS) y con contaminación moderada (Holandés).

Los procesos de gestión del recurso hídrico en la Microcuenca IV del Río Virilla deben enfatizar en la protección y la conservación en los puntos superiores y en los puntos inferiores, en la remediación y la protección, así como en el manejo de fuentes de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- American Public Health Association (APHA). (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Twentieth edition, American Water Works Association, Water Environment Federation, United States of America. 2-55 a 2-58, 2-60 a 2-61, 2-8 a 2-9, 4-2 a 4-3 a 4-86 a 4-91, 4-103, 4-108 a 4-109, 4-129 a 4-131, 4-139 a 4-145, , 5-2 a 5-6.
- Cap-Net, Redica. (2005). Manual para la implementación de la gestión integrada del recurso hídrico. Versión 1.0. San José, Costa Rica.
- Coto, J. (1998). Calidad de las aguas del Río Virilla, quebradas y tributarios, en diversos puntos ubicados en la cuenca alta del Virilla. Revista Semestral de la CNFL (PLAMA-VIRILLA). 7: 38-50.
- Coto, J. y V., Salgado. (2004). Calidad de las aguas de los principales cauces del Río Virilla. Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico (LAMRHI), Universidad Nacional, Costa Rica. 30-35.
- Flanagan, P. (1992). Parameters of Water Quality. Interpretation and Standards. Second Edition, Environmental Research Unit, Ireland. 16, 37, 67, 78, 83, 93, 111.
- Leandro, H. (2006). *Indicadores de calidad de agua como instrumentos para la gestión de la Microcuenca IV del Río Virilla*. Tesis de Licenciatura en Química Industrial. Escuela de Química, Universidad Nacional.
- Lloyd, A. (1995). Nomenclature in Evaluation of Analytical Methods Including Detection and Quantification Capabilities. *Pure and Allied Chemistry*. 67: 1699-1723.
- Masis, F. (2004). Residuos de plaguicidas en sedimentos de los ríos Poás, Poasito y Colorado por la actividad del área de recarga hídrica, en la zona alta del cantón de Poás, Alajuela. Universidad Nacional, Costa Rica. 30, 31, 33.
- Miller, J.N. y J.C., Miller. (2000). Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Fourth Edition, Pearson Education Limited, England. 116, 121-123.
- Mitchell, M., W.B. Stapp y K. Bixby. (1993). Manual de campo del Proyecto del Río. Una guía para monitorear la calidad del agua del Río Bravo. Tercera Edición. New Mexico State University. Las Cruces, Nuevo México. Estados Unidos.
- PLAMA Virilla. Plan de Mejoramiento Ambiental de la parte Alta de la Cuenca del Río Virilla. (1995). Revista Rescatemos el Virilla, revista semestral de la CNFL, Costa Rica. 2: 6-21.
- Sánchez, V. (2003). Gestión Participativa de Microcuencas. Primera edición. Editorial de la Universidad Nacional, Costa Rica. 79-103, 187-190.