

# EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN FECAL DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL RÍO REVENTAZÓN 1994-2008

Darner A. Mora Alvarado (1)  
Carlos Felipe Portuquez B. (2)  
Gustavo Brenes Salas (3)

## RESUMEN

**Objetivo.** Analizar la evolución de la contaminación fecal de la Cuenca del Río Reventazón, mediante la comparación de resultados de los estudios de los períodos de 1994-1996 y 2006-2008, con el propósito de evaluar el impacto de los aportes Comisión de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del Río Reventazón (COMCURE).

**Metodología.** El estudio es de tipo comparativo en dos períodos de análisis realizados en los períodos 1994-1996 y 2006-2008. En ambos períodos, se realizaron análisis de *Coliformes fecales*/100mL. En el primer estudio (1994-1996), se ubicaron cuatro puntos de muestreo y en el segundo (2006-2008) ocho, incluidos los cuatro anteriores lo cual permitió evaluar la evolución de la contaminación fecal de esta importante cuenca. Además, se realizaron variables básicas fisico-químicas como turbiedad, pH y conductividad. Por otro lado, se estudió el impacto de los programas de la COMCURE en la zona.

**Resultados.** Los resultados de los promedios, máximos y mínimos de *Coliformes fecales*/100 ml demuestran una importante disminución en la contaminación fecal en los puntos RV<sub>2</sub> (bajo el puente en Turrialba), RV<sub>3</sub> (bajo el puente de Siquirres) y RV<sub>4</sub> (El Carmen de Siquirres) pasando de una densidad de *Coliformes fecales*/100mL de 4 a tres dígitos. Los otros 4 puntos de muestreo, ubicados en la zona media de la cuenca, reflejan también contaminaciones bajas, excepto el RV<sub>1</sub>, ubicado a 500 metros debajo de la estación el Congo del ICE. Estos resultados son concordantes con el esfuerzo realizado por la COMCURE en la parte alta y media de la cuenca.

**Conclusiones.** Dichosamente se evidencia una importante disminución en la contaminación fecal en la cuenca del Río Reventazón, lo cual permite que en varios trayectos de su cauce las aguas puedan utilizar para diferentes usos como: recreación, riego, acuacultura y potabilización.

**Palabras clave:** contaminación, cuenca, fecal, potabilización y río.

(1) Licenciado en Microbiología y Química Clínica, Master en Salud Pública. Director Laboratorio Nacional de Aguas.  
(2) Lic. En Gestión Ambiental. Funcionario Laboratorio Nacional de Aguas.  
(3) Funcionario del Área de Muestreo del Laboratorio Nacional de Aguas.

# EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN FECAL DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL RÍO REVENTAZÓN 1994-2008

## 1. INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Reventazón es uno de los cuerpos de agua más importantes del país; abarca un área total de 2.950 km<sup>2</sup> y su cauce principal cuenta con una longitud de 145 km, que lo ubican como el tercero más largo de Costa Rica <sup>(1,2 y 3)</sup>. Los usos del río son muy variados, desde producción hidroeléctrica, riego y recreación, hasta cuerpo receptor de aguas residuales. Los ríos Macho, Navarro, Reventado y Grande de Orosi forman parte de la zona alta, y sus nacimientos emergen de la Cordillera de Talamanca a 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar. Cerca del Valle de Orosi, estos ríos han sido utilizados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) para formar la Represa de Cachí; esta situación convierte esta cuenca en uno de los ríos más “humanizados” junto con el Grande de Tárcoles, al utilizarse entre otros aspectos para la producción de energía eléctrica por medio de las centrales de río Macho, Cachí y Tapantí – cerca de Tucurrique se une el río Pejibaye-; posteriormente, en los alrededores de Guayacán, se bifurca formando un brazo que se une al río Pacuare. En su recorrido, el río Reventazón cruza las ciudades de Turrialba y Siquirres, para unirse con el río Parismina unos 5 km antes de la desembocadura en los Canales de Tortuguero.

En 1994 y 1996, el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) realizó el primer estudio de calidad del agua de este cauce, demostrando una alta contaminación fecal en las zonas media y baja de la cuenca, con promedios que oscilaron entre 4.500 y 6.200 *Coliformes fecales*/100mL en cuatro puntos de muestreo <sup>(4)</sup>, lo que lógicamente significaba un alto riesgo para la salud de los usuarios <sup>5, 6, 7 y 8)</sup>. En el año 2000, mediante la Ley 8023, se creó la “Comisión de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del Río Reventazón” (COMCURE) <sup>(9)</sup>, cuyo objetivo fue regular la planificación, ejecución y control de las actividades de conservación del agua en cuanto a la calidad y cantidad, así como los demás recursos naturales de la cuenca alta del río Reventazón. En este contexto, la COMCURE ha impulsado acciones, en conjunto con la sociedad civil, entre las que se pueden citar:

- Reforestación con la plantación de más de 2 millones de árboles nativos.
- Gestión integrada y participativa del recurso hídrico en la microcuenca del río Purires y en El Guarco de Cartago.
- Generación de energía a partir de biogás, obtenido de las excretas de cerdos <sup>(10)</sup>.

Estas y otras acciones, como la regulación o manejo de la limpieza del embalse de Cachí por parte del ICE, podrían impactar positivamente y disminuir la contaminación sobre el cauce principal del río Reventazón. En razón de esto, se presenta este estudio comparativo con los siguientes objetivos:

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 General

Analizar la evolución de la contaminación fecal de la cuenca del río Reventazón, mediante la comparación de resultados de los estudios realizados de los períodos 1994-1996 y 2006-2008, con el propósito de evaluar el impacto impulsado por la COMCURE en la parte alta y media de la cuenca.

### 2.2. Específicos

- Estudiar las intervenciones realizadas por la COMCURE en la cuenca.
- Evaluar la calidad microbiológica del cauce del río Reventazón.
- Identificar los usos del agua en la cuenca.
- Comparar los datos de contaminación fecal en los períodos 1994-1996 y 2006-2008.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con los objetivos planteados en este estudio se aplicaron los siguientes pasos:

### 3.1 Ubicación de los puntos de muestreo

La selección de los puntos de muestreo se realizó mediante la georeferenciación de 8 estaciones de muestreo, ubicados en la zona media y baja de la cuenca, cuatro de las cuales se repiten en ambos estudios (marcados con \*), tanto en el periodo 1994-1996 como en el 2006-2008. Los cuatro puntos se incorporarán para evaluar la zona media de la cuenca.

Los 8 puntos de muestreo seleccionados para el monitoreo se describen a continuación, a través del cuadro 1 y la figura 1.

**Cuadro 1. Puntos de muestreo para monitoreo de la cuenca del río Reventazón  
Periodo 2006-2008**

<b>Identi- ficación</b>	<b>Ubicación punto de muestreo</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Long.</b>	<b>Lat.</b>
RT <sub>1</sub>	Río Tuis bajo el puente de hamaca	617	0577554	0204336
RP <sub>1</sub>	Río Pejibaye bajo puente en Oriente de Jiménez	649	0571276	0202178
RGO <sub>1</sub>	Río Grande de Orosi, bajo el puente de hamaca	1007	0553416	0197935
Rep <sub>1</sub>	Represa de Cachí	989	0557959	0202715
RV <sub>1</sub> *	Congo 500 metros abajo de la estación del ICE	763	0563654	0205986
RV <sub>2</sub> *	Bajo el puente de Turrialba	571	0574889	0207147
RV <sub>3</sub> *	Bajo el puente en Siquirres	103	0587658	0232335
RV <sub>4</sub> *	El Carmen de Siquirres	53	0592405	0240438



FIGURA 1. ESTACIONES DE MUESTREO EN LA CUENCA DEL RÍO REVENTAZÓN 2009

### 3.3 Acciones de la CONCURE en la zona

Mediante análisis de datos aportados por los COMCURE, se identificaron las acciones realizadas en los años de existencia de esta comisión. El impacto de acciones sobre la contaminación fecal, se evalúa en forma cualitativa y cuantitativa al analizar los datos obtenidos.

### 3.4 Calidad microbiológica del Agua

La calidad microbiológica del agua se realizó utilizando los “Criterios Microbiológicos para Evaluar la Calidad del Agua en sus Diferentes Usos” <sup>(11)</sup>, desarrollados en el LNA, los cuales se presentan a continuación a través del cuadro 2.

**Cuadro 2. Criterios Microbiológicos para Evaluar la Calidad del Agua en sus Diferentes Usos**

Usos del Agua	Xg <i>Coliformes fecales</i> /100 mL	Calidad
-Potabilización	≤20 >20	Excelente Buena Regular Mala
-Recreación		
-Natación	≤500 (a)	Apta
-Navegación	≤5.000 (a)	Apta
-Paisaje	≤10.000 (a)	Apta
-Irrigación		
-Cultivos de consumo crudo	≤200	Apta
-Campos deportivos y césped	≤1000	Apta
-Árboles frutales	≤1000	Apta
-Acuicultura	≤1000	Apta
-Psicultura	≤1000	Apta
-Cultivo de camarones	≤100	Apta

*Nota: Fuente Laboratorio Nacional de Aguas*

*(a): se usan también la cuantificación de huevecillos de nematodos*

*Xg: promedio geométrico.*

### 3.5 Análisis de Aguas

Los análisis de laboratorio para evaluar la calidad del agua, tanto de tipo microbiológico como físico-químico, fueron los siguientes:

- Color aparente
- Conductividad
- Turbiedad
- pH
- *Coliformes fecales*/100 ml, mediante la técnica del Número más Probable

Los resultados de estos análisis se procesaron mediante mínimo, promedio aritmético y máximo de cada variable; en el caso de los *Coliformes fecales*/100mL se usó el promedio geométrico. Las técnicas usadas en los 5 parámetros son las de los Métodos Standard, edición 19 y 20 <sup>(12 y 13)</sup>.

### 3.6 Comparación de datos en los períodos 1994-1996 y 2006-2008

Los datos promedio a comparar son la turbiedad, conductividad y *Coliformes fecales*/100mL, disponibles para los puntos RV<sub>1</sub>, RV<sub>2</sub>, RV<sub>3</sub> y RV<sub>4</sub>, que son los que se repiten en ambos periodos de evaluación.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Resultados de turbiedad, conductividad, *Coliformes fecales*/100mL en el período 1994-1996

El cuadro 3 resume los datos de promedios aritméticos de turbiedad y conductividad, y el promedio geométrico de CF/100 mL, obtenidos en los cuatro puntos de monitoreo seleccionados en el periodo 1994-1996.

**Cuadro 3. Resultados promedio de Turbiedad, Conductividad y *Coliformes fecales* en 4 puntos de muestreo en el Río Reventazón 1994-1996**

Puntos de Muestreo	N	Turbiedad Xa	Conductividad Xa	Xg <i>Coliformes fecales</i> /100mL
RV <sub>1</sub>	18	147	140	4500
RV <sub>2</sub>	18	260	101	6100
RV <sub>3</sub>	18	490	122	6200
RV <sub>4</sub>	18	600	130	4500

Fuente: Mora, Darnier  
 Xa: promedio aritmético  
 Xg: promedio geométrico

### 4.2 Resultados Físico-químico y microbiológicos

En el cuadro 4 se resumen los datos mínimos, promedio aritmético y máximos de los parámetros físico-químicos, realizados en los puntos de monitoreo seleccionados para el período 2006-2008. Por su parte, y en forma similar, el cuadro 5 muestra los mismos datos pero de las variables microbiológicas.

**Cuadro 4. Resumen de valores promedio, mínimo y máximo de las variables físico-químicas en los puntos de muestreo en la Cuenca del río Reventazón 2006-2008**

Punto Muestreo	Color aparente			Turbiedad			Conductividad			PH		
	Mín	Xa	Máx	Mín	Xa	Máx	Mín	Xa	Máx	Mín	Xa	Máx
RT1	3	17	32	0,45	5,85	25,6	70	117	143	7,40	7,95	8,74
RP <sub>1</sub>	5	18	51	1,2	18	51	85	105	132	7,86	7,89	8,68
RGO <sub>1</sub>	7	49	156	2,5	18	90	54	71	95	6,53	7,21	7,64
Rep1	5	117	440	1,8	40,2	107,2	98	129	173	6,16	6,94	7,38
RV <sub>1</sub>	7	333	3220	1	286	3000	108	146	174	6,73	7,67	8,50
RV <sub>2</sub>	8	364	2590	1,5	299	2600	77	133	172	7,06	7,45	8,40
RV <sub>3</sub>	23	487	2130	1,6	392	3000	108	120	172	6,21	8,02	8,40
RV <sub>4</sub>	3	480	2420	12,4	348	2500	114	137	196	7,11	7,95	8,67

Xa: promedio aritmético.

**Cuadro 5. Resultados promedio, mínimo y máximo de *Coliformes fecales*/100mL en la Cuenca del Río Reventazón, 2006-2008**

Código	Punto de Muestreo	<i>Coliformes fecales</i> /100mL		
		Mín	Xg	Máx
RT <sub>1</sub>	Tuis bajo del puente de Hamacas	23	500	9300
RP <sub>1</sub>	Pejibaye Bajo el puente en Oriente	93	336	2400
RGO <sub>1</sub>	Grande de Orosi, Bajo el Puente de Hamaca	91	500	2900
Rep. <sub>1</sub>	Represa de Cachí	23	150	9300
RV <sub>1</sub>	Congo 500 metros abajo de Estación del ICE	240	4300	430.000
RV <sub>2</sub>	Bajo el Puente en Turrialba	43	508	9300*
RV <sub>3</sub>	Bajo el Puente en Siquirres	43	600	15000
RV <sub>4</sub>	El Carmen de Siquirres	75	800	9300

Xg: promedio geométrico.

Fuente: Comparación de la contaminación fecal en los períodos 1994-1996 y 2006-2008

#### 4.3 Comparación de la Contaminación fecal de los períodos 1994-1996 y 2006-2008

En el cuadro 6, se presenta la evaluación de la calidad microbiológica en los puntos comunes de ambos monitoreos.

**Cuadro 6. Comparación de los resultados de *Coniformes fecales*/100 mL obtenidos en los periodos 1994-1996 y 2006-2008**

Códigos Puntos de Muestreo	<i>Coliformes fecales</i> /100mL Período 1994-1996			<i>Coliformes fecales</i> /100mL Período 2006-2008			Número de Muestras	
	Mín	Xg	Máx	Mín	Xg	Máx	1994-1996	2006-2008
							N	N
RV <sub>1</sub>	900	4500	21000	240	4300	10300	18	15
RV <sub>2</sub>	230	6100	68000	43	308	2800	18	15
RV <sub>3</sub>	930	6200	150000	43	800	4500	18	15
RV <sub>4</sub>	230	4300	9300	75	800	2800	18	15

#### 4.4 Calidad Microbiológica con respecto a los criterios de usos del agua, en los períodos 1994-1996 y 2006-2008.

En el cuadro 7 se presenta la evaluación de la calidad microbiológica, con respecto a los puntos comunes de ambos períodos, en cuanto a los diferentes usos del agua.

**Cuadro 7. Cumplimiento de los criterios microbiológica de los puntos comunes en ambos periodos de evaluación de la cuenca del río Reventazón 1994-1996 / 2006-2008, en cuanto a los diferentes usos del agua**

Puntos de Muestreo	Xg <i>Coliformes fecales</i> /100 mL	Criterios Microbiológicos de aguas en diferentes usos			
		Potabilización	Recreación	Acuicultura	Riego
<b>Período 1994-1996</b>					
RV <sub>1</sub>	4500	Mala	No apta	No apta	No apta
RV <sub>2</sub>	6100	Mala	No apta	No apta	No apta
RV <sub>3</sub>	6200	Mala	No apta	No apta	Mala
RV <sub>4</sub>	4300	Mala	No apta	No apta	No apta
<b>Período 2006-2008</b>					
RV <sub>1</sub>	4300	Mala	No apta	No apta	No apta
RV <sub>2</sub>	580	Buena	Apta <sup>(2 y 3)</sup>	Apta	Apta
RV <sub>3</sub>	800	Buena	Apta <sup>(2 y 3)</sup>	Apta	Apta
RV <sub>4</sub>	800	Buena	Apta <sup>(2 y 3)</sup>	Apta	Apta

*Elaborado por los autores*

*(2 y 3) = recreación para navegar y paisaje*

#### 4.5 Identificación de las acciones de la COMCURE en la Cuenca

En el cuadro 8 se resumen las diferentes acciones realizadas por la COMCURE, en la parte alta y media de la cuenca del río Reventazón.

**Cuadro 8. Acciones de la COMCURE en la parte alta y media de la Cuenca del río Reventazón**

Programa	Acciones	Resultados
1) Agrosiluopostoril	Conservación de suelos	-8342 Hectáreas preparadas con cruel y palín -2293 finca utilizando arado cincel y palín.
2) Diversificación productiva	Siembra de árboles frutales	326 fincas sembradas con árboles frutales 120 hectáreas sembrados con frutales de altura
3) Ganadería semiestabulada	Siembra de pasto corta y arbustos forrajeros	186 fincas con ganadería semiestabulada con pasto de corta.
4) Manejo de desechos	Biodigestores lombricomposteras	-300 biodigestores instalados usando cerdaza y estiércol -197 fincas con lombricomposteras
5) Reforestación	Plantaciones de arbolitos	3427 fincas con reforestación 2 millones de árboles plantados
6) Educación ambiental	Educación en escuelas y comunidades	572 escuelas involucradas 15586 estudiantes cubiertos 10 módulos publicados 49 publicaciones técnicas

*Fuente: COMCURE<sup>(14)</sup>*

## **5. ANALISIS DE RERSULTADOS**

### **5.1 Resultados del período 1994-1996**

El primer estudio, realizado en 4 puntos de muestreo, demostró una persistente contaminación fecal, oscilando los resultados entre 4.500 y 6.200 *Coliformes fecales*/100mL . Dicha contaminación calificó a la cuenca del río Reventazón como la segunda más deteriorada del país.

### **5.2 Resultados del período 2006-2008**

Los resultados promedio de *Coliformes fecales*/100mL, indican una contaminación fecal leve en 7 de los 8 puntos estudiados. El único que sobrepasa el promedio de 1.000 *Coliformes fecales* fue el punto RV<sub>1</sub>, ubicado a 500 metros de la estación del ICE en El Congo, con 4.300 *Coliformes fecales*/100mL.

### **5.3 Comparación entre los períodos 1994-1996 y 2006 y 2008**

La intervención del COMCURE, con campañas de reforestación y otras acciones indicadas en el punto 4.5, parecen haber logrado una disminución drástica en las densidades de *Coliformes fecales* en los puntos RV<sub>2</sub>, RV<sub>3</sub> y RV<sub>4</sub>. Esta disminución califica a estas aguas como de buena calidad para potabilización, aptas para la recreación (paisaje y navegación), acuicultura y riego de árboles frutales y césped, situación contrastante con lo obtenido en el período 1994-1996.

### **5.4 Conclusiones**

El análisis de resultados nos permiten concluir que:

- Las aguas de la cuenca del río Reventazón han mejorado su calidad microbiológica.
- La mejoría puede estar provocada por las acciones de la COMCURE en las partes altas y media de la cuenca.
- Las aguas son aptas para la potabilización, recreación de contacto secundario y terciario y para riego de productos agrícolas.

### **5.5 Recomendaciones**

- Realizar un estudio más profundo para analizar el verdadero impacto de las acciones de la COMCURE en la zona.
- Realizar, en forma práctica y sistemática, mediciones de turbiedad y *Coliformes fecales*/100mL en los 4 puntos evaluados en ambos períodos.
- Continuar con las acciones de la COMCURE, para hacer sostenible la mejoría observada entre la evaluación de los dos periodos estudiados..

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Calvo Julio. **Los Recursos Hídricos de Costa Rica**. Revista Biocenosis. Editorial UNED; 1987: p.45-55
2. Angelino Quirós. Temario, Actualidades y Prácticas de Estudios Sociales para Bachillerato. San José. Litografía LIL S.A., 1994: p 50-53
3. Miguel Salguero. **Ríos, playas y montañas de Costa Rica**. San José. Editorial Costa Rica; 1981: p 7-68.
4. Mora Darner. **Contaminación fecal del Río Reventazón, 1994-1995**. Revista Costarricense de Salud Pública. Año 6, No. 10; 1997: p 9-17
5. WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. Geneva. 3rd ed. World Health Organization; 2004.
6. Mc Junking F. Eugene. **Agua y Salud Humana**. México, D.F. Editorial Limusa S.A., OPS; 1985.
7. WHO. **Guidelines for the safe use of Wastewater Excreta and Greywater**. Policy and Regulatory aspects. France. World Health Organization; 2006.
8. Fattal B. et al. **Health risks associated with wastewater irrigation**. An epidemiological study. American Journal of Public Health, 76; 1986: p. 977 – 979.
9. Poder ejecutivo. **Ley 8023 sobre la casación de la Comisión de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del Río Reventazón**. Gaceta \*-\*-\*; 27 de septiembre del 2000.
10. Guillermo Flores. **Comisión para el ordenamiento y manejo de la Cuenca Alta del Río Reventazón**. Cartago. Boletín Informativo 2; 2009.
11. Mora Darner. **Actualización de los Criterios Microbiológicos para Evaluar las Aguas en sus Diferentes Usos**. La Unión, Laboratorio Nacional de Aguas; 1998.
12. APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 19<sup>th</sup> Edition, Baltimore, 1998.
13. APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20<sup>th</sup> Edition, Baltimore, 1998.
14. Guillermo Flores. **Presentación de la Comisión de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del Río Reventazón**. Cartago, COMCURE, 2009.



RGO1: Río Grande de Orosi, bajo el puente. hamaca.



Rep1: Represa de Cachi.



RV1: Estación El Congo, 500 metros abajo de la estación del ICE.



RP1: Río Pejibaye, bajo el puente en Oriente de Jiménez.



RV2: Bajo el puente en Turrialba





RV4: El Carmen de Siquirres.