

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN COSTA RICA

M.Sc.Darner Mora Alvarado

RESUMEN

La presente investigación descriptiva evalúa la calidad microbiológica de las aguas superficiales en Costa Rica, a través de la densidad de contaminación fecal de ríos, lagos y/o embalses, esteros y las principales playas. La metodología aplicada para cumplir con los objetivos se fundamenta, en primera instancia, en un estudio realizado en los años 1994 y 1995, que abordó el tema de la contaminación orgánica en 24 desembocaduras de ríos que drenan sus aguas en las vertientes atlántica y pacífica; dicho estudio se utilizó como base para priorizar la selección de investigaciones más específicas en las cuencas de los ríos, Reventazón, Tempisque, Grande de Tárcos, Grande de Térraba, Barranca y los Canales del Tortuguero.

Por otra parte, se resumen los estudios realizados en el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) en 7 lagos y/o embalses, 26 fuentes de abastecimiento de agua para potabilización (utilizadas en las 25 plantas de tratamiento de AyA), 35 esteros y 82 aguas de playa. La evaluación de la contaminación microbiológica se realizó utilizando el número más probable de Coliformes fecales por 100 mililitros de muestra (NMP CF/100 mL), cuyos resultados indican que:

La cuenca hidrográfica más contaminada es la del río Grande de Tárcos, mientras que la que presenta menor contaminación es la del Grande de Térraba.

Las fuentes de abastecimiento de las plantas se clasifican, de acuerdo a los criterios de agua para potabilización, de la siguiente manera: 1 fuente es considerada de "MALA CALIDAD", 5 de "REGULAR CALIDAD" y 20 de "BUENA CALIDAD".

Los lagos y embalses presentan aguas de buena calidad para recreación, irrigación, acuicultura y potabilización.

De los 35 esteros evaluados, 15 son fuentes importantes de contaminación fecal sobre las playas ubicadas en sus alrededores.

Con respecto a las 82 aguas de playa evaluadas, un total de 47 (57.3%) se clasifican como "AA" (valores <10 CF/100 mL), 25 playas son clase "A" (entre 10 y 100 CF/100 mL), 5 playas se catalogan de clase "B" (entre 101 y 240 CF/100 mL), e igual número se evalúan como no aptas para la natación (>240 CF/100 mL).

Por último, se hacen diversas recomendaciones con la intención de tomar las medidas correctivas correspondientes, que permitan brindar a las futuras generaciones un ambiente acuático de buena calidad; para lograr esto es necesario desarrollar y coordinar acciones, entre las entidades públicas y privadas involucradas en el Sector del Recurso Hídrico.

PALABRAS CLAVE: aguas superficiales, calidad microbiológica, contaminación fecal, desembocaduras, ríos, lagos, embalses, esteros, playas.

1. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua en Costa Rica en el contexto de América Central, de acuerdo con el Segundo Informe Sobre Desarrollo Humano en Centroamérica y Panamá, era de 31 m³/hab para el año 2002, ocupando un tercer lugar en la Región ⁽¹⁾; dicho dato incluye tanto las aguas superficiales como subterráneas. En este artículo nos concentraremos en las primeras, es decir, se evalúa la calidad microbiológica de las principales cuencas hidrográficas utilizadas como fuentes de agua para potabilización, además del estudio de lagos/embalses, esteros y la evaluación de las aguas de 82 playas ubicadas en ambos litorales. En este sentido, la presente

investigación se realiza con el propósito de describir las condiciones microbiológicas de los diferentes tipos de aguas superficiales en los últimos 10 años, iniciando con la evaluación de las desembocaduras de los principales ríos de las vertientes Atlántica y Pacífica. Estos datos se usaron con el objetivo de priorizar los posteriores estudios en los ríos Tempisque, Grande de Tárcoles, Reventazón, Barranca, Grande de Térraba y los Canales del Tortuguero. Los parámetros utilizados para la evaluación de estas aguas, fueron publicados por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) en el documento “Criterios Microbiológicos para Evaluar la Calidad del Agua en Sus Diferentes Usos”.⁽²⁾ Como es lógico, esta investigación conlleva a la elaboración de una “radiografía” de la situación de la calidad microbiológica de las aguas superficiales de Costa Rica, en el período 1994-2003. Con base en este diagnóstico se pretende recomendar medidas correctivas, en beneficio de brindar a las nuevas generaciones una disponibilidad de recurso hídrico adecuado, que permita mejorar la calidad de vida y la salud pública de todos los habitantes de Costa Rica.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar la calidad microbiológica de los diferentes tipos de aguas superficiales ubicadas en el territorio nacional, mediante la determinación de los niveles de contaminación fecal y su comparación con los criterios microbiológicos establecidos para evaluar las aguas en sus diferentes usos durante el período 1994-2003.

2.2 Específicos

Estudiar la contaminación fecal de las desembocaduras de los ríos que drenan a los litorales Pacífico y Atlántico.

Evaluar la calidad microbiológica de las cuencas de los ríos Grande de Tarcoles, Reventazón, Tempisque, Barranca, Grande de Térraba y los Canales de Tortuguero.

Determinar la calidad bacteriológica de las 26 fuentes superficiales de agua, utilizadas para potabilización por el AyA y la Municipalidad de Cartago.

Estudiar la calidad microbiológica de 7 lagos y/o embalses distribuidos en el territorio nacional.

Evaluar la calidad microbiológica de los 35 esteros ubicados en las zonas costeras del país.

Evaluar la calidad sanitaria de las aguas de 82 playas ubicadas en ambos litorales.

Analizar la evolución de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos en Costa Rica.

3. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos mencionados se aplicaron los siguientes pasos:

3.1 Contaminación fecal de las desembocaduras de los principales ríos

En los años 1994 y 1995 se evaluó la contaminación fecal de 11 ríos de la vertiente Atlántica y 13 de la Pacífica.⁽³⁾ Dichos estudios se realizaron con el objetivo de establecer prioridades, para hacer investigaciones específicas en las cuencas

hidrográficas con mayor contaminación fecal y de importancia como fuente de agua para potabilización.

3.2 Contaminación fecal de los principales ríos

Los resultados de evaluación microbiológica de las principales cuencas y ríos se resumieron seleccionando el punto de muestreo con mayor y menor contaminación, además de la inclusión de los resultados de las desembocaduras. Las investigaciones realizadas fueron:

- a) Contaminación Fecal del Río Reventazón, Período 1994-1995.⁽⁴⁾
- b) Calidad Sanitaria de los Canales de Tortuguero y su Efecto Sobre los Diferentes Usos del Agua.⁽⁵⁾
- c) Evaluación de la Contaminación Fecal de la Cuenca del Río Tempisque 1997-2000.⁽⁶⁾
- d) Evaluación de la Contaminación Fecal de la Cuenca del Río Grande de Térraba-2002.⁽⁷⁾
- e) Informe de Monitoreo y Aforos en Ríos de la Cuenca 24-año 2002.⁽⁸⁾
- f) Informe Preliminar de la Calidad Orgánica del Río Barranca 2003.⁽⁹⁾

3.3 Fuentes de aguas superficiales de AyA

El Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) evalúa 25 plantas potabilizadoras en el territorio nacional. Los resultados de la calidad microbiológica de dichas fuentes de agua se agruparon por promedios geométricos, mínimo y máximos de Coliformes fecales/100mL en las épocas de invierno y verano, durante el período de 1996-2001. La evaluación de calidad bacteriológica se hizo utilizando los criterios del LNA.⁽¹⁰⁾

3.4 Calidad microbiológica de lagos y embalses

Los resultados del grado de contaminación fecal se obtuvieron de los estudios realizados en 1997-1998 por el LNA⁽¹¹⁾.

3.5 Calidad microbiológica de los esteros en Costa Rica 1998-2003

Los resultados de la contaminación fecal de 35 esteros se recolectaron gracias a los estudios realizados por Darner Mora, publicados en el documento "Calidad Sanitaria de las Aguas de las Principales Playas de Costa Rica"⁽¹²⁾; además, los resultados del Estero de la Ciudad de Puntarenas corresponden al aporte del Laboratorio Regional de Puntarenas.

3.6 Calidad sanitaria de las aguas de las principales playas de Costa Rica 1998-2002

Como se indicó anteriormente, la evaluación y codificación sanitaria de las aguas de las principales playas de Costa Rica, período 1998-2002, se obtuvo de los estudios realizados por el Programa "Bandera Azul Ecológica" (PBAE)⁽¹³⁾ y de la publicación señalada en el punto 3.5.

3.7 Evolución de la contaminación de los cuerpos de agua en Costa Rica

Aprovechando el esquema publicado en el libro “Water Quality Assessments” ⁽¹⁴⁾, sobre la secuencia de la calidad de las aguas en países industriales, se elaboró un gráfico semejante para describir la situación de la contaminación de las aguas en nuestro país.

3.8 Recolección de los muestreos y análisis de laboratorio

La recolección, almacenamiento y traslado de las muestras y los análisis de laboratorio, se realizaron siguiendo las directrices de los “Standard Methods” en sus ediciones 19 y 20 ^(15,16)

3.9 Criterios de evaluación

La evaluación de los cuerpos de agua se realizó con los “Actualización de los Criterios Microbiológicos para Evaluar la Calidad del Aguas en sus Diferentes Usos”, publicado por Mora Darner en 1998.

4. RESULTADOS.

En concordancia con el orden establecido en la metodología, a continuación se presentan los resultados obtenidos con la presente investigación.

4.1 Evaluación de la contaminación fecal en las desembocaduras de los ríos de las vertientes atlántica y pacífica

En los cuadros 1-A y 1-B se presentan los resultados máximos, promedios y mínimos de CF/100mL, además de variables físico-químicas como turbiedad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos disueltos. Adicionalmente, se incluye la evaluación utilizando los criterios microbiológicos para irrigación, recreación, navegación y acuicultura.

4.1.1 Contaminación fecal de los principales ríos

Con base en el estudio específico sobre desembocaduras, presentado en el punto 4.1, se establecieron prioridades para desarrollar investigaciones en los ríos Reventazón, Grande de Tárcos, Tempisque, Grande de Térraba y Barranca, además de un estudio en Los Canales del Tortuguero. El cuadro 2 presenta un resumen de los puntos con mayor y menos contaminación, junto a la correspondiente desembocadura, y su evaluación de acuerdo a los diferentes usos del agua.

4.2 Fuentes de aguas superficiales para potabilización

En el cuadro 3, se resumen los datos de las 26 fuentes de agua, usadas en 25 plantas potabilizadoras administradas por AyA y ubicadas en todo el país. Dichos datos incluyen los promedios geométricos de CF/100mL en las épocas de invierno y verano durante el período 1996-2002, además de su respectiva evaluación usando los criterios correspondientes.

Cuadro No. 3
Calidad Microbiológica de las Fuentes de Agua Cruda de las 25 Plantas de Tratamiento de Agua Potable en Costa Rica 1996-2002.

Planta de Tratamiento	Río o Quebrada	Coliformes fecales/100mL		Evaluación de acuerdo a los criterios							
				Exc		Bueno		Regular		Mala	
		Verano	Invierno	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver
Mata de Plátano	Quebrada Junquillal	280	645			X	X				
San Ignacio Acosta	Río Jorco	230	420			X	X				
Puriscal	Ríos Negro y Tabarcia	670	650			X	X				
San Isidro (P.Zeledón)	Río General	100	230			X	X				
Pejiballe	Río Pejivalle	550	420			X	X				
Los Sitios	Río Macho	560	1100			X	X				
Siquirres	Río Siquirres	140	250			X	X				
Limón	Río Banano	590	660			X	X				
Santa Ana	Río La Uruca	370	825			X	X				
Escazú	Río Agris	250	230			X	X				
Cartago	Embalse El Llano	30	85			X	X				
Alta de Tres Ríos	Río Tiribí	290	920			X	X				
Alta de Tres Ríos	Embalse El Llano	32	81			X	X				
Alajuelita	Río Limón	2020	2000					X	X		
San Juan de Dios de Desamparados	Río Poás	5500	5500					X	X		
Los Cuadros	Río Purral	2930	5740					X	X		
Guadalupe	Mezcla: Ríos Virilla y Quebradas*	8200	12300							X	X
Buenos Aires	Quebrada Sara	160	160			X	X				
Nicoya	Río Potrero	800	2160				X	X*			
Liberia	Río Liberia	550	420			X	X				
San Mateo	Río Machuca	370	1320			X	X				
Puntarenas	Río Barranca	380	1360			X	X				
Ciudad Cortés	Río Balzar	75	82			X	X				
Guatuso de Patarrá	Quebrada Minas y Río Damas	630	590			X	X				
San Jerónimo-Moravia	Quebradas Derrumbe y Palma	385	440			X	X				
Coronado	Río Virilla	3170	1325					X	X		

Nota: En resumen los datos indican que existen:

- Una fuente de agua cruda de mala calidad.
- Cinco fuentes de regular calidad.*
- Veintie fuentes de buena calidad.
- Cero de excelente calidad.

4.3 Calidad microbiológica de lagos y embalses 1997-1998

En el cuadro 4 se presentan los mínimos, promedios geométricos y máximos de 6 lagos y un embalse, junto con la evaluación de la calidad microbiológica definida por los criterios para los diferentes usos del agua.

Cuadro No. 4
Calidad Microbiológica de Lagos y Embalses en Costa Rica
1997-1998

Nombre	N	Coliformes fecales/100mL			Agua para Potabilización		Irrigación		Recreación	
		Min	X	Max	Si	No	Si	No	Si	No
Jungla y Sendero Los Lagos	11	23	743	24000	X		X			X
Lago Arenal	32	Neg	86	24000	X		X		X	
Laguna Cote	8	23	86	430	X		X		X	
Ojo de Agua	29	Neg	43	4600	X		X		X	
Lago Parque de la Paz	62	23	371	4600	X		X		---	
Lago de la Sabana	29	36	383	2400	X		X		X	
Embalse El Llano	240	Neg	60	1500	X		X		X	

4.4 Calidad microbiológica de los esteros de Costa Rica. 1998-2002

En el cuadro 5 se resumen los resultados mínimos, promedio geométrico y máximo de CF/100 mL de 35 esteros localizados en todo el país. En el caso del estero de la ciudad de Puntarenas, se indican los resultados y la evaluación en marea alta y baja. La evaluación de la calidad microbiológica se realiza para los usos de recreación, cultivo de almejas y peces.

Cuadro No. 5
Calidad Microbiológica de las Aguas de Esteros en Costa Rica

Nombre del Estero	Nombre de la Playa	Coliformes fecales/100mL			Evaluación Sanitaria		
		Min	Xg	Max	Recreación	Cultivo de Almejas	Peces
Estero 1	Espadilla Norte	Neg	56	2400	X		X
Estero Aguirre	Espadilla Norte	15	2500	24000			
Estero Manuel Antonio	Espadilla Norte	240	1500	9300			X
Bejuco	Bejuco	Neg	68	4600	X		X
Estero Golfito	Cacao	23	171	2900	X		X
Estero Parrita 1	Esterillos Centro	7	410	24000	X		
Estero Parrita 2	Esterillos Oeste	2400	8700	24000			
Estero Bahía	Bahía Ballena	75	1300	460000			

Estero Colonia	Bahía Ballena	21	1100	11000			X
Estero Negro	Bahía Ballena	43	1800	24000			
Estero Zancudo	Zancudo	23	360	24000	X		X
Estero Puntarenas	Puntarenas	Neg* Neg*	840* 11400**	2400* 110.000**			
Estero Osa	Piñuelas	930	2700	4600			X
Estero Pochote	Pochote	4	190	24000	X		X
Estero Playa Azul	Playa Azul	23	330	2400	X		
Estero Mata Limón	Estero Caldera	4	27	150	X		
Estero Tarcoles	Playa Guacalillo	1500	15000	46000			X
Estero Jacó (Río Copey)	Jacó	9180	15000	46000			X
Estero La Palma	Palma	23	100	930	X		X
Estero Aguirre	Quepos	230	550	2400			X
Estero Puerto Viejo	Puerto Viejo	230	520	2400			X
Estero Langosta	Langosta	23	140	1100	X		X
Estero Monte Barco	Monte Barco	9	200	2400	X		X
Estero Iguanita	Iguanita	Neg	3	23	X		X
Estero Tamarindo	Tamarindo	7	72	2400	X		
Estero Coyote	Coyote	Neg	30	430	X		X
Estero Brasilito	Brasilito	230	3800	24000			
Estero Carrillo 1	Carrillo	230	9300	240000			X
Estero Carrillo 2	Carrillo	93	93	93	X		
Estero Carrillo 3	Carrillo	23	780	2400			X
Estero Carrillo 4	Carrillo	2400	7600	24000			
Estero Carrillo 5	Carrillo	240	240	240	X		X
Estero Coco 1	Coco	9100	59000	240000			
Estero Coco 2	Coco	4300	17000	450000			X
Estero Flamingo	Flamingo	23	190	930	X		X

*Nota: Valores de CF/100mL (Xg) en el estero de Puntarenas en Marea Alta.

**Nota Valores de CF/100mL (Xg) en el estero de Puntarenas en Marea Baja.

4.5 Calidad Sanitaria de las aguas de las principales playas de Costa Rica

En la figura 1, se resumen los resultados de la codificación por colores de la calidad sanitaria en las aguas de las principales playas de Costa Rica. En el cuadro 6 se presenta el resumen de resultados, de acuerdo con la clasificación "AA", "A", "B" y "C".

CUADRO 6. EVALUACION DE LA CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE LAS PLAYAS DE COSTA RICA 1998-2002

Provincia	Número de playas	Calidad sanitaria				Código de colores				Totales
		AA	A	B	C	Azul	Verde	Amar.	Rojo	
Puntarenas	39*	19	14	3	3	19	14	3	3	39
Guanacaste	29	22	6	1	0	22	6	1	0	29
Limón	14	6	5	1	2	6	5	1	2	14
Totales	82	47	25	5	5	47	25	5	5	82
%	100	57.3	30.5	6.1	6.1	57.3	30.5	6.2	6.2	100

FUENTE: Darner Mora – Programa BAE

*Incluye las playas de la ciudad de Puntarenas más El Roble y 36 del resto de la provincia.

FIGURA 1. PLAYAS DE COSTA RICA: CLASIFICACION MEDIANTE EL CODIGO DE COLORES EN EL PERIODO 1998-2002



4.7 Evolución de la contaminación de las aguas en Costa Rica

En la figura 2 se aprecia la cronología de los tipos de contaminación de las aguas en los países industrializados, en el período 1850-1980. De manera semejante, en la figura 3 se observa -desde nuestro punto de vista- la evolución de los diferentes tipos de contaminación (causas) de las aguas de Costa Rica, en el período 1880 hasta la actualidad.

Figura 2. “The Sequence of Water Quality Issues Arising in Industrialised Countries 1850-1980.

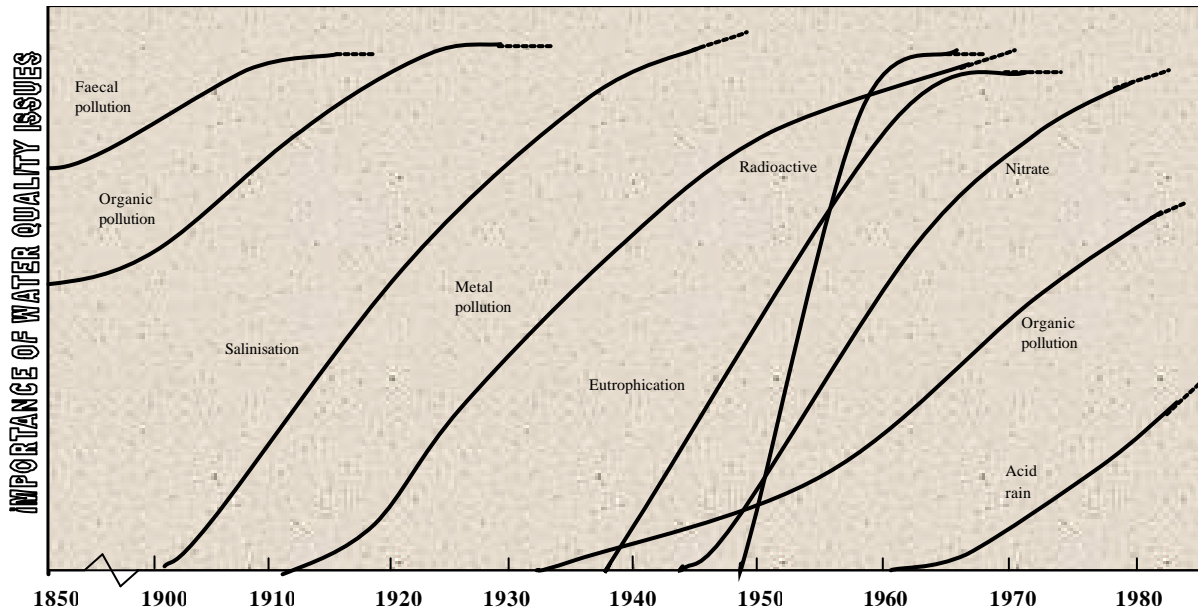
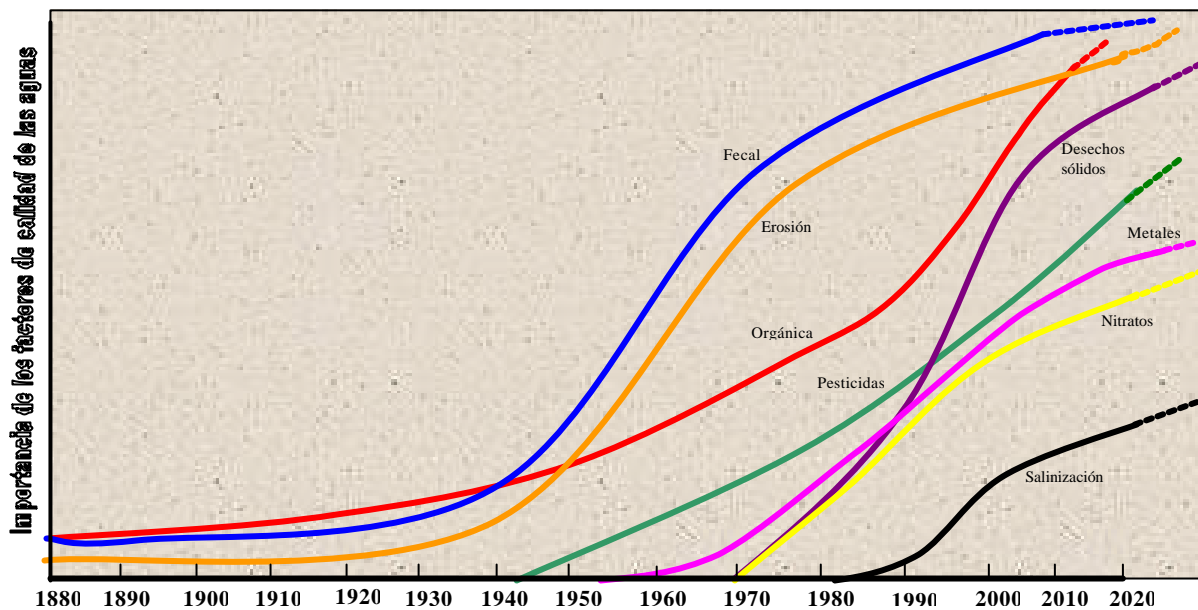


Figura 3. “Secuencia de los Tipos de Contaminación que han afectado la calidad de las aguas en Costa Rica 1880-2005



- Orgánica: se inicia con el beneficiado del café.
- Fecal: descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento.
- Pesticidas: abuso en el uso de pesticidas.
- Erosión: causada por la deforestación.
- Metales pesados: aguas de descarga de industrias.
- Nitratos: inició con el uso de fertilizantes nitrogenados, incrementándose con el uso de tanques sépticos en suelos permeables.
- Desechos sólidos: uso de las riveras de los ríos como basureros.
- Salinización: de las aguas subterráneas costeras.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el propósito de evitar la reiteración entre el análisis de resultados y las conclusiones, a continuación se abordan, en forma directa, las principales conclusiones sobre cada uno de los estudios realizados en los diferentes tipos de agua.

5.1 Estudio de desembocaduras de ríos en los vertientes pacífica y atlántica 1994-1995

Como se indicó anteriormente, el estudio de la contaminación orgánica de las 24 desembocaduras de ríos nos permitió orientar otras investigaciones, realizadas en varias cuencas de gran importancia como fuentes de agua para potabilización, e incluso como cuerpos receptores de aguas residuales. Los resultados indicaban que:

a1. La desembocadura más contaminada de la vertiente Atlántica fue la del río Limoncito, con 27000CF/100mL de promedio geométrico. Esta contaminación ha sido provocada por la descarga de agua negras domésticas sin tratamiento.

b1. Los ríos Bebedero, Paquita, Coto y Grande de Tárcoles presentaron la mayor contaminación fecal en la Vertiente Pacífica.

5.2 Estudios de 5 cuencas y los Canales de Tortuguero

De forma muy general, los datos aportados por las investigaciones realizadas en las cuencas de los ríos Reventazón, Tempisque, Grande Térraba, Grande de Tarcoles y Barranca permiten concluir:

a2. La cuenca con menor contaminación fecal es la del río Grande de Térraba. Estos resultados ratifican lo señalado por Meza Tobías, en 1999, en su artículo "Ecología y Población".⁽¹¹⁾

b2. La cuenca con mayor contaminación fecal es la del Virilla-Tárcoles, receptora de la contaminación orgánica e inorgánica producida por el urbanismo y las industrias del Valle Central. Los resultados obtenidos en el 2002 por Sequeira y Rodríguez, demuestran un incremento en la contaminación fecal con respecto a los datos de 1994-1995. Como ejemplo, el punto de muestreo "V5" presenta una densidad máxima de CF/100mL de 560.000.000. El punto de menor contaminación fue el "Ta5", con 230.000 CF/100mL. La desembocadura ("Ta10") presentó una contaminación de 840.000 CF/100mL, lo cual demuestra un incremento importante con respecto a los estudios de 1994-1995.

c.2 Las otras cuencas estudiadas (Reventazón, Tempisque y Barranca), presentan una contaminación fecal leve en el cauce del río principal; sin embargo, se observa:

Una importante influencia y contaminación en la cuenca del Río Reventazón, originada por las aguas residuales de la ciudad de Cartago.

El río Liberia presenta una contaminación fecal alta, provocada por la descarga de aguas domésticas de la ciudad del mismo nombre. Dicho río es afluente del río Tempisque y se constituye en el más contaminado de esa zona.

En el río Barranca se observa un incremento en la contaminación fecal y aumento de turbiedad, provocada por el Ingenio San Ramón y el quebrador o Tajo Pocamar. La misma afecta la toma de agua usada por AyA en la planta potabilizadora de El Roble.

Los Canales de Tortuguero sirven de cuerpo receptor para los ríos Colorado, Matina, Pacuare y Reventazón-Parismina. El nivel de contaminación fecal es incipiente; sin embargo, se observa una gran turbiedad en sus aguas debido a la erosión causada por la deforestación.

5.3 Fuentes de agua cruda para potabilización

Los resultados de los 26 puntos de muestreo, ubicados en las tomas de 25 plantas potabilizadoras, nos permiten concluir:

a3. La toma de agua cruda ubicada en el río Virilla, que abastece a las plantas potabilizadoras de Coronado y Guadalupe, es de regular calidad microbiológica en su parte más alta (Coronado) y de pésima calidad aguas abajo (Gudalupe).

b3. Las tomas de agua ubicadas en los ríos Limón (Alajuelita), Poás (San Juan de Dios de Desamparados), Purrál (Los Cuadros) y Potrero en Nicoya en época de invierno, presentan una evaluación de calidad regular para potabilización.

c3. Las restantes 20 fuentes de agua, aunado al río Potrero de Nicoya en época de verano, son de buena calidad.

5.4 Resultados de lagos y embalses

Los resultados obtenidos en los lagos y embalses, en 1997-1998 demuestran que:

a4. Los lagos con menor contaminación fecal son el del Balneario de Ojo de Agua, seguido por el embalse El Llano, Laguna Cote y Lago Arenal.

b4. Los lagos con mayor contaminación fecal son la Jungla y Senderos Los Lagos, La Sabana y el Parque de la Paz.

c4. Todas las aguas de los lagos y embalses son aptos como fuentes para potabilización, irrigación y recreación, es decir, son de buena calidad microbiológica.

5.5 Resultados de la aguas de los esteros

Los resultados obtenidos en los 35 esteros, en el período 1998-2002 indican:

a5. Las aguas de estero con mayor contaminación fecal son Brasilito, Carrillo, Osa, Puntarenas, Parrita 2, Tárcoles, Jacó, Carrillo 1 y Coco 2.

b5. Los esteros con aguas menos contaminadas son Bejuco, Parrita 1, Colonia (Bahía Ballena), Pochote, Mata de Limón, Palma (Playa Palma), Aguirre (Quepos), Langosta, Monte del Barco, Iguanita, Tamarindo, Coyote, Carrillo 2, 3 y 5, Flamingo y Estero 1 en Espadilla Norte. La densidad promedio de CF/100mL indican que estos esteros son aptos para la recreación y piscicultura.

c5. Las aguas de los esteros indicados en el punto a.5 no son aptas para el cultivo de almejas y peces.

d5. De los 35 esteros, 15 son una importante fuente de contaminación para las aguas de playa ubicadas en sus alrededores.

5.6 Calidad sanitaria de las aguas de playa

Los resultados de la evaluación de la calidad sanitaria de las 82 playas estudiadas en el marco del PBAE en 1998-2002 indican:

a6. Se clasifican como clase "AA" (menor de 10 CF/100mL de promedio geométrico) 47 playas (57.3%).

b6. Veinticinco playas se clasificaron con clase "A" (30,5%), es decir, presentan concentraciones de CF/100mL entre 10 y 100/mL de promedio geométrico.

c6. Cinco playas fueron evaluadas como clase "B" (CF/100mL entre 101 y 240).

d6. Cinco playas se clasificaron como clases "C", con promedio geométrico de CF/100mL superior a 240 CF/100mL. Dichas playas son: Balneario Municipal de Limón, Portete, Guacalillo, Quepos y Golfito Centro.

5.7 Secuencia cronológica de la contaminación de las aguas en Costa Rica

Siguiendo el patrón de la figura 2, se observa que en los países desarrollados o industrializados los tipos de contaminación sobre las aguas se originaron en 1850, con contaminación fecal y orgánica. Posteriormente, a partir de 1900 se presentaron otros tipos de contaminación como radiactividad, nitratos y lluvias ácidas. En el caso de Costa Rica, nuestro análisis particular tiene la siguiente secuencia:

a7. Las descargas orgánicas, producto de los beneficiados del café, han sido una de las principales causas de contaminación sobre las aguas superficiales, iniciando en los alrededores de 1880.

b7. La contaminación fecal causada por la descarga de aguas servidas sin tratamiento a los cuerpos de agua, se ha convertido en uno de los principales problemas.

c7. La erosión causada por la deforestación ha incrementado la turbiedad de las aguas.

d7. El aumento en el uso de pesticidas ha provocado una “contaminación silenciosa” en nuestras aguas.

e7. El uso de fertilizantes nitrogenados y la utilización de tanques sépticos en un 77% de la población, ha repercutido sobre el incremento de nitratos en los acuíferos del Área Metropolitana.

5.8 Recomendaciones generales

Los anteriores resultados y conclusiones nos permiten hacer las siguientes recomendaciones:

Las aguas superficiales de Costa Rica presentan una contaminación fecal orgánica, típica de un país subdesarrollado. La principal contaminación orgánica es provocada por la descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento a los cuerpos de agua, por lo que es necesario implementar la recolección, conducción y tratamiento de las aguas residuales en las principales áreas urbanas y rurales turísticas del país.

Con los resultados obtenidos en este y otras investigaciones, es necesario y recomendable inventariar las principales fuentes de contaminación puntuales y dispersas, con el objetivo de tomar las medidas correctivas correspondientes.

En el caso de las fuentes de agua para potabilización ubicadas en los ríos Virilla, Poás, Limón (Alajuelita), Purral y Potrero (Nicoya) resulta indispensable analizar, por parte de AyA, las fuentes de contaminación. Con respecto a la toma de la Planta de Guadalupe (Virilla) es necesario su traslado inmediato.

Con el afán de mitigar y tomar medidas correctivas para mejorar la calidad de las aguas superficiales, se recomienda incentivar a las organizaciones comunales a través de programas como “Sello de Calidad Sanitaria” ⁽¹⁹⁾ y “Bandera Azul Ecológica”, ambos impulsados por el AyA.

Por otro lado, es recomendable realizar investigaciones profundas sobre el verdadero impacto del uso de pesticidas sobre la calidad de las aguas en Costa Rica. Por otro lado, se debe evaluar cuáles son los destinos finales

de los desechos radiactivos usados en los equipos médicos de hospitales y clínicas.

Por último, a manera de reflexión, es saludable y necesario heredar a las futuras generaciones un ambiente acuático de buena calidad. Para lograrlo es indispensable organizar y coordinar a todas las entidades involucradas en el sector de los Recursos Hídricos, con la intención de llenar vacíos y evitar las duplicidades o competencias de objetivos y leyes vigentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. PNUD. **Segundo Informe sobre Desarrollo Humano en Centroamérica y Panamá.** Proyecto Estado de la Nación, 2003. San José, Costa Rica:
2. Mora, Darner. **Actualización de Criterios Microbiológicos para Evaluar las Aguas en sus Diferentes Usos, 1998.** Revista Costarricense de Salud Pública, 1998. Año 7, No. 10: 15-24.
3. Mora, Darner. **Informe sobre la Calidad Orgánica de las Desembocaduras de los Ríos de las Vertientes Atlántica y Pacífica de Costa Rica, 1994-1995.** Laboratorio Nacional de aguas, 1996.
4. Mora, Darner. **Contaminación fecal del Río Reventazón, Período 1994-1995.** Revista Costarricense de Salud Pública 1997, Año 6, No. 10: 9-16.
5. Mora, Darner. **Calidad Sanitaria de los Canales del Tortuguero y su efecto sobre los diferentes usos del agua.** Revista Costarricense de Salud Pública, 1997. Año 6, No. 10: 1-8.
6. Mora, Darner; Portuguez, Carlos; Brenes, Gustavo. **Evaluación de la Contaminación Fecal de la Cuenca del Río Tempisque 1997-2000.** Revista Costarricense de Salud Pública 1997, Año 6, No. 10: 9-16.
7. Mora, Darner; Portuguez, Carlos; Brenes, Gustavo. **Evaluación de la Calidad Microbiológica del Río Grande de Térraba 2002.** Revista Costarricense de Salud Pública 2003, Año 12, No. 23: SP.
8. Sequeira, Marcos; Rodríguez, Arturo. **Informe de Monitoreo y Aforos en los Ríos de la Cuenca 24, año 2002.** San José. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Agosto 2002.
9. Mora, Darner; Fonseca, Oscar; Quirós, José. **Informe preliminar de la Calidad Orgánica del Río Barranca, 2003.** Tres Ríos, La Unión. Laboratorio Nacional de Aguas. 2003
10. Laboratorio Nacional de Aguas. **Criterios de Aguas Crudas para Potabilización.** Tres Ríos, La Unión.
11. Quirós, José; Vega, Jesús. **Informe sobre la calidad microbiológica de los Lagos y Embalses en Costa Rica 1997-1998.** Tres Ríos, La Unión.
12. Mora, Darner. **Calidad Sanitaria de las Aguas de las Principales Playas de Costa Rica, período 1998-2002.** Tres Ríos, La Unión. Laboratorio Nacional de Aguas, 2003.
13. Mora, Darner y col. **Programa Bandera Azul Ecológica: antecedentes, presente y futuro.** San José. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2002.

14. Chapman, Deborah. **Water Quality Assessments**. 1° edition. London Chapman & may, 1992.
15. APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods. Examination of Water and Wastewater**. Edition 19. Washington D.C. 2005. USA, 1995.
16. APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods. Examination of Water and Wastewater**. Edition 20. Washington D.C. 2005. USA, 1998.
17. Meza, Tobías. **Ecología y Población**. En Quesada Juan r. Y col. Costa Rica Contemporánea 1° Edición. San Pedro. Universidad de Costa Rica, 1999. Pág. 197-237.
18. AyA-OMS/OPS. **Análisis Sectorial Agua Potable y Saneamiento de Costa Rica**. San José, Costa Rica, 2002.
19. Mora, Darner; Fonseca, Roberto. **Sello de Calidad Sanitaria: Incentivo para entidades operadoras de acueductos**. Tres Ríos, La Unión. Laboratorio Nacional de Aguas, 2001.