

# Calidad sanitaria de las aguas superficiales en litorales de Costa Rica: situación del 2012 al 2018

## Sanitary quality of surface waters in littorals of Costa Rica: situation from 2012 to 2018

Andrei Badilla-Aguilar<sup>1</sup>, Darner A. Mora-Alvarado<sup>2</sup>

---

Badilla-Aguilar, A; Mora-Alvarado, D. Calidad sanitaria de las aguas superficiales en litorales de Costa Rica: situación del 2012 al 2018. *Tecnología en Marcha. Tecnología en Marcha.* Diciembre 2019. Vol 32 Especial. Laboratorio Nacional de Aguas. Pág 17-25.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v32i10.4877>



- 1 Laboratorio Nacional de Aguas, Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica. Correo electrónico: abadilla@aya.go.cr.
- 2 Director del Laboratorio Nacional de Aguas. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica. Correo electrónico: dmora@aya.go.cr. .

## Palabras clave

Playas; cuerpos de agua superficiales; coliformes fecales; contaminación fecal.

## Resumen

Las playas de Costa Rica representan la fuente de turismo más importante para las zonas costeras del país. Sin embargo, la presencia en la playa de aguas superficiales contaminadas con bacterias indicadoras de contaminación fecal puede suponer un riesgo sanitario para los bañistas. En este trabajo, se compilaron las densidades de coliformes fecales de 123 cuerpos de agua ubicados en 84 playas de los litorales Pacífico y Caribe de Costa Rica. Los cuerpos de agua se clasificaron según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales. Los resultados mostraron que ningún cuerpo de agua se clasificó como Clase 1, un 55% de los cuerpos de agua se clasificaron como Clase 2, un 17% como Clase 3 y el 11% y 17% fueron clasificados como Clase 4 y Clase 5, respectivamente. Los tres ríos más contaminados se detectaron en Playa Jacó: Anita, Copey y Naranjal. Los resultados anteriores se pueden explicar por factores como el crecimiento urbanístico; el tratamiento deficiente de aguas residuales; y la ausencia de un alcantarillado sanitario en algunas comunidades. Existe una evidente necesidad de mejorar el tratamiento de aguas residuales en zonas costeras con el fin de causar el menor impacto posible en el agua de mar y ambientes aledaños.

## Keywords

Beaches; surface water bodies; fecal coliforms; fecal contamination.

## Abstract

The beaches of Costa Rica represent the most important tourism source for coastal zones in the country. Nevertheless, the presence on the beach of surface waters contaminated with fecal indicator bacteria, can suppose a sanitary risk for bathers. In this work, fecal coliforms densities were compiled from 123 bodies of water located in 84 beaches of the Pacific and Caribbean littorals of Costa Rica. The bodies of water were classified according to the *Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales*. The results showed that none of the bodies of water was classified as Class 1, a 55% of the bodies of water were classified as Class 2, a 17% as Class 3 and the 11% y 17% were classified as Class 4 and Class 5, respectively. The three most contaminated rivers were detected in Playa Jacó: Anita, Copey y Naranjal. The previous results can be explained by factors like the urban growth; the deficient treatment of residual waters; and the lack of a sanitary sewerage in some communities. There is a clear need to improve the treatment of wastewater in coastal areas in order to cause the least possible impact on seawater and surrounding environments.

## Introducción

Costa Rica posee gran cantidad de playas que atraen a millones de turistas anualmente [1]. Datos del Instituto Costarricense de Turismo [2] señalan que para el 2015 arribaron a territorio costarricense 2,6 millones de turistas, de los cuales, al menos un 27% realizó actividades relacionadas con sol y playa. Sin embargo, muchas de estas playas están impactadas por fuentes puntuales de contaminación, lo que hace a las costas lugares muy vulnerables a ser degradados e inutilizados como espacios de recreación [3].

Las variaciones en la calidad del agua de mar pueden ocurrir en respuesta a eventos puntuales o al deterioro constante del ambiente aledaño a la playa [4]. La difusión de contaminación proveniente de fuentes puntuales de contaminación como ríos quebradas o esteros, representa una amenaza sanitaria, que puede incluso degradar totalmente los ambientes costeros [5] [6]. Una correcta estimación de la salud ambiental de la playa debe tomar en cuenta la calidad de las aguas superficiales que desembocan en el mar, debido a que representan un factor importante en la gestión de la costa [4] [7].

Las desembocaduras de ríos o esteros contaminados pueden llevar altas cargas de patógenos de diversas fuentes hacia las costas [5]. Las descargas de aguas residuales domésticas y las aguas industriales provenientes de industria animal representan afluentes contaminantes para los cuerpos de agua que desembocan en los océanos [4].

Las aguas recreacionales contaminadas con materia fecal pueden acarrear problemas de salud para las personas, especialmente para aquellos que realizan actividades que impliquen el contacto directo o la ingesta accidental del agua [8]. Se conoce que cada año los humanos, los mamíferos silvestres y las aves descargan billones de toneladas de materia fecal en el ambiente, incluyendo cuerpos de agua [9].

En el caso de Costa Rica, las aguas superficiales se clasifican según el Reglamento Para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales [10]. Dicho reglamento evalúa la calidad del agua basándose en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el objetivo de clasificar los cuerpos de agua en 5 clases, las cuales determinan los usos posibles del agua. Esfuerzos realizados en conjunto con el Programa Bandera Azul Ecológica (PBAE), permiten que el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) evalúe anualmente la calidad sanitaria de cuerpos de agua ubicados en playas de Costa Rica. El presente trabajo tiene como objetivo recopilar la información de contaminación por coliformes fecales de cuerpos de agua presentes en playas de Costa Rica durante el período 2012-2018. Además, clasificar según las concentraciones de coliformes fecales y la reglamentación costarricense, los cuerpos de agua identificados en diferentes playas.

## **Materiales y métodos**

### **Selección de cuerpos de agua superficiales**

Se seleccionaron 123 cuerpos de agua superficiales ubicados en 84 playas de las provincias de Limón, Guanacaste y Puntarenas. La selección se llevó a cabo por medio de datos recopilados entre 2012 y 2018 por el PBAE Categoría Playas y el programa Proceso de Calidad del Agua (PCA), ambos del LNA. Se eligieron cuerpos de agua que presentaran dos o más muestreos en al menos dos años diferentes.

### **Muestreo y análisis de coliformes fecales**

Se analizaron los datos de coliformes fecales (CF) de 1335 muestras de agua provenientes de desembocaduras de ríos, quebradas y/o esteros ubicados en los litorales Pacífico y Caribe. Las muestras se recolectaron en envases tanto de 100 mL como de 250 mL. Los coliformes fecales se determinaron utilizando alguna de las siguientes tres técnicas: Fermentación en tubos múltiples con 3 tubos; fermentación en tubos múltiples con 5 tubos; y técnica enzimática con sustrato definido (Colilert®). Los datos se reportaron como Número Más Probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 mL.

## Análisis de datos

Se calcularon los promedios geométricos de coliformes fecales (CF) para cada uno de los cuerpos de agua identificados. Los cálculos se llevaron a cabo con el paquete estadístico SPSS versión 25 [11].

## Clasificación de los cuerpos de agua para diferentes usos

Según las concentraciones de coliformes fecales (promedios geométricos), cada cuerpo de agua se clasificó con base en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales 33903-MINAE-S [9]. La clasificación se realizó tomando en cuenta únicamente la variable de coliformes fecales con base en los criterios que se describen en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Clasificación de cuerpos de agua según las densidades de coliformes fecales. Fuente: Decreto N° 33903, 2017.

Promedio Geométrico CF/100mL	Clases según Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpo de Agua Superficiales 33903-MINAE-S (2007)				
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
<20	x				
20-1000		x			
1000-2000			x		
2000-5000				x	
>5000					x

Por su parte, los potenciales usos del cuerpo de agua, basados en coliformes fecales, se asignaron según lo establecido en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales 33903-MINAE-S [10].

## Resultados y discusión

Se recopilaron los datos de concentraciones de coliformes fecales (NMP/100 mL) de 123 cuerpos de agua superficiales localizados en 84 playas ubicadas en las provincias de Guanacaste, Limón y Puntarenas. Además, se calcularon los promedios geométricos de coliformes fecales para cada uno de los cuerpos de agua y se clasificaron según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales [10].

### Guanacaste

En el cuadro 2, se observa de manera general la clasificación, según el decreto Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales (33903-MINAE-S) de los cuerpos de agua de agua identificados en playas de la provincia de Guanacaste.

Se identificaron 30 cuerpos de agua superficial localizados en 22 playas de la provincia de Guanacaste durante el período 2012-2018. Los promedios geométricos de los cuerpos de agua oscilaron entre  $3 \times 10^1$  NMP/100 mL y los  $1 \times 10^4$  NMP/100 mL. De los 30 cuerpos de agua, ninguno se clasificó como Clase 1. Mientras que un 77% de los cuerpos de agua se clasificó

como Clase 2. Dicha clasificación indica que estos cuerpos de agua pueden ser utilizables para la recreación humana que involucre contacto primario y para el abastecimiento humano con tratamiento convencional, pero no se pueden utilizar como fuente de equilibrio natural de comunidades acuáticas ni es permitido realizar actividades de navegación [10].

Por su parte, un 13% de los cuerpos de agua se clasificó como Clase 3, lo que los convierte en ambientes no utilizables para la recreación, además tampoco pueden ser utilizados como fuentes de protección y conservación de comunidades acuáticas, ni tampoco como medio para realizar acuicultura o para el riego de hortalizas que se consuman crudas. Un 3% y un 7% de los cuerpos de agua identificados en las playas de Guanacaste, se clasificaron en Clase 4 y Clase 5, respectivamente. Estas últimas dos clases clasifican los cuerpos de agua como no aptos para la recreación humana de contacto primario, ni para la conservación o protección de especies. Tampoco son utilizables para el riego de hortalizas, especies arbóreas ni como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano.

**Cuadro 2.** Número de cuerpo de agua y su respectiva clasificación según niveles de contaminación fecal de cuerpos de agua ubicados en playas de la provincia de Guanacaste, Costa Rica.

Provincia	Cuerpos de agua	Clasificación (33903-MINAE-S)				
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Guanacaste	30	0	23	4	1	2

## Puntarenas

Con respecto a los cuerpos de agua de las playas de Puntarenas, en el cuadro 3 se muestra el detalle de cada cuerpo con su respectivo promedio geométrico de coliformes fecales y su clasificación:

**Cuadro 3.** Números de cuerpos de agua y su respectiva clasificación según niveles de contaminación fecal de cuerpos de agua ubicados en playas de la provincia de Puntarenas, Costa Rica.

Provincia	Cuerpos de agua	Clasificación (33903-MINAE-S)				
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Puntarenas	74	0	63	19	9	13

Según los datos obtenidos en el período 2012-2018, se identificaron 74 cuerpos de agua superficiales en cuarenta y seis playas de la provincia de Puntarenas. Ninguno de los cuerpos de agua se clasificó como Clase 1. Mientras que, un 54% se clasificaron como Clase 2, lo que los hace aptos para actividades de contacto primario. El 20% y 11% de los cuerpos de agua superficiales se clasificaron como Clase 2 y Clase 3, respectivamente. Ambas clases no son aptas para las actividades de recreación que involucren contacto primario. Finalmente, un 15% se clasificó como Clase 5, lo que implica que obtuvieron promedios geométricos mayores a  $5 \times 10^3$  NMP/100 mL, por lo tanto, no son aptos para las actividades de contacto primario.

Todos los cuerpos de agua ubicados en Playa Jacó mostraron niveles de contaminación por coliformes fecales no menores a  $10^3$  NMP/100 mL. Resultados que concuerdan por lo expuesto por [12], quien señala que estos niveles de contaminación se pueden explicar por el desordenado crecimiento urbanístico que ha tenido la comunidad de Jacó en las últimas décadas. Este hecho, aunado al tratamiento deficiente de aguas residuales, conforman los dos factores principales que propician la contaminación de ríos y quebradas en la zona. Cabe destacar que los resultados obtenidos en el estero ubicado en Playa Quepos ( $4 \times 10^4$  NMP/10 mL), concuerdan con el crecimiento urbanístico y comercial que dicha comunidad ha experimentado en la última década.

### Limón

En el cuadro 4, se observa el detalle de los cuerpos de agua ubicados en las playas de la provincia de Limón, además de sus niveles de contaminación y sus respectivas clasificaciones:

**Cuadro 4.** Números de cuerpos de agua y su respectiva clasificación según niveles de contaminación fecal de cuerpos de agua ubicados en playas de la provincia de Limón, Costa Rica.

Provincia	Cuerpos de agua	Clasificación (33903-MINAE-S)				
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Limón	19	0	4	2	5	8

CF: promedio geométrico de coliformes fecales

En el caso de las playas del litoral caribe, durante el período 2012-2018 se identificaron 19 cuerpos de agua superficiales ubicados en 16 playas distintas. Ninguno de los cuerpos de agua fue clasificado como Clase 1. Además, un 21% de los cuerpos de agua se clasificaron como Clase 2, o sea, con menos de  $1 \times 10^3$  coliformes y aptos para el contacto primario y el abastecimiento de agua para consumo humano con tratamiento convencional.

Por su parte, dos cuerpos de agua se clasificaron como Clase 3, lo que los hace no utilizables para actividades recreativas de contacto primario y para riego de hortalizas que se ingieran crudas, además no son utilizables como fuentes de conservación y protección de comunidades acuáticas. El 26% y 42% de los cuerpos de agua, se clasificaron como Clase 4 y Clase 5, respectivamente. Dichas clasificaciones convierten a los cuerpos de agua en ambientes no aptos para actividades de contacto primario ni para ser fuentes de abastecimiento. Además, el Decreto 33903-S [10] establece que los cuerpos de agua clasificados como Clase 4 y Clase 5, tampoco son utilizables para el riego de hortalizas o frutas para la acuicultura.

Los resultados obtenidos en el Río Limoncito, son concordantes con dos estudios realizados por Mora [13, 14] en los cuales señala que desde hace más de 20 años los niveles de contaminación fecal en dicho río superan los  $2.5 \times 10^3$  coliformes fecales (NMP/100mL). Dicho río recorre partes pobladas de la ciudad de Limón antes de desembocar en el mar caribe, es por ello que se sugiere que la mayor proporción de contaminación de este río proviene de fuentes humanas.

### Litorales

El recopilado de los resultados de clasificación de los 123 cuerpos de agua en playas de las provincias de Guanacaste, Puntarenas y Limón se ordenó según litorales: Caribe y Pacífico. Un resumen de dicha recopilación se puede observar en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Resumen de la clasificación de cuerpos de agua superficiales identificados en los litorales Caribe y Pacífico, Costa Rica.

Litoral	Cuerpos de agua	Clasificación (33903-MINAE-S)				
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Caribe	19	0	4	2	5	8
Pacífico	104	0	64	19	8	13
Total	123	0	68	21	13	21
Porcentaje total	100%	0%	55%	17%	11%	17%

De acuerdo con los resultados obtenidos, cabe destacar que poco más de la mitad (55%) del total de los cuerpos de agua fueron clasificados como Clase 2, lo que significa que pueden ser utilizados para: actividades de contacto primario; abastecimiento de agua para consumo humano (con tratamiento convencional); acuacultura; y riego de hortalizas y frutas que se consumen crudas o sin cáscara, respectivamente.

Sin embargo, casi una quinta parte (17%) posee niveles de coliformes fecales mayores a  $5 \times 10^3$  NMP/100 mL (Clase 5). Por la calidad de sus aguas, estos ríos no son utilizables para la mayoría de los usos potenciales, excepto para la navegación. En general, poco menos de la mitad de los ríos (45%) fueron clasificados como no aptos para: actividades de contacto primario; abastecimiento de agua para consumo humano; y riego de hortalizas y frutas.

Entre el período de 2012 a 2018, el Laboratorio Nacional de Aguas monitoreó 67 cuerpos de agua superficiales más que los monitoreados en el período de 1996 a 2011 [14]. Los cinco cuerpos de agua superficial que presentaron mayores niveles de contaminación por coliformes fecales fueron: la desembocadura de la Quebrada Anita en Playa Jacó; la desembocadura del Río Copey en Playa Jacó, la desembocadura del Río Naranjal en Playa Jacó; el Estero ubicado en Playa Quepos; y la desembocadura del Río Limoncito en Playa Limón. Todos estos cinco cuerpos de agua mostraron promedios geométricos de coliformes fecales mayores a 30000 NMP/100 mL.

De manera contraria con lo expuesto por Mora [14] en el estudio de calidad sanitaria de esteros y desembocaduras de ríos entre el período 1996-2011, no se logró clasificar ningún cuerpo de agua como Clase 1. En cuanto a las clasificaciones que implican mayor contaminación y menos usos potenciales para el agua, 13 cuerpos de agua se clasificaron como Clase 4, que representa un incremento de 6 cuerpos de agua con respecto a lo expuesto por [14]. Mientras que, 21 cuerpos de agua (17%) se clasificaron como Clase 5, lo que significa un incremento de 5 cuerpos de agua más en comparación con los 16 reportados por Mora [14]. Estos datos pueden sugerir un aumento en la contaminación de cuerpos de agua, la cual puede verse modificada por factores ambientales y antropogénicos.

Las ubicaciones de los ríos más contaminados concuerdan con lo expuesto por Mora [3] en una evaluación de riesgo sanitario de playas de Costa Rica llevada a cabo de 2010 a 2017. Dichos autores señalan que Playa Jacó, donde se encuentran la Quebrada Anita y los Ríos Copey y Naranjal, posee un riesgo sanitario clasificado como muy alto, inducido en gran parte por la influencia de estas aguas superficiales. En el caso de la desembocadura del Río Limoncito, esta se encuentra en Playa Cieneguita, que también se clasifica como una playa de riesgo muy alto [3].

## Conclusiones

Más de dos tercios de los cuerpos de agua ubicados en las playas del litoral Caribe se encuentran con niveles preocupantes de coliformes fecales mayores a 1000 NMP/100 mL.

Los niveles de coliformes fecales detectados en cuerpos de agua de Playa Quepos y Playa Jacó, evidencian la necesidad de un alcantarillado sanitario en ambas comunidades.

Los cuerpos de agua con los niveles más altos de coliformes fecales se encuentran en comunidades con alto desarrollo social, urbanístico y comercial.

Es necesaria una complementación de análisis tradicionales con determinaciones fisicoquímicas y de biología molecular para poder determinar el origen de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales.

## Recomendaciones

Mejorar la inversión pública y privada en el establecimiento y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales en las comunidades costeras de Costa Rica, con el fin de causar un menor impacto en cuerpos receptores y posteriormente en el agua de mar.

El Ministerio de Salud debe mejorar la vigilancia de fuentes puntuales de contaminación en ríos, quebradas y esteros presentes en las costas, los cuales representan un problema de salud pública para los bañistas y visitantes de las playas.

El Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones debe mejorar la aplicación del Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales con el fin de buscar la mejora de cuerpos de agua que se encuentran con altos niveles de contaminación y cuyos usos son muy reducidos (Clase 4 y Clase 5).

## Referencias

- [1] M. Velarde y S. Gómez, Turismo Sustentable y Desarrollo Rural: Estudios en Polonia, Costa Rica y México., Guadalajara, México: Editorial Universitaria-Libros UDG, 2014.
- [2] Instituto Costarricense de Turismo (ICT), «Plan Nacional de Desarrollo Turístico de Costa Rica: 2017-2021,» Dirección de Planeamiento y Desarrollo, San José, Costa Rica, 2017.
- [3] D. A. Mora, J. A. Vega y A. González, «Evaluación de Riesgo Sanitario de las Playas de Costa Rica Período 2010-2017,» *Laboratorio Nacional de Aguas*, 2018.
- [4] World Health Organization (WHO), «Guidelines for safe recreational water environments: Coastal and fresh waters (Vol. 1),» World Health Organization, Ginebra, Suiza, 2003.
- [5] P. D. Abel, *Water Pollution Biology*, 2 ed, Londres, Inglaterra: T & F, 1996.
- [6] M. J. Sadowsky y R. L. Whitman, *The Fecal Bacteria*, Washington DC, USA: American Society for Microbiology Press, 2010.
- [7] Agencia Nacional de Aguas y Banco Interamericano de Desarrollo, «Panorama de calidad de aguas superficiales de Brasil,» ANA, Sao Paulo, Brasil, 2012.
- [8] G. Rees, «Health implications of sewage in coastal waters-the British case,» *Marine Pollution Bulletin*, vol. 26, n° 1, pp. 14-19, 1993.
- [9] K. G. Field y M. Samadpour, «Fecal source tracking, the indicator paradigm, and managing water quality,» *Water research*, vol. 41, pp. 3517-3538, 2007.
- [10] Decreto Ejecutivo N° 33903-S, «Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales,» de *Diario Oficial La Gaceta: 178*, San José, Costa Rica, 2007.
- [11] IBM, *IBM SPSS Statistics for Windows, ver 25.0*, Armon, NY, USA, 2017.
- [12] D. A. Mora, «Calidad sanitaria de las aguas de Playa Jacó,» *Revista Costarricense de Salud Pública*, vol. 18, pp. 5-90, 2009.

- [13] D. A. Mora, «Calidad microbiológica de las aguas superficiales de Costa Rica,» *Revista Costarricense de Salud Pública*, vol. 13, n° 24, pp. 15-31, 2004.
- [14] D. A. Mora, «Calidad sanitaria de los esteros y/o desembocaduras de ríos en litorales de Costa Rica: 1996-2011,» *Laboratorio Nacional de Aguas*, 2011.
- [15] Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), «Protection Water Quality From Urban Runoff,» EPA, Washington DC, Estados Unidos, 2003.