



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LAS PLAYAS DEL SECTOR TURÍSTICO DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO

Andrés Felipe Alvarado Reyes, Jorge Alberto Luna Fontalvo

**Universidad del Magdalena
Santa Marta, Colombia**

Resumen

Las playas por lo general son aprovechadas por el hombre realizando actividades de contacto primario mediante uso recreativo y éstas deben cumplir con los requisitos de calidad sanitaria establecidos por la normatividad competente. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad microbiológica del agua en tres playas del sector turístico de Santa Marta en temporadas turísticas altas y bajas. Los sitios de estudios fueron las playas de Pozos Colorados, Playa Salguero y Neguanje, los monitoreos se realizaron durante seis meses desde enero a junio del año 2019, ubicando tres estaciones en cada una de éstas. Las muestras fueron colectadas a una profundidad de 0,5 m, 1,0 m y 1,5 m en frascos plásticos estériles de 1.000 mL y posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Calidad de Agua de la Universidad del Magdalena. Los parámetros microbiológicos evaluados fueron Coliformes Totales (CT), Coliformes Fecales (CF) y Enterococos Fecales a través de la técnica del sustrato definido Colilert®-18/Quanti Tray®. Los valores más altos de CT, CF y EF se registraron en Playa Salguero con 10,111 NMP/ 100 mL, 5,335 NMP/ 100 mL y 1,120 NMP/ 100 mL respectivamente, obtenidos en el mes de enero (temporada de vacaciones), similar comportamiento se observó para la temporada turística baja (mes de mayo). El sector de Pozos Colorados presentó resultados entre 1,700 y 2,340 NMP/ 100 mL tanto para CT, CF y EF. La playa del sector de Neguanje obtuvo los valores más bajos de CT, CF y EF en las dos temporadas (<1,000 NMP/ 100 mL). Los resultados de CT y CF obtenidos en Playa Salguero y Pozos Colorados superan los valores de referencia establecidos por la normatividad nacional vigente. La presencia de microorganismos indicadores de contaminación del agua de las playas obedece a factores como la capacidad de carga turística, vertimiento de aguas residuales y condiciones climáticas (precipitaciones).

Palabras clave: enterobacterias; contaminación ambiental; playas turísticas

Abstract

The beaches are generally used by man by carrying out primary contact activities through recreational use and these must comply with the sanitary quality requirements established by the competent regulations. The objective of this work was to determine the microbiological quality of the water in three beaches in the tourist sector of Santa Marta in high and low tourist seasons. The study sites were the beaches of Pozos Colorados, Playa Salguero and Neguanje, the monitoring was carried out for six months from January to June of the year 2019, locating three stations in each of these. The samples were collected at a depth of 0.5 m, 1.0 m and 1.5 m in sterile 1,000 ml plastic bottles and were later transferred to the Water Quality Laboratory of the Universidad del Magdalena. The microbiological parameters evaluated were Total Coliforms (CT), Fecal Coliforms (CF) and Fecal Enterococci through the Colilert®-18 / Quanti Tray® defined substrate technique. The highest values of CT, CF and EF were recorded in Playa Salguero with 10,111 NMP / 100 mL, 5,335 NMP / 100 mL and 1,120 NMP / 100 mL respectively, obtained in the month of January (holiday season), similar behavior was observed for the low tourist season (May). The Red Wells sector presented results between 1,700 and 2,340 NMP / 100 mL for both CT, CF and EF. The beach of the Neguanje sector obtained the lowest values of CT, CF and EF in the two seasons (<1,000 NMP / 100 mL). The CT and CF results obtained at Playa Salguero and Pozos Colorados exceed the reference values established by current national regulations. The presence of microorganisms that indicate beach water contamination is due to factors such as tourist carrying capacity, wastewater dumping, and weather conditions (rainfall).

Keywords: enterobacteria; environmental pollution; tourist beaches

1. Introducción

El Caribe Colombiano se ha caracterizado como zona turística de excelencia debido a su gran diversidad ecológica y atracción natural (Noguera *et al.*, 2012); aportando beneficios recreativos, culturales y económicos. Sus playas han causado admiración a múltiples visitantes de la nación y extranjeros por su amplia oferta de prácticas náuticas de aventura y bienestar. En el sector local y regional, el departamento de Magdalena ha tomado dominio como uno de los destinos turísticos del país, como resultado de la cantidad visitantes que suelen explorar estas playas (Botero & Zielinski, 2010). Entre las playas más visitadas en el distrito de Santa Marta se encuentran las de Pozos Colorados, Bello Horizonte, El Rodadero, Bahía de Santa Marta, Taganga y las playas del Parque Nacional Natural Tayrona PNNT; el eje fundamental de estas zonas son los servicios ecosistémicos, la belleza paisajística y escénica, que las posicionan como uno de los destinos más atractivos para los turistas.

Generalmente las personas con respecto al tema de calidad se fijan en la características o factores que van ligados a la parte estética, es decir, lo que se puede percibir (olor, color, residuos y detritus), dichos aspecto tienen relación con la parte física que muestra el sistema. El uso extremo de las playas en periodos de vacaciones juntos con el deterioro de las infraestructuras conlleva a que se generen altos niveles de contaminación bacteriológica en todo el ecosistema costero, esto

representa un alto riesgo para la salud de los bañistas; asimismo permite que el potencial turístico se vea afectado (Cepero-García *et al*, 2018).

La contaminación de las aguas marinas superficiales de interés turístico genera la alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas; teniendo como consecuencia riesgos en el equilibrio del ecosistema y la salud pública. La presencia de microorganismos de importancia sanitaria en aguas marinas proviene de los sistemas de vertimiento, desembocadura de ríos y capacidad de carga turística (Vergaray *at al.*, 2007). En este sentido, a las bacterias indicadoras de contaminación fecal se les ha considerado como el problema de contaminación más común en playas de interés turísticos (APHA-AWWA-WPCF, 2012).

Entre los parámetros microbiológicos más utilizados y recomendados por normativas a nivel nacional e internacional para el uso recreativo y deportivo mediante el contacto primario y secundario son el grupo de los coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* (APHA-AWWA-WPCF, 2012; CEPIS/OPS, 1998). En este sentido, la normatividad colombiana establecida para la evaluación de la calidad del agua de origen marino costero, recomienda únicamente la determinación de coliformes totales y coliformes fecales; así mismo, los valores de referencias de estos parámetros están fundamentados de acuerdo la dicha destinación del recurso (MAVDT, 2015).

Dada la escasa información sobre las condiciones bacteriológicas de las playas de Santa Marta, su calidad ambiental y tendencias en función de las temporadas turísticas, el objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad microbiológica del agua de tres playas del sector turístico durante las temporadas altas y bajas presentadas en el primer semestre del año 2019.

2. Materiales y Métodos

Área de estudio

Los sitios de estudio comprendieron tres playas del sector turístico de Santa Marta. Playa Pozos Colorados (11°17'67" N y 74°23'31" W), Playa Salguero (11°10'57" N y 74°14'16" W) y Playa Neguanje – Parque Natural Nacional Tayrona PNNT (11°20'30" N y 74°06'30" W); las cuales fueron monitoreadas durante seis meses desde enero a junio del 2019, comprendiendo parte de las temporadas turísticas alta y bajas.

Toma de muestras

Las muestras se colectaron siguiendo la metodología establecida en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (APHA, AWWA y WPCF, 2012). Para este fin, se propuso un diseño muestral que consideró la temporada turística alta presentada en los meses de enero, abril (semana santa) y junio, y la temporada baja en los meses de febrero, marzo y mayo.

El estudio bacteriológico en las tres playas comprendió dos muestreos por cada mes. En cada playa se colectaron tres réplicas de muestras de agua y se registró un total de 36 muestras. El monitoreo

intensivo en las muestras de agua, fue con el propósito de evaluar la dinámica de los parámetros bacteriológicos relacionados con la contaminación fecal.

Las muestras de agua fueron tomadas con frascos de vidrio de 500 mL de capacidad previamente esterilizados y con cierre hermético, los cuales fueron sumergidos en la columna de agua a 30 cm de profundidad, inmediatamente se rotularon con el sitio, fecha, hora, y refrigeradas a 4°C hasta ser transportadas al Laboratorio de Calidad de Agua de la Universidad del Magdalena.

Análisis de laboratorio

Una vez ingresadas las muestras al laboratorio, se procedió al análisis para la determinación de las bacterias indicadoras de contaminación fecal (tabla 1). La determinación de coliformes totales, coliformes fecales y enterococos fecales se realizaron por triplicado a partir de 100 mL de muestra y 10 ml hasta diluir en base de 1/100 (10^{-2}), siguiendo los métodos propuestos por APHA, AWWA y WPCF (2012).

Tabla 1. Parámetros microbiológicos y técnicas analíticas para la caracterización de las playas del sector turístico de Santa Marta. SM: Standard Methods

Parámetros	Técnica analítica	Unidad de medida	Referencia
coliformes totales	Sustrato Definido Colilert®-18/Quanti Tray®	NMP / 100mL	SM 9223B
coliformes fecales	Sustrato Definido Enterolert®/Quanti Tray®	NMP / 100mL	SM 9230B

Con el propósito de realizar un diagnóstico sobre la destinación del agua de las playas turísticas del distrito de Santa Marta, se consultaron los decretos y resoluciones correspondientes al recurso hídrico vigentes para la fecha. En este sentido, los resultados de los análisis bacteriológicos obtenidos se confrontaron con los valores de coliformes totales y coliformes fecales referenciados en el Decreto 1076 de 2015, Artículos 42 y 43 (MAVDT del 2015).

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de comparación de medias, para determinar si existieron diferencias significativas de las variables microbiológicas dentro de cada playa estudiada, mediante la aplicación de un análisis de varianza (ANOVA) factorial y para evaluar estas diferencias entre los muestreos y las variables examinadas se procedió a realizar una prueba de Tukey (1953) pareada, ambas pruebas con una significancia del 0.05. Las pruebas estadísticas se realizaron en el programa STATGRAPHICS Centurión versión XV y SPSS versión 20.0.0.

3. Resultados

Los parámetros bacteriológicos determinados en las muestras de agua de las playas del distrito de Santa Marta, registraron variaciones en el contenido de coliformes totales, coliformes fecales y enterococos fecales en las temporadas turísticas establecidas. Los valores más altos de estos parámetros se determinaron en las playas de Salguero y Pozos Colorados durante la temporada

alta (Figura 1); mientras que los valores más bajos se registraron en la playa de Neguanje en el Parque Natural Tayrona.

Estadísticamente, se determinaron diferencias significativas entre los recuentos de NMP /100 mL de cada uno de los parámetros bacteriológicos en las dos temporadas turísticas establecidos ($p \leq 0,05$). El test de comparación múltiple aplicado para este propósito mostró diferencias significativas entre las distribuciones de las bacterias indicadoras de contaminación fecal en las tres playas estudiadas por cada temporada. Probablemente, estas diferencias entre las playas de Salguero y Pozos Colorados pueden corresponder a la máxima capacidad de carga presentada registrada durante los meses de enero, abril (semana santa) y junio (vacaciones mitad de año), vertimientos directos de aguas residuales y condiciones climáticas (precipitaciones).

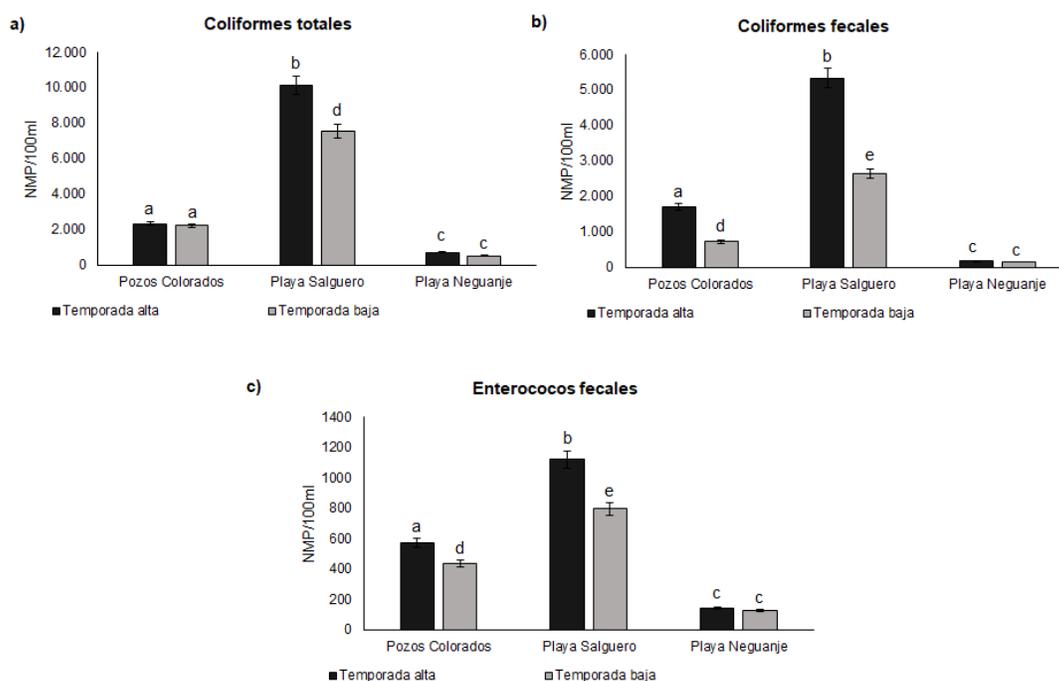


Figura 1. Contenido de bacterias indicadoras de contaminación fecal en playas del distrito de Santa Marta. a) coliformes totales, b) coliformes fecales, c) enterococos fecales. Los valores representan la media de tres repeticiones, con barras de error estándar. Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

Los resultados de los análisis bacteriológicos obtenidos de las muestras de agua de las playas estudiadas, permitieron realizar una aproximación a la calidad del agua en cada uno de las temporadas turísticas. La tabla 2 muestra los valores de los parámetros microbiológicos y se comparan con los valores establecidos por el Decreto 1076 de 2015. La aproximación al uso más factible del recurso hídrico de las playas estudiadas, se hizo teniendo en cuenta las principales actividades de destinación del agua como las actividades de contacto primario y secundario (recreación-pesca).

La alta densidad de coliformes totales y coliformes fecales determinadas en las muestras de agua de las playas de Pozos Colorados y Salguero, imposibilita el uso para actividades recreativas (pesca/natación); por lo contrario, la playa de Neguanje cumple con los requisitos microbiológicos establecidos en el Decreto 1076 de 2015. Adicionalmente, en Colombia solo se exige la

determinación de coliformes totales y coliformes fecales en muestras de agua, dejando a un lado a otros parámetros microbiológicos de interés como lo son los enterococos fecales.

Tabla 2. Valores de coliformes totales y coliformes fecales expresados en NMP/ 100mL determinados en las playas del sector turístico de Santa Marta y valores de referencia de acuerdo a la normatividad colombiana. CT: coliformes totales; CF: coliformes fecales.

Playas	Temporada alta		Temporada baja		Decreto 1076/2015 – Art. 42 - 43		
	CT	CF	CT	CF	Uso	CT	CF
Pozos Colorados	2.340	1.710	2.235	727	Recreativo (contacto primario)	1.000	200
Salguero	10.111	5.335	7.556	2.638	Recreativo (contacto secundario)	5.000	-
Neguanje PNNT	724	177	521	160			

4. Discusión

La contaminación ambiental de aguas costeras está directamente relacionada con algunos sucesos como el vertimiento directo de aguas residuales, factores ambientales como las precipitaciones, desembocadura de ríos y la capacidad de carga turística presentada en las temporadas altas (Botero *et al.*, 2008).

En la evaluación bacteriológica de las tres playas del sector turístico de Santa Marta, se determinó que Playa Salguero registró el contenido más alto de coliformes totales (10.111 NMP/100 ml), coliformes fecales (5.335 NMP/100 ml) y enterococos fecales (1.120 NMP/100ml), seguida de la playa de Pozos Colorados, presentados durante la temporada alta en el mes de enero; similar comportamiento se encontró en el mes de abril en los días de la semana santa, y algunas semanas del mes de junio coincidiendo con las vacaciones de mitad de año. Por lo contrario, en los meses de febrero, marzo, parte del mes de abril y mayo, corresponden a la temporada turística baja, lo que demostró una disminución en el contenido de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Luna y Romero (2014) en un estudio anterior sobre la calidad microbiológica del agua de las playas de Santa Marta, reportaron resultados similares de coliformes totales, coliformes fecales y enterococos fecales en la playa de Taganga y El Rodadero, mientras que en la playa de Bahía Concha los resultados fueron bajos; lo cual coincide con el presente trabajo en relacionar la capacidad de carga turística como el principal factor de contaminación ambiental de las playas. Por otro lado, Herrera y Suarez (2005) en un estudio realizado en Venezuela sobre bacterias indicadoras como herramientas de la calidad del agua costera, atribuyen en gran medida la contaminación generada por la actividad turística, afectando ecosistemas marinos de gran importancia y al desarrollo urbanístico que genera vertimiento de aguas residuales directamente al mar.

Los resultados de los parámetros bacteriológicos determinados en el sector de la playa de Neguanje fueron los más bajos en todo el estudio; particularmente esta playa se encuentra ubicada en el Parque Nacional Natural Tayrona, por ser una zona protegida y conservada ubicada en las afueras de la ciudad de Santa Marta, razón que la hace favorecida al no tener vertimientos de aguas residuales y no sobrepasar la capacidad de carga en las temporadas turísticas (García, 2007). Por lo contrario, las playas de Pozos Colorados y Salguero, se encuentran ubicadas en el sector

urbano de Santa Marta, zona influenciada por cadenas de hoteles, comercio turístico, barrios populares y fácil acceso de transporte; particularmente en Playa Salguero por su cercanía a la desembocadura del río Gaira; lo anterior hace que la contaminación generada por el aporte de aguas residuales y actividades antrópicas sea la principal causa de la calidad sanitario de estas playas.

En Colombia, la calidad ambiental del agua destinada al contacto primario y secundario mediante actividades recreativas como natación, pesca y otras actividades afines, está regulada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del Decreto 1076 de 2015 (MAVDT del 2015); en este sentido, las playas de Pozos Colorados y Salguero no cumplen con los requisitos bacteriológicos debido a que exceden los valores establecidos para coliformes totales y coliformes fecales; siendo la playa de Neguanje la que cumple con lo establecido en los artículos 42 y 43 del decreto antes mencionado. Otro aspecto que se tuvo en cuenta en la calidad del agua de estas playas, fue la determinación del alto contenido de enterococos fecales, y pesar que en Colombia no se exige este parámetro, es necesario evaluarlo debido a su estrecha relación con excretas de humanos y animales que suelen estar presentes en las zonas emergidas y sumergidas de las playas (Hurtado-García *et al.* 2009).

5. Conclusiones

Las playas de Pozos Colorados, Salguero y Neguanje – PNNT del distrito de Santa Marta mostraron variaciones en el contenido de coliformes totales, coliformes fecales y enterococos fecales durante las temporadas turísticas, siendo la temporada alta comprendida en los meses de enero (vacaciones de inicio de año), abril (semana santa) y junio (vacaciones de mitad de año) donde se presentaron las mayores densidades de estos parámetros debido a la capacidad de carga, vertimiento de aguas residuales y temporadas de lluvias.

Los resultados de coliformes totales y coliformes fecales obtenidos en las muestras de aguas de las playas de Pozos Colorados y Salguero superan los valores de referencias establecidos por la normatividad colombiana, lo que imposibilita el recurso hídrico de estos ecosistemas para el aprovechamiento mediante contacto primario y contacto secundario.

6. Referencias

- APHA (American Public Health Association)., AWWA (American Water Works Association)., WPCF (Water Pollution Control Federation). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, Washington., pp 1193.
- Botero, C., Hurtado, Y., Porto, J., Manjarrés, M. & Díaz, L. (2008). Metodología de cálculo de la capacidad de carga turística como herramienta para la gestión ambiental y su aplicación en cinco playas del Caribe norte colombiano. *Gestión y Ambiente*, Vol. 11, No. 3, p.p 9-22.

- Botero, C., y Zielinski, S. (2010). Evaluación del potencial para el desarrollo de turismo sostenible en el corregimiento de Taganga, Distrito de Santa Marta (Colombia). *Turismo y Sociedad*, Vol.11, No. 1, pp. 10-34.
- Cepero-García, M., Leal-Ascencio, M., y Castillo-González, E. (2018). Aplicación de estándares de certificación para el diagnóstico y gestión de playas. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación, Academia Journals*, Vol. 10, No. 3. Morelia, pp. 669-674.
- CEPIS/OPS. (1998). Guía para ambientes seguros en aguas recreativas. Vol. 1: Aguas costeras y aguas dulces. En: CEPIS/OPS: Aspectos microbiológicos de la calidad de agua de las playas. Organización Mundial de la Salud, Perú. 9 pp.
- Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2015). Decreto 1076 de mayo de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Consultado: 20 agosto de 2019 en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- García, F. (2007). Plan de monitoreo en el marco del límite de cambio aceptable y capacidad de carga para las actividades ecoturísticas del Parque Nacional Natural Tayrona (PNN Tayrona). Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales, Parque Nacional Natural Tayrona. Subdirección Técnica. Embajada Real de los Países Bajos. Santa Marta, p.p 72.
- Herrera, A., y Suárez, P. (2005). Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. *Interciencia*, Vol. 30, No. 3, p.p. 171-176.
- Hurtado-García, Y., Botero-Saltarén, C. & Herrera-Zambrano, E. (2009). Selección y propuesta de parámetros para la determinación de la calidad ambiental en playas turísticas del Caribe Colombiano. *Ciencia en su PC*, Vol. 4, No 1, pp. 42-53.
- Luna, J. y Romero, I. (2014). Calidad microbiológica del agua de las playas del sector turístico de Santa Marta, Caribe colombiano. *Memorias Congreso Latinoamericano de Microbiología, Hechos Microbiológicos*, Vol. 2, No. 2. Cartagena, pp. 64.
- Noguera, L., Botero, C., y Zielinski, S. (2012). Selección por recurrencia de los parámetros de calidad ambiental y turística de los esquemas de certificación de playas en América Latina. *Intropica*, Vol. 7, No. 1, pp. 59-68.
- Tukey, J. (1953). The problem of multiple comparison. *Princeton University*, Princeton NJ., pp. 396.
- Vergaray, G., Méndez, C. R., Morante, H. Y., Heredia, V. I., y Béjar, V. R. (2007). *Enterococcus* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, Vol. 10, No. 20, pp. 82-86.

Sobre los autores

- **Andrés Felipe Alvarado Reyes:** Ingeniero Ambiental y Sanitario, Estudiante de Ingeniería Civil. Universidad del Magdalena. andresalvaradoreyes96@gmail.com

- **Jorge Alberto Luna Fontalvo:** Biólogo, Magister en Microbiología de la Universidad Austral de Chile. Profesor Asociado Programa de Biología. Universidad del Magdalena. jluna@unimagdalena.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)