



Diagnóstico preliminar ambiental de playas de Cartagena de Indias, Caribe colombiano

Rosa Acevedo Barrios

Docente investigador de Grupo de Estudios Químicos y Biológicos, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica de Bolívar, Parque Industrial y Tecnológico Carlos Vélez Pombo, Km 1 Vía Turbaco, Cartagena, Colombia.
racedo@unitecnologica.edu.co

Preliminary diagnosis environmental of beaches of Cartagena de Indias, colombian caribbean

Recibido: 15-feb-17 – Revisado: 30-abr-17

Aceptado: 30-may-17 – Publicado: 30-jul-17



Resumen: El establecimiento de un sistema de alerta temprana de contaminación en las playas tiene un efecto muy importante en la protección de la calidad de las playas. En este estudio, se evaluó la calidad ambiental de las playas del sector turístico de Cartagena de Indias mediante la caracterización de parámetros fisicoquímicos *in situ* (temperatura, pH, salinidad, conductividad y oxígeno disuelto) y *ex situ* (nitritos, nitratos, fosfatos, sólidos totales, DBO, Coliformes totales, fecales, metales pesados e hidrocarburos totales) y de bacterias indicadores; además, se calculó índice de calidad ambiental (ICAM_{ppf}) para identificar puntos críticos y las zonas de mayor vulnerabilidad de playas. Los resultados de este estudio contribuyen con la evaluación de la calidad ambiental de las playas de Cartagena de Indias, aportando bases y recomendaciones conducentes a la gestión integral de estos ecosistemas estratégicos.

Palabras clave: Calidad Ambiental, Contaminación, Indicadores, Playas, Vulnerabilidad.

Abstract: The establishment of an early warning system for pollution on beaches has a very important effect on the protection of the quality of beaches. This study evaluated the environmental quality of beaches in the tourist sector of Cartagena de Indias by characterizing "in situ" physico-chemical parameters (temperature, pH, salinity, conductivity and dissolved oxygen) and "Ex situ" (nitrites, nitrates, Phosphates, total solids, BOD, total coliforms, fecal, heavy metals and total hydrocarbons) and of indicator bacteria, an environmental quality index (ICAM_{ppf}) was calculated to identify critical points and the most vulnerable areas of beaches. The results of this study contribute to the evaluation of the environmental quality of the beaches of Cartagena de Indias, contributing bases and recommendations leading to the integral management of these strategic ecosystems.

Key words: Environmental quality, Pollution, Indicators, Beaches, Vulnerability.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental marina es un problema de gran repercusión mundial. El deterioro de los ecosistemas marinos trae consigo la pérdida de la calidad ambiental, la cual se sigue incrementando cada día más con la actividad humana.

Frente a este panorama, es importante la realización de monitoreos e informes técnicos que permitan evaluar los niveles de contaminación ambiental en playas turísticas a partir de agentes microbiológicos y físico-químicos que afectan su calidad ambiental. Para esto, se han realizado informes técnicos, como el de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (REDCAM) (Vivas Aguas et al., 2015), que evalúa la vulnerabilidad de los ecosistemas marinos. Lo anterior requiere de un monitoreo permanente para determinar la calidad de los mismos. Dentro de estos ecosistemas, se hallan las playas del sector turístico de Cartagena de Indias, que han sido afectadas por diversas fuentes de contaminación natural y antropogénica, debido a la entrada de contaminantes que llegan al mar a causa de la disposición inadecuada de las aguas residuales, basuras y xenobióticos en general (INVEMAR, 2012).

Cartagena se ha caracterizado por ser uno de los principales destinos turísticos más importantes de Colombia gracias al alto porcentaje de visitantes; así, el turismo resulta un sector económico importante de la ciudad. Las zonas de la Boquilla, Crespo, Marbella, el Cabrero, Bocagrande, Laguito y Castillogrande son los barrios más visitados pues están rodeados de playas.

En 2014, llegaron aproximadamente 1 700 378 a Cartagena de Indias entre turistas nacionales y extranjeros (Coporación Turismo de Cartagena de Indias, 2015). Sin embargo, debido al exceso de visitantes, se pueden presentar alteraciones en la calidad del agua de estos ecosistemas marinos de la ciudad. Por tanto, es importante la realización de un monitoreo de la calidad ambiental de las playas en

época seca y de lluvias, puesto que las condiciones ambientales pueden variar de una época a otra; las actividades antropogénicas pueden producir alteraciones de los parámetros físicoquímicos y de las poblaciones bacterianas asociadas a tales ecosistemas marinos, influyendo en su calidad (Hurtado et al., 2010; INVEMAR, 2012; Yepes et al., 2004, Decreto 1594).

A su vez, la presencia de contaminantes químicos como metales pesados e hidrocarburos asociados a la alteración de parámetros físicoquímicos y microbiológicos afectan la calidad de las playas. Por ello, se hace necesario monitorear el comportamiento de los parámetros descritos. Asimismo, es importante aislar y caracterizar microscópicamente y bioquímicamente las bacterias indicadoras de calidad, para así tomar las medidas necesarias y garantizar la conservación de estos ecosistemas marinos estratégicos (Acevedo-Barrios et al., 2016; Acevedo-Barrios et al., 2013; Acevedo-Barrios & Severiche-Sierra, 2013).

Este estudio evaluó la calidad ambiental de playas de la ciudad de Cartagena mediante la determinación de parámetros físicoquímicos y microbiológicos de aguas y sedimentos de las playas con el objetivo de establecer los puntos críticos de alteración ambiental a través del cálculo del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras ($ICAM_{PPP}$) para determinar la calidad del agua de las playas de la ciudad de Cartagena en época seca y lluviosa.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Sitio de estudio y toma de muestra

El área de estudio seleccionada corresponde a las playas del Sector Turístico de Cartagena. Las muestras fueron colectadas durante época de lluvias (septiembre-diciembre de 2015) y época seca (febrero-abril de 2016) en siete puntos de muestreo descritos en Tabla 1 y en la Fig. 1.



Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.

Coordenadas	Boquilla (E1)	Crespo (E2)	Marbella (E3)	Cabrero (E4)	Bocagrande (E5)	Laguito (E6)	Castillogrande (E7)
Latitud (N)	10°28'07,9"	10°28'07,9"	10°26'08,7"	10°26'00,3"	10°24'14,9"	10°23'47,9"	10°23'37,3"
Longitud (W)	75°30'04,5"	75°31'53,4"	75°32'17,8"	75°32'32,4"	75°33'22,2"	75°33'52,0"	75°33'12,2"

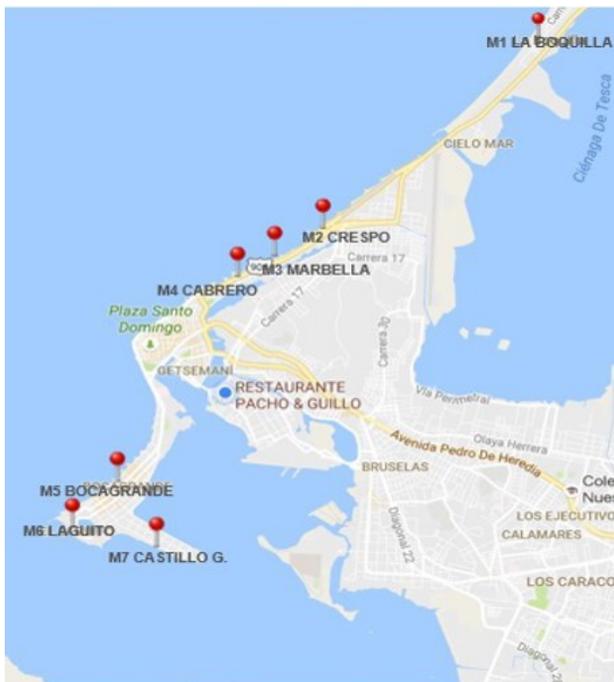


Fig 1. Localización satelital de los sitios de muestreo en las playas de Cartagena.
Fuente: Google Maps, 2016.

2.2. Análisis fisicoquímico

Se midieron parámetros fisicoquímicos in situ y ex situ. Las muestras de agua y sedimentos se refrigeraron a 4°C y se transportaron al Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

Determinación de parámetros fisicoquímicos In-situ en aguas: Temperatura, pH, salinidad y conductividad. Todas las mediciones se realizaron con una sonda multiparámetro marca YSI. Determinación de parámetros físicoquímicos Ex-situ en aguas: Oxígeno disuelto (método electrométrico), sólidos

suspendidos totales, (Hach Sension 7), DBO (Nitritos, nitratos y ortofosfatos (método de espectrofotometría) de acuerdo a lo recomendado por IDEAM (2007).

Determinación de metales pesados en aguas (Cu, Pb, Hg, Ni, Fe, Cr, Cd, As, Zn) mediante la técnica de Absorción atómica (APHA, 2012).

Identificación de hidrocarburos totales en aguas por medio de la técnica de Cromatografía de gases acoplada a masas (APHA, 2012).

2.3. Análisis microbiológico

Determinación de coliformes fecales (CF) y coliformes totales (CT) en aguas (método de filtración por membrana) de acuerdo a los criterios de Romero (2009)

- Aislamiento e identificación de bacterias bioindicadoras en sedimentos marinos. Se realizó de acuerdo a Acevedo-Barrios et al. (2013): Un hisopo estéril se rotó en cada muestra de sedimento; posteriormente, se inoculó en Caldo Luria Bertani © (LB) modificado con agua de mar, su composición para 1 L es: 10 g de Triptona, 5 g de extracto de levadura, 10 g de NaCl y 1000 mL de agua de mar previamente filtrada en 0,45 µm y esterilizada; luego, se incubó a 37°C durante 24 horas en condiciones aerobias (Manual de Bergys, 2008). Luego se resuspendió mediante un aza de siembra en Agar LB modificado con agua de mar e incubado a 37°C por 24 horas; transcurrido este tiempo, se verificó el crecimiento bacteriano mediante la observación de colonias. Se adicionó Fluconazol al medio para inhibir el crecimiento de hongos.

La identificación microscópica se llevó a cabo mediante la técnica de tinción de Gram para bacterias Gram positivas y Gram negativas, empleando un microscopio Olympus BX41, de acuerdo con las claves taxonómicas sugeridas por el Manual de Bergys (2008) y el Atlas Microbiológico de Koneman (2008). En cada caso se registraron las características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de cada grupo bacteriano identificado (Acevedo-Barrios & Severiche-Sierra, 2013).

La identificación bioquímica se desarrolló empleando el sistema de identificación BBL Crystal™ Kit ID,

siguiendo las indicaciones de la casa comercial. Además, se realizará la prueba de Oxidasa, Catalasa; adicionalmente se llevará a cabo la prueba de coagulasa para cocos Gram positivos (Manual de Bergys, 2008).

2.4. Determinación del índice de calidad (ICAM_{PF})

Para la determinación del indicador de calidad de las aguas marinas y estuarinas para la preservación de flora y fauna (ICAM_{PF}), se tuvieron en cuenta los criterios de los valores indicativos del grado de contaminación establecidos en la Tabla 3.

Tabla 2. Valores indicativos del grado de contaminación de las aguas marinas colombianas. Escala conceptual y tabla de valores.

Valoración	Categorías	Nivel de riesgo	Medida a adoptar	Frecuencia
Óptima	100 – 90	No hay	Caracterización/ Diagnóstico	Anual
Adecuada	90 – 70	No hay	Caracterización/ Diagnóstico/ Verificación	Anual
Aceptable	70 – 50	Bajo	Monitoreo/ Evaluación Físicoquímicos y Tóxicos	Semestral
Inadecuada	50 – 25	Medio	Monitoreo/ Bioensayos/ Medidas de control y vigilancia/ Evaluación Físicoquímicos y Tóxicos Plan de Contingencia	Mensual Trimestral
Pésima	25 – 0	Alto	Monitoreo y Seguimiento/ Bioensayos/ Evaluación Físicoquímicos y Tóxicos/ Plan de Contingencia/ Aplicación de medidas de choques	Mensual Trimestral

Fuente: INVEMAR, 2012.

3. RESULTADOS

3.1. Determinación de parámetros fisicoquímicos

Las tablas 3 y 4 muestran el promedio de los resultados fisicoquímicos realizados a las muestras de agua de mar durante ocho meses, los cuales se compararon con el decreto Colombiano 1594 de 1984 y con informes del INVEMAR (NID: 14,0 µg/L; FRS: 3,1

µg/L), con el fin de verificar si estas muestras cumplen con las normas colombianas. Así, se encontró que el pH, la salinidad, la temperatura y la conductividad cumplen con los límites establecidos. Por otro lado, el oxígeno disuelto es óptimo en un 7 %, adecuado en un 68 % y pésimo en un 25 %. Además, todos los datos obtenidos en NID y FRS sobrepasan los valores de referencia.



Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos In situ por estaciones.

PARÁMETRO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Temperatura (°C)	27,40	26,90	27,30	27,30	26,90	27,90	28,30
pH (UpH)	8,64	8,63	8,65	8,64	8,64	8,62	8,65
Salinidad (%)	3,60	3,61	3,59	3,60	3,57	3,57	3,52
Conductividad (µS/cm)	56,90	56,80	56,80	56,90	56,90	56,40	55,60

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos ex situ por estaciones.

PARÁMETRO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
SST (g/L)	6.8	6	6.8	7.1	6.4	6.2	6.5
DBO (mg/L)	34.8	35.4	35.1	34.5	35.2	34.7	33.9
NO ₂ (mg/L)	7	6.5	5	4.5	6	8	6
NO ₃ (mg/L)	0.016	0.005	0.017	0.012	0.009	0.024	0,032
PO ₄ (mg/L)	0.28	0.13	0.017	0.17	0.11	0.37	0,31

Los resultados de hidrocarburos totales realizados a las muestras de agua de mar sobrepasan el límite establecido por encima del valor de referencia de 10 µg/L (0,01 mg/L) para aguas propuesto (Unesco, 1984; Invemar, 2014). Entre tanto, el monitoreo de los metales pesados evaluados en playas mostró que no encontraron concentraciones que superen los valores permisibles para efectos agudos de la NOAA (Cd: 40 µg/L y Pb: 210 µg/L, Buchman, 2008; INVEMAR, 2014).

3.2. Determinación de parámetros microbiológicos

La Tabla 5 muestra los resultados de Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF) de agua de playas, Estos se compararon con el decreto colombiano 1594 de 1984, con el fin de verificar si

estas muestras cumplen con las normas colombianas. Se encontró que un 11 % de los datos, tanto en coliformes fecales como totales, no cumplen con las especificaciones estipuladas en la normatividad colombiana.

El comportamiento de los CT y CF presentaron valores superiores a límites permisibles en las playas de la Boquilla y Crespo. Dicho incremento puede estar relacionado por su cercanía al emisario submarino, que se ubica en Punta Canoa, donde las aguas vertidas pueden ser arrastradas por corrientes marinas y llegar a las playas del sector turístico de Cartagena; así como las actividades cotidianas de los asentamientos humanos que se encuentran cerca de las playas, que pueden contribuir a la contaminación de estas. Tales valores se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados por estación para parámetros microbiológicos.

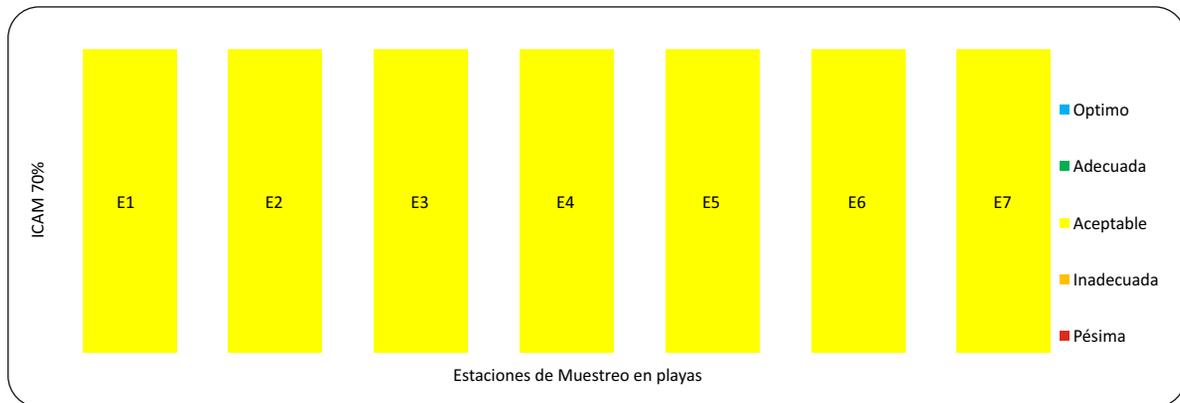
Parámetro	Unidad de medición	ESTACIONES						
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	500	300	10	10	10	10	10
Coliformes fecales	UFC/100 cm ³	300	150	10	10	10	10	10

3.3. Géneros bacterianos identificados en las playas
Se aislaron e identificaron seis géneros bacterianos (*Vibrio* sp, *Bacillus* sp, *Staphylococcus* sp, *Streptococcus* sp, *Lactobacillus* sp y *Enterococcus* sp) en las playas de Cartagena. Estos géneros son moderadamente halófilos, son tolerantes a contaminantes ambientales y son bacterias típicas de ambientes marinos. Las bacterias aisladas probablemente poseen potencialidades biotecnológicas y llevan inherente su posible empleo como bioindicadoras de calidad ambiental en ecosistemas marinos.

3.4. Cálculo de índice de calidad ambiental marina (ICAM_{PF})

La Fig. 3 evidencia los resultados de los cálculos realizados del ICAM_{PF} a las muestras de agua de mar. En ella, se observa que el 100 % de los datos obtenidos de las playas del sector turístico de la ciudad (Boquilla-E1, Crespo-E2, Marbella-E3, Cabrero-E4, Bocagrande-E5, Laguito-E6 y Castillogrande-E7) presentan condiciones ambientales aceptables, lo que significa un estado de conservación limitado de las playas de Cartagena.

Tabla 5. Resultados por estación para parámetros microbiológicos.



4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados del monitoreo de la calidad de las aguas de las playas del sector turístico de Cartagena de Indias durante ocho meses, entre los años 2015 y 2016, inicialmente, se encontró que la calidad fisicoquímica del agua de mar presentó

condiciones adecuadas de los parámetros, pH, oxígeno disuelto, temperatura.

Se observó que los valores de pH se encuentran en un rango de 8,5 y 8,65. Aunque se presenten picos en los datos, estos no sobrepasan el límite establecido por la normatividad colombiana (Decreto 1594 de 1984).



Asimismo, el oxígeno disuelto presentó un rango de variación de datos entre 1,2 y 7,24 mg/L; las mediciones más bajas se reportaron en el mes de septiembre de 2015.

Por su parte, la temperatura se mantuvo constante durante los ocho meses de muestreo con valores comprendidos entre 26,9°C y 33,5°C. Igualmente, se encontró que en las playas, los nitritos, nitratos y ortofosfatos en algunos casos no cumplen con los límites establecidos por la normativa colombiana; esto puede producir diversos efectos ecológicos directa o indirectamente relacionados en los ecosistemas marinos (Camargo y Alonso, 2007; INVEMAR, 2011). Adicionalmente, los hidrocarburos totales presentan valores elevados en Castillogrande, posiblemente por ser una zona cercana a Mamonal, una zona donde se realizan actividades industriales, logísticas y portuarias. Con relación a los metales pesados, estos se hallan dentro de los límites establecidos en todos los puntos de muestreo; no se evidenció un impacto significativo en la calidad del agua de las playas de la ciudad.

Entre tanto, los parámetros microbiológicos, los coliformes totales y fecales evidenciaron valores superiores a límites permisibles en las playas de la Boquilla y Crespo. Este incremento puede estar relacionado por su cercanía al emisario submarino.

El cálculo del índice de calidad de agua marina (ICAM) mostró que en general las playas poseen un estado aceptable (70 %). En los sedimentos marinos de las playas de Cartagena, se aislaron bacterias halófilas moderadas con potencialidades biotecnológicas y su posible empleo como bioindicadoras de calidad ambiental en ecosistemas marinos.

5. CONCLUSIONES

Las aguas de las playas del sector turístico de Cartagena de Indias cumple con los criterios de calidad fisicoquímicos con base en las variables como: pH, temperatura y metales pesados. Asimismo, se acatan los criterios microbiológicos establecidos en la normatividad colombiana y demás legislaciones utilizadas en este proyecto. Cabe resaltar que durante esta investigación se presentó un fenómeno anormal, «El Niño», ya que se extendió más tiempo de lo esperado y se intensificó durante el segundo periodo del año 2015 hasta inicios del segundo periodo del año 2016.

A pesar de ello, la calidad en aguas de la ciudad determinada a partir del Indicador de Calidad de Aguas Marinas y Estuarinas (ICAM) en época seca mostró que el área de estudio se encuentra en condiciones aceptables. Sin embargo, es necesario continuar con monitoreos periódicos de la calidad de aguas de las playas de Cartagena de Indias, pues tales monitoreos aportarán bases y recomendaciones conducentes a la gestión integral de estos ecosistemas estratégicos.

AGRADECIMIENTOS: La autora expresa su agradecimiento a la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB) por el apoyo y financiación para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

Acevedo- Barrios, R., & Severiche Sierra, C. A. (2013). Identificación de bacterias resistentes a di-bromo-mercurio aisladas de sedimentos en playas de Cartagena de Indias, caribe colombiano. *Revista Avances: Investigación en Ingeniería*, 10(2), 73-79.

Acevedo-Barrios, R., Severiche-Sierra, C. A., Castillo-Bertel, M. E. (2013). *Biología y microbiología ambiental*. Madrid, España: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.

Acevedo-Barrios, R., Severiche Sierra, C. A. y Jaimes Morales, J. (2016). *Bacterias resistentes a antibióticos en ecosistemas acuáticos*. Colombia Producción + Limpia, 10(2), 160-172.

Alm, E.W. & Burke, J. (2003). Fecal indicator bacteria are abundant in wet sand at freshwater beaches. *Water Research*, 37(16), 3978–3982. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135403003014>.

APHA, AWWA y WEF. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Edición 20. Washington, D. C.: American Public Health Association, American Water Works Associations y Water Environment Federation.

Ariza, E. (2010). Proposal for an integral quality index for urban and urbanized beaches. *Environmental management*, 45(5), 998–1013. Recuperado de: http://www.researchgate.net/publication/43100589_Proposal_for_an_integral_quality_index_for_urban_and_urbanized_beaches [Accessed August 12, 2015].

Ariza, E., Jiménez, J.A. & Sardá, R. (2008). A critical assessment of beach management on the Catalan coast. *Ocean & Coastal Management*, 51(2), 141–160. Recuperado de:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569107000105>.

Bergey, H. (2008). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Int.J. of Syst. Bact.

Botero, C. et al. (2015). Design of an index for monitoring the environmental quality of tourist beaches from a holistic approach. *Ocean & Coastal Management*, 108, pp.65–73. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569114002300> [Accessed August 19, 2015].

Brida, J., Lanzilotta, B. y Risso W., (2008). *Turismo y crecimiento económico: el caso de Uruguay*. Recuperado de: http://www.pasosonline.org/Publicados/6308/PS0308_7.pdf.

Comisión Oceanográfica Intergubernamental (1982). *Determinación de los hidrocarburos del petróleo en los sedimentos*. París: Unesco.

Corporación Turismo de Cartagena de Indias, (2015). *Indicadores turísticos a diciembre 2015 (SITCAR)*. Recuperado de: [file:///D:/Downloads/52156854_Corpoturismo_Sitcar_Indicadores_Turismo_a_diciembre_de_2014VF%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/52156854_Corpoturismo_Sitcar_Indicadores_Turismo_a_diciembre_de_2014VF%20(1).pdf).

Foundation for Environmental Education (2006). *Premios al mejoramiento del entorno costero: El ejemplo de la Bandera Azul, Copenhagen*. Recuperado de: www.blueflag.org.

INVEMAR, (2012). *Diagnóstico y evaluación de la calidad de aguas marinos y costeras del caribe y pacífico colombianos*. Recuperado de: file:///D:/Downloads/_Diagnostico_y_evaluacion_calid.pdf.

Koneman, E. (2008). *Diagnóstico Microbiológico: Texto y Atlas En Color*. Bogotá: Médica Panamericana.



Ministerio de agricultura (26 de junio de 1984). Decreto 1594 de 1984 por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI-Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III-Libro I- del Decreto- Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá, Colombia. Recuperado de:
http://www.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/DECRETO%201594-1984%20usos-%20del%20agua%20y%20residuos%20liquidos.pdf.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (19 de abril del 2007). Decreto 1323 de 2007, por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico -SIRH-. Recuperado de:
http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1323_2007.pdf

Miravet, M.E. (2009). Índice numérico cualitativo para medir la calidad de las aguas costeras cubanas de uso recreativo. *Serie Oceanológica*, (5), 45–56. Recuperado de:
<http://oceanologia.redciencia.cu/articulos/articulo53.pdf>.

Pereira, C. et al. (2015). *Calidad ambiental en playas turísticas –Aportes desde el Caribe Norte Colombiano*. Recuperado de:
<file:///D:/Documents/jesus%20turizo/TESIS/ARTICULOS%20Y%20LIBROS/Libro%20Calidad%20Ambiental%20en%20Playas%20Turísticas.pdf>

Severiche, C. & Acevedo-Barrios, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Bogotá: Eumed.

Shah, A.H. (2011). Indicator microbes correlate with pathogenic bacteria, yeasts and helminthes in sand at a subtropical recreational beach site. *Journal of applied microbiology*, 110(6), 1571–83. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21447014> [Accessed August 15, 2015].

Strickland, D. H. & Parsons, T. R. (1972). *Practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin No. 167, Ottawa.310 p.

Vivas Aguas, L.J. & Navarrete Ramírez, S.M., (2014). *Protocolo Indicador Calidad del Agua (ICAMpff). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP)*. Santa Marta: INVEMAR, GEF y PNUD. Recuperado de: <http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/04+ProtocoloIndicadorCalidaddeAguadigital.pdf/c16bd915-0b24-446b-9fe0-dbbc239111dd>.

Vivas Aguas, L.J., Ibarra Gutierrez, K.P., et al., (2015). Diagnóstico y evaluación de la calidad de aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. *Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar*, 4, 320. Recuperado de:
http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/Informe+REDCAM+2014_FINAL_ISSN+Digital.pdf/b4913fb2-cbdb-4b41-884a-f1df2ccabf12.

Yepes Mayorga, A., (2004). Calidad microbiológica y físico-química del agua para usos recreativos en las playas de Bocagrande y Marbella, en Cartagena de Indias, Colombia. *Revista Científica*, 8(8), 65–84. Recuperado de:
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/337/501> [Accessed August 4, 2015].