**DIAGNÓSTICO PREELIMINAR DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE PLAYAS DEL SECTOR TURÍSTICO DE CARTAGENA DE INDIAS, CARIBE COLOMBIANO.**

Autores:

**Acevedo Barrios, Rosa(1,2)\*, Carlos Severiche-Sierra (1,2), José Sierra-Salcedo (3) , Rodrigo Blanco- Campo (3)**

**Afiliación del autores:**

1. Docente Investigador de Grupo de Estudios Químicos y Biológicos, Universidad Tecnológica de Bolívar
2. Docente Investigador Grupo de Investigación en Sistemas Ambientales e Hidráulicos (GISAH), Universidad Tecnológica de Bolívar
3. Estudiantes programa de Ingeniería Ambiental, Universidad Tecnológica de Bolívar

\*racevedo@unitecnologica.edu.co

**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 ambiental de los ambientes marino-costeros. En este estudio se evaluó la calidad ambiental de las playas 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, solidos totales, DBO, Coliformes totales, fecales, metales pesados e hidrocarburos totales) y de bacterias indicadores, se calculó índice de calidad ambiental (ICAMPPF) para identificar puntos críticos y las zonas de mayor vulnerabilidad de playas. Los resultados del estudio, contribuyeron con la evaluación del estado de las playas de Cartagena, aportando bases y recomendaciones conducentes a la gestión integral de estos ecosistemas estratégicos.

**Palabras claves**: Calidad Ambiental, Contaminación, Indicadores, Playas, Vulnerabilidad.

**ABSTRACT**

The establishment of an early warning system for beach pollution has a very important effect on the protection of the environmental quality of coastal marine environments. In this study the environmental quality of the beaches of Cartagena de Indias, by characterizing physicochemical parameters "In situ" (temperature, pH, salinity, conductivity and dissolved oxygen) and "Ex situ" (nitrites, nitrates, phosphates evaluated, total solids, DBO, total coliforms, fecal, heavy metals and total hydrocarbons) and indicator bacteria, environmental quality index (ICAMpff) was calculated to identify critical points and most vulnerable areas of beaches. The results of the study, contributed to the assessment of the state of the beaches of Cartagena, providing bases and recommendations leading to the integrated management of these strategic ecosystems.

**Keywords:** 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 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. Esto requiere un monitoreo permanente para determinar la calidad de los mismos. Dentro de estos ecosistemas están las playas del sector turístico de la ciudad 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 por 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 importante de Colombia por el alto porcentaje de visitantes, convirtiéndose en un sector económico importante de la ciudad. Los sectores de la Boquilla, Crespo, Marbella, el Cabrero, Bocagrande, Laguito y Castillo Grande son los barrios más visitados por estar rodeados de playas, en el año 2014, a la ciudad llegaron aproximadamente 1.700.378 entre turistas nacionales y extranjeros (SITCAR, 2015). Sin embargo, por el 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 monitoreo de la calidad ambiental de las playas en época seca y de lluvias, debido a que las condiciones ambientales pueden variar de una época a otra, las actividades antropogenicas, pueden producir alteraciones de los parámetros físico-químicos y de las poblaciones bacterianas asociados a estos 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 fisicoquímicos y microbiológicos, que afectan la calidad de las playas, por lo que se hace necesario monitorear el comportamiento de los parámetros descritos; así mismo es importante aislar y caracterizar microscópica y bioquímicamente las bacterias indicadoras de calidad, para así tomar las medidas necesarias con el fin de garantizar la conservación de estos ecosistemas marinos estratégicos (Acevedo et al., 2016; Acevedo et al., 2013).

Este estudio evaluó la calidad ambiental de playas de la ciudad de Cartagena; mediante la determinación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas y sedimentos de las playas para establecer los puntos críticos de alteración ambiental a través del cálculo del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAMPPF) para determinar la calidad del agua de las playas de la ciudad de Cartagena en época seca y de lluvia.

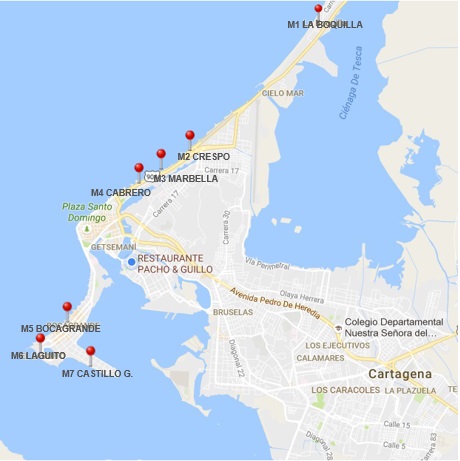
* **2.MATERIALES Y MÉTODOS**
* **2.1. SITIO DE ESTUDIO Y TOMA DE MUESTRA**

El área de estudio seleccionada correspende a las Playas del Sector Turístico de Cartagena. Las muestras fueron colectadas en época de lluvias (septiembre-diciembre de 2015) y época seca (febrero – abril de 2016), en 7 puntos de muestreo descritos en Tabla 1 y en la Figura 1.

**Tabla 1**. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Coordenadas** | **Boquilla**  **(E1)** | **Crespo**  **(E2)** | **Marbella**  **(E3)** | **Cabrero**  **(E4)** | **Bocagrande**  **(E5)** | **Laguito**  **(E6)** | **Castillo (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" |

Fuente: Autor.



**Fuente:** Gloogle Maps, 2016

**Figura 1.** Localización satelital de los sitios de muestreo en las playas de Cartagena.

* 1. **ANALISIS FISICOQUÍMICO**

Se midieron parámetros fisicoquímicos *“in-situ”* y “ex-situ”, las muestras de agua y sedimentos se refrigeraron 4 °C y se transportaron al Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

**2.2.1. Determinación de parámetros físico-químicos *“In-situ”* en aguas***:* Temperatura, pH, salinidad y conductividad. Todas las mediciones se realizaron con una sonda multiparámetrica marca YSI.

**2.2.2. Determinación de parámetros físico-químicos *“Ex-situ*” en aguas**: Oxígeno disuelto (método electrométrico), solidos suspendidos totales, (Hach Sension 7), DBO (Nitritos, nitratos y ortofosfatos (método de espectrofotometría) de acuerdo a lo recomendado por (IDEAM, 2007).

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

**2.2.4. Determinación de Hidrocarburos totales en aguas** mediante la técnica de Cromatografía de gases acoplada a masas, (APHA, 2012).

**2.2. ANALISIS MICROBIOLÓGICO**

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

2.2.2. Aislamiento e Identificación de bacterias bioindicadoras en sedimentos marinos, se realizó de acuerdo a Acevedo et al, 2013.

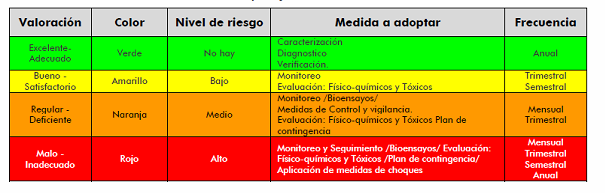
Un hisopo estéril se rotó en cada muestra de sedimento, posteriormente se inoculó en Caldo Luria Bertani © (LB) modificado con agua de mar, su composición para 1 L es: 10 g Triptona, 5 g Extracto de levadura, 10 g NaCl y 1000 mL de agua de mar previamente filtrada en 0.45 µm y esterilizada, y luego se 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 ºC por 24 horas; transcurrido este tiempo, verificando el crecimiento bacteriano mediante la observación de colonias. Se adicionó Fluconazol al medio para inhibir el crecimiento de hongos.

La Identificación Microscópica se realizó 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.

Identificación bioquímica se realizó empleando el sistema de identificación BBL Crystal™ Kit ID, siguiendo las indicaciones de la casa comercial. Además, serán realizadas la prueba de Oxidasa, Catalasa; adicionalmente se realizará la prueba de coagulasa para cocos Gram positivos (Manual de Bergys, 2008).

* 1. **DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD (**ICAMPFF**)**

Para la determinación del indicador de calidad de las aguas marinas y estuarinas para la preservación de flora y fauna (ICAMPFF), se tuvo en cuenta los criterios de los valores indicativos del grado de contaminación establecidos en la figura 2.

****

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

* **3. RESULTADOS**
  1. **DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS**

Las tablas 2 y 3 muestran el promedio de los resultados fisicoquímicos realizados a las muestras de agua de mar durante 8 meses, los cuales se comparados 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, y 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 2. Parámetros fisicoquímicos *“In situ”* por estaciones**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **PARAMETRO** | **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 |

Fuente: Autores.

* **Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos *“Ex situ”* por estaciones**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **PARAMETRO** | **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 |
| **NO2 (mg/L)** | 7 | 6.5 | 5 | 4.5 | 6 | 8 | 6 |
| **NO3 (mg/L)** | 0.016 | 0.005 | 0.017 | 0.012 | 0.009 | 0.024 | 0,032 |
| **PO4 (mg/L)** | 0.28 | 0.13 | 0.017 | 0.17 | 0.11 | 0.37 | 0,31 |

Fuente: Autores.

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 MICROBIOLOGICOS.**

La Tabla 4 muestra los resultados de Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF) de agua de playas, estos fueron comparados con la decreto Colombiano 1594 de 1984 con el fin de verificar si estas muestras cumplen con las normas colombianas, y 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; este incremento puede estar relacionado por su cercanía al emisario submarino que se encuentra 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. Estos valores se resumen en la Tabla 5.

**Tabla 4. Resultados por estación para parámetros microbiológicos**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parámetro** | **Unidad de medición** | **ESTACIONES** | | | | | | | | |  |
| **E1** | **E2** | **E3** | **E4** | **E5** | **E6** | **E7** |  |  |  |
| Coliformes totales | UFC/100 cm3 | 500 | 300 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |  |  |  |
| Coliformes fecales | UFC/100 cm3 | 300 | 150 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |  |  |  |

Fuente: Autores.

* 1. **GENEROS BACTERIANOS IDENTIFICADOS EL PLAYAS.**

Se aislaron e identificaron 6 géneros bacterianos (*Vibrio sp*, *Bacilus sp*, *Staphyloccus sp, Streptococcus sp, Lactobacillus sp* y *Enterococcus sp*) en las playas de la ciudad de Cartagena que son moderamente halófilos, son tolerantes a contaminantes ambientales y son bacterias típicas de ambientes marinos. Las bacterias aisladas probablemente poseen potencialidades biotecnológicas y su posible empleo como bioindicadoras de calidad ambiental en ecosistemas marinos.

* 1. **CALCULO DE INDICE DE CALIDAD AMBIENTAL MARINA (ICAMPFF)**

La figura 3 muestra los resultados de los cálculos realizados del ICAMPFF a las muestras de agua de mar, donde se puede observar 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 la ciudad de Cartagena.

Fuente: Autores.

**Figura 3.** Estado ambiental de las playas de la ciudad de Cartagena, determinado a partir del Cálculo de ICAMPFF.

**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, dúrate 8 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 – 8,65; aunque se presenten picos en los datos, éstos no sobrepasan el límite establecido por la normatividad colombiana (decreto 1594 de 1984), así mismo el oxígeno disuelto presento un rango de variación de datos entre 1,2 y 7,24 mg/L, reportando las mediciones más bajas en el mes de septiembre de 2015. La temperatura se mantuvo constante durante los ocho meses de muestreo con valores comprendidos entre 26,9 y 33,5ºC. Así mismo se encontró que las playas los nitritos, nitratos y ortofosfatos en algunos casos no cumplen con los límites establecidos por la Norma colombiana que 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 Castillo Grande posiblemente por ser una zona cercana a la zona Industrial de Mamonal donde se realizan actividades industriales, logísticas y portuarias. Con relación a los metales pesados, se encuentra dentro de los límites establecidos en todos los puntos de muestreo no se evidencio un impacto significativo en la calidad del agua de las playas de la ciudad.

Entre tanto los parámetros microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentaron 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) mostro que en general las playas presenten un estado aceptable (70%). En los sedimentos marinos de las playas de la ciudad de Cartagena se aislaron bacterias halófilas moderadas con potencialidades biotecnológicas y su posible empleo como bioindicadoras de calidad ambiental en ecosistemas marinos.

* **5. AGRADECIMIENTOS**

Los autores Los autores expresa su agradecimiento a la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB) por el apoyo y financiación para la realización de este trabajo en la 1ra. CONVOCATORIA INTERNA UTB – 2015 TRFCI-1P2015

**6. BIBLIOGRAFÍA**

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). P.73-79.

Acevedo- Barrios, R.; Severiche Sierra, C. A.; Jaimes Morales J (2016). BACTERIAS RESISTENTES A ANTIBIÓTICOS EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS. En: Colombia Producción + Limpia ISSN: 1909-0455 ed: Área Metropolitana Del Valle De Aburra v.10 fasc.2 p.160 - 172, 2015.

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

APHA, AWWA y WEF. (2012*). Standard methods for the examination of water anda wastewater*. Edición 20. American Public Health Association, American Water Works Associations y Water Environment Federation, Washington, D. C. 1325 p.

Ariza, E. (2010). Proposal for an integral quality index for urban and urbanized beaches. *Environmental management*, 45(5), pp.998–1013. Available at: 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), pp.141–160. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569107000105>.

Bergey’s Manual of Systematic Bacteriology. (2008). Int. J. of Syst. Bact.; July 2008, 408 p.

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. Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569114002300 [Accessed August 19, 2015].

Brida J, Lanzilotta B; Risso W., (2008). *Turismo y crecimiento economico: el caso de Uruguay.* at: http://www.pasosonline.org/Publicados/6308/PS0308\_7.pdf

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

INVEMAR, (2012). *Diagnostico y evalucaion de la calidad de aguas marinos y costeras del caribe y pacifico colombianos*. Recuperado de: <file:///D:/Downloads/_Diagnostico_y_evaluacion_calid.pdf>

Koneman, Elmer. (2008). Diagnostico Microbiologico: Texto y Atlas En Color.. Ed. Médica Panamericana, 1691 p.

Ministerio de agricultura. (26 de junio 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,* (Decreto 1594 de 1984). <http://www2.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) *Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico -SIRH-* ( Decreto N° 1323 de 2007). 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 Oceanologica*, (5), pp.45–56. Available at: http://oceanologia.redciencia.cu/articulos/articulo53.pdf.

Pereira, C. et al., (2015). *Calidad Ambiental en Playas Turísticas – Aportes desde el Caribe Norte Colombiano*. Available at: 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.* ed:eumed.net ISBN: ISBN-13: 978-84-1577 v. 0 pags. 101.2013.

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), pp.1571–83. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21447014 [Accessed August 15, 2015].

SITCAR, (2015). *Indicadores turisticos a diciembre 2015*. Recuperado de: <file:///D:/Downloads/52156854_Corpoturismo_Sitcar_Indicadores_Turismo_a_diciembre_de_2014VF%20(1).pdf>

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

Unesco/COI. (1982). *Determinación de los hidrocarburos del petróleo en los sedimentos*. Manuales y guías No. 11, Comisión Oceanográfica Intergubernamental (Unesco), París. 33 p.

Vivas Aguas, L.J. & Navarrete Ramirez, S.M., (2014). *Protocolo Indicador Calidad del Agua (ICAMpff). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). INVEMAR, GEF y PNUD*, Santa Marta, Magdalena. Available at: 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, p.320. Available at: <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), pp.65–84. Available at: http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/337/501 [Accessed August 4, 2015].

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo…………………………………………………………3

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos “In situ” por estaciones………………………………………………………...6

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos “Ex situ” por estaciones…………………………….........................................7

Tabla 4. Resultados por estación para parámetros microbiológicos……………………….........................................8

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Localización satelital de los sitios de muestreo en las playas de Cartagena. ……………………………….4

Figura 2. Valores indicativos del grado de contaminación de las aguas marinas colombianas.

Escala conceptual y tabla de valores……………………….**…………………………………………………………..**6

Figura 3. Estado ambiental de las playas de la ciudad de Cartagena, determinado a partir del Cálculo de ICAMPFF…9