

ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN LAS PLAYAS  
DE PUERTO VELERO Y CAÑO DULCE TUBARÁ- ATLÁNTICO

MARCELA NINIBETH BARRERA LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BARRANQUILLA  
2014

ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN LAS  
PLAYAS DE PUERTO VELERO Y CAÑO DULCE TUBARÁ- ATLÁNTICO

MARCELA NINIBETH BARRERA LÓPEZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERA AMBIENTAL

ASESOR:  
INGENIERO RUBÉN CANTERO RODELO

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BARRANQUILLA  
2014

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Barranquilla, 16 de Octubre de 2014

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis Padres: Alexander Barrera y Beatriz López, a mi hermana Lady Barrera y a mi novio y amigo Brayan Arrieta por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco de todo corazón a mi tutor y director de tesis, el Ingeniero Rubén Cantero por su apoyo y dedicación, por todos sus consejos y recomendaciones para poder sacar adelante este trabajo; a la Auxiliar de Laboratorio CITA, Érica Arbeláez por su colaboración en todo momento; a la Doctora Beatriz Díaz y a la Universidad Autónoma por su apoyo para realizar este proyecto.

Muchas gracias a todos por su apoyo incondicional, sus bendiciones y buenos deseos.

## RESUMEN

Se analiza la concentración de la materia orgánica en las playas de Puerto Velero y Caño Dulce, se escogen los meses comprendidos desde Agosto hasta Noviembre del 2013 y el mes de Febrero y Julio del 2014; con apoyo de una investigación que realiza la Doctora Beatriz Díaz de la Universidad Autónoma del Caribe de la ciudad de Barranquilla, se determina la cantidad de bañistas que ingresan a la playas para estos meses y se analiza la interacción que tienen los bañistas VS la materia orgánica presente en el agua de mar. El análisis de las muestras de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) se realiza por el método respirométrico y es apoyado por observaciones realizadas en campo. Se compara los resultados obtenidos de la cantidad de materia orgánica presente en las playas de Puerto Velero y Caño Dulce con normas internacionales de países como Uruguay y Cuba que han realizado y estandarizado este parámetro. Se determina que las playas de estudio presentan concentraciones bajas o altas dependiendo de la norma internacional con la que se compara, por lo que pueden existir tres fuentes posibles de contaminación.

**Palabras claves:** Demanda Bioquímica de Oxígeno, materia orgánica, método respirométrico, Puerto Velero, Caño Dulce

## **ABSTRACT**

Analyzes the concentration of organic matter on the beaches of Puerto Velero and Caño Dulce, choose the months period from August to November 2013 and February and June of 2014, with support of an investigation that realize the female Doctor Beatriz Diaz of Autonomous University of the Caribbean of the Barranquilla city, is determined the quantity of bather that sign in to the beach for these months and is analyze the interaction that have the bather VS the organic matter present in the sea water. The analysis of samples of the Biochemical Oxygen Demand (BOD5) is performed by the respirometric method and is supported for field observations realize in field. Compare the result obtained of the amount of organic matter present in the beaches of Puerto Velero and Caño Dulce with norms internationals of country with Uruguay and Cuba they have performed and standardized this parameter. It is determined that the study beaches have low or high concentrations of organic matter dependent of the norm international with the that is compared, so it can exist three possible sources of contamination.

**Keywords:** Biochemical Oxygen Demand, organic matter, respirometric method, Puerto Velero, Caño Dulce.

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	10
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	11
LISTA DE GRÁFICAS.....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
1. OBJETIVOS .....	7
1.1 GENERAL .....	7
1.2 ESPECIFICO .....	7
2. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	8
2.1 MARCO TEÓRICO .....	8
2.1.1 Materia Orgánica.....	8
2.1.2 Función de Transformación.....	11
2.2 MARCO REFERENCIAL .....	14
3. MARCO CONCEPTUAL.....	19
4. MARCO LEGAL .....	20
4.1 DECRETO 3930 DE 2010 .....	20
4.2 NORMA CUBANA 22: 1999 .....	21
4.3 DECRETO 1594 DE 1984 .....	23
4.4 DECRETO 253 DE 1979 (URUGUAY) .....	24
5. MARCO METODOLÓGICO .....	27
5.1 TÉCNICA DOCUMENTAL.....	27
5.2 FASE DE CAMPO .....	27
5.2.1 Puntos de muestreo: área de estudio.....	27
5.2.2 Época y tiempo de muestreo.....	29
5.2.3 Toma de muestra, almacenamiento y preservación .....	30
5.2.4 Conteo de visitantes .....	30
5.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	31
5.3.1 Medición de DBO: Oxitop por autocontrol, WTW .....	31
5.3.2 Medición de DBO: Sensor DBO, VELP SCIENTIFICA.....	35



5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	37
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
6.1 RESULTADOS .....	38
6.1.1 Análisis de Datos: DBO VS Visitantes.....	38
6.1.2 Análisis de Datos: Comparación normativa internacional.....	40
6.1.3 Cálculo de la Función de Transformación .....	41
6.2 DISCUSIÓN.....	46
7. CONCLUSIONES.....	49
8. RECOMENDACIONES .....	50
BIBLIOGRAFIA.....	51
ANEXO .....	53
ANEXO 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DBO .....	53
ANEXO 2: REGISTROS FOTOGRÁFICOS .....	55

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros físico – químicos y microbiológicos mencionados en normas nacionales e internacionales.....	11
Tabla 2 Parámetros de calidad para aguas recreativas de contacto primario.....	23
Tabla 3 Parámetros de calidad para aguas recreativas de contacto secundario ...	24
Tabla 4 Parámetros de calidad de agua recreacional de contacto primario (clase 2b).....	26
Tabla 5 Componentes del sistema de medición de la DBO <sub>5</sub> .....	31
Tabla 6 Factores de escala según volúmenes y DBO esperados para el método de autocontrol .....	32
Tabla 7 Factores de escala según volúmenes y DBO esperados para el método de Sensor DBO.....	35
Tabla 8 Efluentes de vertimiento.....	40
Tabla 9 Valores máximos y mínimos de Materia orgánica (Norma Uruguaya) .....	42
Tabla 10 Valores de X e Y .....	43
Tabla 11 Valores máximos y mínimos de Materia orgánica (Norma Cubana) .....	44
Tabla 12 Valores de X e Y .....	46
Tabla 13 Datos Puerto Velero Mañana.....	53
Tabla 14 Datos Puerto Velero Tarde .....	53
Tabla 15 Promedio datos Puerto Velero Mañana -Tarde.....	53
Tabla 16 Datos de Caño Dulce Mañana .....	54
Tabla 17 Datos de Caño Dulce Tarde.....	54
Tabla 18 Datos promedio de Caño Dulce Mañana - Tarde.....	54

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Estaciones de muestreo .....	28
Ilustración 2 Estaciones de muestreo adicional .....	29
Ilustración 3 Punto de Muestreo Puerto Velero 1.....	55
Ilustración 4 Punto de Muestreo Puerto Velero 2.....	55
Ilustración 5 Punto de Muestreo Caño Dulce.....	56
Ilustración 6 Efluente de Muestreo (Puerto Velero) .....	56
Ilustración 7 Efluente de Muestreo 2 (Caño Dulce).....	57
Ilustración 8 Equipo Oxi Top .....	57
Ilustración 9 Equipo VELP SCIENTIFICA .....	58
Ilustración 10 Hidróxido de Sodio .....	58
Ilustración 11 Recipientes de muestreo .....	59
Ilustración 12 Montaje del equipo respirométrico.....	59

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Comportamiento de la DBO en Puerto Velero Punto 1 .....	38
Gráfica 2 Comportamiento de la DBO en Puerto Velero Punto 2 .....	39
Gráfica 3 Promedio cantidad de DBO VS Promedio de visitantes en la playa de Puerto Velero .....	39
Gráfica 4 Comportamiento de la DBO en la playa de Caño Dulce Punto 3 .....	39
Gráfica 5 Promedio cantidad de DBO VS Promedio de visitantes en la playa de Caño Dulce .....	40
Gráfica 6. Comparación normativa internacional .....	41
Gráfica 7 Calidad Ambiental de las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce tomando como base el Decreto 253 de 1979 (Uruguay) .....	44
Gráfica 8 Calidad Ambiental de las Playas de Caño Dulce tomando como base el Decreto 253 de 1979 (Uruguay).....	46

## INTRODUCCIÓN

Las aguas naturales no contaminadas poseen por lo regular bajas concentraciones de materia orgánica disuelta, por lo que el análisis de materia orgánica de las aguas marinas permite tener un panorama de la posible existencia de fuentes de contaminación; el exceso de material orgánico pueden llegar a agotar el oxígeno en las aguas requerido para su descomposición y como consecuencia, el agua cambia sus propiedades como la tonalidad, tendría mal olor y como consecuencia se puede presentar una fuerte reducción de la diversidad de especies marinas (flora y fauna acuática).

Es importante realizar un análisis de materia orgánica presente en las aguas marinas de las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce por la existencia de posibles fuentes de contaminación que aporta las cargas externas (ríos, caños y corrientes oceánicas) al cuerpo de agua en cuestión.

Estos cuerpos de aguas son visitados por personas de muchas regiones del país que llagan a visitar el Atlántico Colombiano, por lo tanto la interacción existente entre el mar y las personas es muy cercana, es una zona en la cual se realizan juegos acuáticos, se pasa una tarde en familia o con amigos o se descansa, por lo tanto la influencia que tienen las personas es muy alta y una evaluación del estado del cuerpo de agua se hace necesaria. No se cuenta con un análisis preciso al 100% por las limitaciones de equipos y tiempo que se tuvieron para la investigación, pero se entregan observaciones y datos preliminares que permiten dar un panorama sobre las condiciones actuales que presenta las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 GENERAL**

Determinar la concentración de materia orgánica en las aguas marinas de las playas Puerto Velero y Caño Dulce y su relación con el turismo de la zona.

### **1.2 ESPECIFICO**

- Evaluar la concentración de la materia orgánica presente en el agua.
- Determinar la posible existencia de focos de contaminación difusa y/o puntual que se generen en las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce.
- Determinarla relación existente entre la concentración de materia orgánica en el agua y el número de turistas que visitan las playas.
- Hallar la función de transformación de la  $DBO_5$  para la calidad del agua de las playas de Puerto Velero y Caño Dulce.

## **2. MARCO TEORICO REFERENCIAL**

### **2.1 MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.1 Materia Orgánica**

El Invenmar define a la materia orgánica como toda clase de sustancia que involucra dentro de su estructura molecular el carbono, en el estudio ambiental hace referencia a dos tipos: a) la de origen viviente, que comprende todos los residuos y desechos provenientes de organismos vivos, incluso los mismos organismos; y b) la de origen antrópico, en la que entran todas las sustancia sintetizadas por el hombre a través de procesos industriales.

Las aguas naturales no contaminadas poseen por lo regular bajas concentraciones de materia orgánica disuelta (menos de 2 mg/L). La contaminación por desechos domésticos o industriales puede agotar el oxígeno, pues la materia orgánica lo requiere para su descomposición.

El principal problema reside en que la presencia de materia orgánica en el agua le confiere a ésta última un elevado carácter reductor, de lo cual se desencadena una serie de efectos que pueden resultar peligrosos. Los componentes orgánicos van a ser oxidados mediante procedimientos biológicos en el seno del agua, requiriendo para ello grandes cantidades de oxígeno. Si no existe ninguna fuente de oxígeno, el proceso recurriría al elemento que se encuentre libre en el agua, de manera que si ésta no puede suplir este consumo mediante aportes externos, el nivel de oxígeno disuelto descenderá y dará lugar a consecuencias muy negativas. Por otra parte, si las sustancias orgánicas no son biodegradables por vías oxidantes, permanecerán en el agua, dando origen a toda una serie de alteraciones físicas tales como malos olores, mal sabor o la formación de

espuma<sup>1</sup>. Es de esperarse, por tanto, una fuerte reducción de la diversidad de especies de macro-invertebrados, quedando presentes por lo regular en grandes números, sólo aquellos adaptados para resistir dichas condiciones<sup>2</sup>.

Gabriel Roldán (2003) además define a la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) como una medida de valoración de la cantidad de materia orgánica que se encuentra en un cuerpo de agua. El tiempo de incubación del oxígeno no disuelto normalmente es de 5 días, DBO<sub>5</sub>. En principio, la DBO<sub>5</sub> define el consumo de oxígeno del agua y por tanto su nivel de contaminación orgánica, pues se aprecia así la carga del agua en materiales putrescibles<sup>3</sup>. En general, cuanto mayor es la demanda bioquímica de oxígeno, peor es la calidad del agua<sup>4</sup>. Se han desarrollado varias técnicas para la determinación de la DBO, en vista de su gran aplicación y la necesidad de métodos menos dispendiosos (cuando se trata de muestras que requieren dilución); en proyectos de ingeniería, control de plantas depuradoras, caracterización de cuerpos de agua y calibración de modelos matemáticos; muchas de estas técnicas se basan en métodos respirométricos; existen respirómetros, manométricos, volumétricos y electrolíticos, también se ha avanzado gracias al desarrollo de los sensores de membrana para la determinación del oxígeno disuelto.

Según Jairo Escobar, consultor de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL, en su informe publicado por las Naciones Unidas en el año 2003, en su capítulo sobre los efectos de la contaminación por las actividades humanas en las cuencas hidrográficas y costeras, informa que la

---

<sup>1</sup> SEOANEZ, Mariano; VARELA, Ramón. Manual de contaminación marina y restauración del litoral: contaminación, accidentes y catástrofes, agresiones a las costas y soluciones: el turismo de costa, la pesca, la ordenación y la gestión del litoral. Grupo Mundi- Prensa. 2000

<sup>2</sup> ROLDÁN, Gabriel. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín: Universidad de Antioquia. 2003

<sup>3</sup> SEOANEZ; VARELA, *op.cit.*

<sup>4</sup> CAMBERS, Gillian; DIAMOND, Paul. Guardarenas: Adaptarse al cambio climático y educar para el desarrollo sostenible. París: UNESCO, 2012. p 71.



salud humana ha sido afectada fuertemente por la contaminación de franjas costeras. El consumo de organismos costeros provenientes de áreas contaminadas han producido, a nivel global, cerca 2.5 millones de casos de hepatitis infecciosa, que resulta en 25 000 casos letales y en un número similar de incapacidades por daño al hígado, con un impacto económico cercano a 10 billones de dólares anuales, sin mencionar epidemias de cóleras. Otros usos, como la pesca, el turismo, la recreación resultan especialmente vulnerables<sup>5</sup>; si se habla de un recurso para fines recreativos y está contaminado, implica un riesgo para el usuario que puede contraer enfermedades como la gastroenteritis, dermatitis y problemas respiratorios. *Cryptosporidium*, norovirus y cepas de *Escherichiacoli* enteropatógenas son las causas más importantes de brotes de diarrea, mientras que *Pseudomonas* y *S. Aureus* son los principales agentes de infecciones cutáneas y *Legionella* de infecciones respiratorias, situación que provoca un riesgo de contraer enfermedades en personas que realizan actividades recreativas que implican un contacto directo con el agua<sup>6</sup>.

Hurtado et al. (2009) compararon los parámetros medidos de calidad del agua de playa para uso recreativo de países como Cuba, Uruguay, Colombia e Italia, realizaron una revisión de la legislación nacional e internacional sobre parámetros para medir la calidad de agua de playa para uso recreativo, entre estas están<sup>7</sup>:

---

<sup>5</sup> ESCOBAR, Jairo. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2003. p 13-15.

<sup>6</sup> ROMERO, Socorro *et ál.* Calidad del Agua para Actividades Recreativas del Río Hardy en la Región Fronteriza México-Estados Unidos. EN: Scielo (2010). p 69-78.

<sup>7</sup> HURTADO, Yuri *et ál.* Selección y propuesta de parámetros para la determinación de la calidad ambiental en playas turísticas del caribe colombiano. EN: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 2009. p 42-53.

**Tabla 1** Parámetros físico – químicos y microbiológicos mencionados en normas nacionales e internacionales

PAIS	CUBA	URUGUAY	ITALIA		COLOMBIA	
Parámetro Norma	Norma NC 22:1999	Decreto 253 de 1979	Norma DPR 470/82	Blue Flag Beach Criteria an Explanatory Notes 2007-2008	Decreto 1594 de 1984	Norma Técnica Sectorial NTS –TS-001-2.
Amoniaco libre		X				
Arsénico		X				
Cianuro		X				
Coliformes fecales	X	X		X	X	X
Coliformes totales	X			X	X	
Color	X	X		X		X
Cromo		X				
DBO <sub>5</sub>	X	X				
DQO	X					
E. Coli			X	X		
Enterococos			X			
Estreptococos				X		X
Fenoles	X	X		X	X	
Fosfatos	X	X				
Grasa y aceites	X	X		X		X
Metales pesados (Pb, Cd, Hg)		X				
Níquel		X				
Nitratos	X	X				
OD	X	X			X	
Olor	X	X				
PH	X	X		X	X	X
Plomo		X				
Residuos (basura)				X	X	
Salinidad	X					
Sólidos flotantes	X	X				
Tensoactivos	X	X		X	X	X
Turbidez		X				
Zinc		X				

Fuente. Propia

### 2.1.2 Función de Transformación

La función de transformación hace corresponder la magnitud en unidades heterogéneas a la magnitud en unidades homogéneas que ahora se hace variar entre 0 y 1, para cada factor ambiental. Al mayor valor posible de impacto, al más desfavorable, se le asigna el 1, y al menor, el 0, quedando comprendidas las magnitudes intermedias entre dichos valores. En el eje de ordenadas, por lo tanto, se sitúa la magnitud medida ya en unidades homogéneas, y en el eje de abscisas la magnitud en unidades heterogéneas medida mediante el indicador o el índice.

Esta función puede ser lineal o no, con pendiente positiva, si al aumentar el valor del indicador aumenta el impacto (negativo), o con pendiente negativa si el índice mide calidad ambiental y al aumentar éste disminuye el impacto (negativo) o si el impacto ambiental es positivo o beneficioso cuya presencia mejora la calidad ambiental. Para cada valor del que se dispone la magnitud en unidades heterogéneas se calcula la nueva magnitud en unidades homogéneas, bien gráficamente, bien analíticamente, tomando el primer valor como abscisa y obteniendo la ordenada correspondiente. La magnitud final del impacto para una determinada alternativa se obtiene restando la transformada de la magnitud en unidades heterogéneas con dicha alternativa a la transformada de la magnitud en unidades heterogéneas.

Para obtener de forma adecuada las funciones de transformación se procede de la siguiente forma:

- a. Se busca la mayor información sobre el factor ambiental que se estudia, tanto científica, como sobre su normativa legal y sobre las preferencias sociales del mismo. De este estudio se obtiene el mayor valor (Máx.) que se va a considerar del valor del indicador del factor, bien porque un valor mayor se vaya a considerar como crítico, bien porque con él, el factor quede totalmente destruido..., y el menor valor (Mín.) del indicador del factor, que puede ser 0.
- b. En el eje de abscisas se sitúan los valores Máx. y Mín. y se marca una escala.
- c. En el eje de ordenadas se sitúa el cero y el uno, marcando también una escala.

- d. Ahora caben las siguientes posibilidades, i) que la función sea creciente, con lo que la función debe pasar por los puntos (Mín., 0) y (Máx., 1), ii) que la función sea decreciente y deba pasar por (Máx., 0) y (Mín., 1), o iii) que la función alcance un máximo o un mínimo en un valor, a, intermedio. Se marcan estos puntos.
- e. Para conocer la forma de la función de transformación: recta, parábola... se puede hacer mediante una consulta a un panel de expertos usando el método Delphi, que indicarán la relación entre los valores intermedios del indicador o del índice, o seleccionar, con el conocimiento adquirido sobre el factor, una de las funciones de transformación.
- f. La función de transformación puede ser I) una recta, si ambas magnitudes son proporcionales, II) una parábola que varía rápidamente para valores bajos de la magnitud, y lentamente para valores altos, III) una parábola que varía lentamente para valores bajos de la magnitud y rápidamente para valores altos, IV) el impacto varía más rápidamente en los extremos y más lentamente en el centro, V) el impacto varía lentamente en los extremos y rápidamente en el centro, VI) el crecimiento del impacto no es continuo y la función de transformación es una función en escalera, con saltos para determinados valores, VII) existe un umbral a partir del cual el impacto no es aceptable, VIII) no hay relación entre el impacto y el indicador y se considera el impacto constante, IX) la función de transformación no es siempre creciente ni siempre decreciente sino que alcanza para un valor intermedio del indicador un máximo o un mínimo.
- g. En el caso de desear una mayor fiabilidad en la función elegida se puede realizar un nuevo proceso de consultas a nuevos expertos.

## 2.2 MARCO REFERENCIAL

Profesores e investigadores de la Universidad de la Costa CUC y de la Universidad Autónoma del Caribe, publicaron en el 2014 un artículo sobre el análisis socio-ambiental de las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce, los cuales obtuvieron como resultados que las playas en mediciones ambientales mostraron valores aceptables de acuerdo con la normatividad colombiana y criterios internacionales, en cuanto al componente social en el estudio indica la falta de presencia gubernamental para organizar y regular la actividad turística en estas playas.

Desde el 2010 hasta la fecha se lleva a cabo el Programa de Investigación en Calidad Ambiental de Playas Turísticas (CAPT) en el Caribe Colombiano liderado por la Universidad del Magdalena cuyo objetivo es el de conocer las condiciones de calidad ambiental de las playas del Caribe norte colombiano, a través del monitoreo permanente de parámetros ambientales específicos para este espacio costero y su representación por medio de indicadores e índices; de la idea de este programa es que se deriva este proyecto de grado ya que actualmente entre los parámetros de estudio, el indicador de Materia orgánica aún no ha sido contemplado como caso de estudio.

Del trabajo realizado y mostrado al programa CAPT se resalta estudios de calidad de playa y socio económico realizado a las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce, por diferentes investigadores de las Universidad de la Costa, CUC y de la Universidad Autónoma del Caribe, estos estudios tiene las siguientes conclusiones:

- Torres, Franklin; Cantero, Rubén y Arbeláez, Erika (2013) en su investigación concluyen que aunque las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce son playas que cumple con la normatividad colombiana para aguas recreacionales de uso primario, se observa que existe una influencia de los

turistas en las playas por la cantidad de sólidos disueltos y flotantes presente en el cuerpo de agua aunque en Caño Dulce se evidencia mayor presencia de turistas que en Puerto Velero; existe posible influencia en la práctica de los deportes náuticos sobre el cuerpo de agua, por los valores altos de grasas y aceites presentes y existe presencia de coliformes fecales y totales.

- Díaz; Mendoza y López (2013) indican que la falta de presencia de los entes gubernamentales sobre las zonas turísticas como son Puerto Velero y Caño Dulce, lo que conlleva a un mal estado de vías, falta de ordenamiento espacial, especulación de precios y baja calidad de los productos ofrecidos por parte del prestador de servicios turístico, deficiente prestación del servicio al turista por parte del prestador de servicio, falta de limpieza y mantenimiento de la playa, entre otros.
- Gallardo Gleini (2013) en la evaluación realizada a 15 playas para determinar su potencial turístico por medio de la aplicación de un índice que midió 3 componentes: accesibilidad (estado de vías, señalización y distancia Barranquilla – playa), servicio e infraestructura y ambiental; se determinó que la playa que posee un mayor potencial turístico es la playa de Caño Dulce seguida de la playa de Puerto Velero.

En el 2010 QUINTERO, et ál. realizó una investigación para determinar los indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos, en donde la variable de materia orgánica la emplean para determinar las alteraciones generadas en el agua por las actividades portuarias, en donde emplean la metodología del Invemar para realizar dicho análisis químico.

Desde el 2001 hasta la fecha la Red de Monitoreo de la Calidad de aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM) liderado por el Instituto de Investigaciones

Marino y Costeras José Benito Vives de Andreis (INVEMAR), realizan investigaciones en temas de contaminación marino – costera; en el informe presentado por REDCAM del año 2013 para el Departamento del Atlántico en general mostró que las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) durante las épocas lluviosa 2012 fluctuó entre 0,13 mg/L -14,1 mg/L y en la época seca de 2013 entre 4,11 mg/L y 6,84 mg/L, para este estudio se tiene en total 14 estaciones y zonas de muestreo: 7 de río y 7 oceánicas; varias estaciones se encontraban por encima del 4,0 mg/L considerado el valor mínimo de calidad para la preservación de flora y fauna<sup>8</sup>; aunque este informe no menciona análisis alguno sobre el parámetro fisicoquímico de DBO, se destaca como proyecto activo de control de la contaminación en los cuerpos de agua del Caribe colombiano<sup>9</sup>.

En investigaciones adelantadas por el Centro de Investigación Oceanográfica e Hidrográfica (CIOH) llamado “Panorama de la contaminación del Caribe Colombiano”, se muestra las principales fuentes de vertimiento y por ende de contaminación de las zonas costeras, que están representadas por los sistemas de alcantarillado de las principales ciudades costeras: Barranquillas, Cartagena y Santa Marta, muy concordantes con su nivel de población. Estas tres capitales de departamento aportan respectivamente 96,34%, 2,43% y 0,18% de la DBO<sub>5</sub> total descargada por las poblaciones costeras del Caribe Colombiano. El río Magdalena por su parte, aporta alrededor del 96% de DBO<sub>5</sub> al Caribe colombiano, siendo el principal vector de contaminación orgánica biodegradable al mar costero; observándose valores altos en las estaciones ubicadas en sitios muy cercanos a descargas de aguas residuales domésticas, y las monitoreadas en la época lluviosa, con lo anterior se reafirma que mediante los aportes continentales se está

---

<sup>8</sup> MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto No. 1594 del 26 de junio 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. p 61

<sup>9</sup> VIVAS-AGUAS, L. *et ál.* Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de Publicaciones Periódicas del Invepar No. 4. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM): Informe técnico 2013. Santa Marta: INVEMAR, 2014. p 314.

contribuyendo a incrementar la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno<sup>10</sup>.

A nivel internacional se ha adelantado pocas investigaciones en aguas costeras, las que se han realizado ha sido por países que su fuente de ingreso principal es la actividad turística enfocada en sus playas, entre esta tenemos investigaciones realizadas por el Instituto de Oceanografía de Cuba, entre estas investigaciones están:

- Se determinó que la calidad del agua marina en un tramo costero con uso industrial de la provincia la habana (2010), posee materia orgánica por aportes de a aguas residuales con cierto grado de refractabilidad a las oxidaciones microbiológicas<sup>11</sup>.
- En la elaboración de un índice numérico cualitativo (ICAg) (2009) para determinar la calidad de las aguas costeras cubanas de uso recreativo, se propone incluir el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) para que represente y determine la concentración de materia orgánica<sup>12</sup>.
- El Instituto de Oceanología (CITMA) junto a el Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC) (2008) realizaron una investigación sobre el oxígeno disuelto y la materia orgánica en el Archipiélago de Sabana – Camagüey, los resultados mostraron de la concentración de materia orgánica variaba y esta se debía a la zona y fuentes de agua que interactuaban con el Archipiélago. Para estudiar la materia orgánica

---

<sup>10</sup> TOUS HERAZO, G. *et ál.* Panorama de la Contaminación del Caribe Colombiano: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. CIOH, 2007. p 86

<sup>11</sup> CARMENATE, M. *et ál.* Calidad del agua marina en un tramo costero con uso industrial de la provincia de La Habana, Cuba. Cuba: Instituto de Oceanología, 2010. p 1-12.

<sup>12</sup> MIRAVET, M. *et ál.* Índice Numérico Cualitativo para Medir la Calidad de las Aguas Costeras. EN: Serie Oceanológica No 5. (2009). p. 45-56



empleaban los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO)<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> MONTALVO, J *et ál.* Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de agua interiores del Archipiélago Sabana - Camagüey, Cuba. EN: Serie Oceanológica No 4 (2008). p 71-84.

### 3. MARCO CONCEPTUAL

**Agua recreativa de contacto primario:** Se entiende por uso del agua para fines recreativos de contacto primario cuando la persona tiene contacto directo con el agua, como en la natación y el buceo.

**Agua recreativa de contacto secundario:** Se entiende por uso del agua para fines recreativos de contacto secundario cuando la persona tiene contacto indirecto con el agua, como en los deportes náuticos y la pesca.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)<sup>14</sup>:** Es una medida de la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica de una muestra de agua, por medio de una población microbiana heterogénea. La información obtenida en la prueba corresponde a la materia orgánica biodegradable.

**Materia orgánica:** es toda clase de sustancia que involucra dentro de su estructura molecular el carbono, en el estudio ambiental hace referencia a dos tipos: a) la de origen viviente, que comprenden de todos los residuos y desechos provenientes de organismos vivos, incluso los mismos organismos; y b) la de origen antrópico, en la que entran todas las sustancias sintetizadas por el hombre a través de procesos industriales.

---

<sup>14</sup> León Gil, Carlos Albeiro. Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respirométrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico. Pereira, 2009.

## 4. MARCO LEGAL

### 4.1 DECRETO 3930 DE 2010

#### CAPÍTULO IV.

**Artículo 15. Uso recreativo.** Se entiende por uso del agua para fines recreativos, su utilización, cuando se produce:

1. Contacto primario, como en la natación, buceo y baños medicinales.
2. Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.

#### CAPÍTULO VI.

**Artículo 24. Prohibiciones.** No se admite vertimientos:

1. En las cabeceras de las fuentes de agua.
2. En acuíferos.
3. En los cuerpos de aguas o aguas costeras, destinadas para recreación y usos afines que impliquen contacto primario, que no permita el cumplimiento del criterio de calidad para este uso.
4. En un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable, en extensión que determinará, en cada caso, la autoridad ambiental competente.
5. En cuerpos de agua que la autoridad ambiental competente declare total o parcialmente protegidos, de acuerdo con los artículos 70 y 137 del Decreto-ley 2811 de 1974.

6. En calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillados para aguas lluvias, cuando quiera que existan en forma separada o tengan esta única destinación.
7. No tratados provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, en aguas superficiales dulces, y marinas.
8. Sin tratar, provenientes del lavado de vehículos aéreos y terrestres, del lavado de aplicadores manuales y aéreos, de recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.
9. Que alteren las características existentes en un cuerpo de agua que lo hacen apto para todos los usos determinados en el artículo 9º del presente decreto.
10. Que ocasionen altos riesgos para la salud o para los recursos hidrobiológicos.

#### **4.2 NORMA CUBANA 22: 1999**

**Artículo 7.** Requisitos para la calidad sanitaria del agua en los lugares de baño:

- Los Centros Provinciales, los Centros y Unidades Municipales de Higiene y Epidemiología serán los encargados del control de la calidad de las aguas utilizadas para el baño.
- Las aguas utilizadas para el baño no tendrán olor ni sabor desagradable, sólo se permitirán los del agua en condiciones naturales.
- Las aguas utilizadas para el baño no estarán afectadas por ningún color ajeno a sus características naturales.

- El contenido de sólidos de tipo orgánico en las aguas destinadas para el baño no deberán producir deposiciones, turbiedad, ni ocasionar consumo de oxígeno en el área de baño. Esto último se detectará mediante la determinación de la demanda de permanganato, la cual no excederá a 2 mg/L. No se permitirá la presencia de sólidos flotantes.
- El contenido de grasas y aceites en aguas destinadas al baño no se encontrará nunca en una concentración superior a 0,5 mg/L, no se podrá ser detectado como una película visible en la superficie de la misma y no formará depósitos de lodo aceitoso en la costa, ribera o en el fondo del área de baño.
- En las aguas utilizadas para el baño, los componentes fenólicos, expresados como fenol, no excederán a 0,002 mg/L y las sustancias tensoactivas, expresadas en sustancias activas al azul de metileno, no excederán a 0,5 mg/L.
- El nitrógeno y el fósforo estarán en las aguas destinadas al baño, en una proporción que no ocasione eutrofización de las masas de agua.
- El pH de las aguas usadas para el baño, se mantendrá en un intervalo de 6,1 a 8,9.
- La salinidad de las aguas de mar utilizadas para el baño, no será menor de 36 por mil.
- El oxígeno disuelto se mantendrá en un valor mínimo del 70% de la concentración de saturación.
- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de las aguas utilizadas para el baño, no será nunca mayor de 3 mg/L.

- En las aguas destinadas al baño no se permitirá la presencia de sustancias tóxicas o irritantes, cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, produzcan reacciones adversas sobre la salud humana.

#### 4.3 DECRETO 1594 DE 1984

### CAPITULO III.

**Artículo 34.** Se entiende por uso del agua para fines recreativos, su utilización, cuando se produce:

- a) Contacto primario, como en la natación y el buceo.
- b) Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.

**Parágrafo.** Por extensión, dentro de los usos del agua a que se refiere el presente artículo, se incluyen los baños medicinales.

### CAPITULO IV.

**Artículo 42.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario, son los siguientes:

**Tabla 2** Parámetros de calidad para aguas recreativas de contacto primario

Referencia	Expresado como	Valor
Coliformes fecales	NMP	200 microorganismos/100 ml.
Coliformes totales	NMP	1.000 microorganismos/100 ml.
Compuestos Fenólicos	Fenol	0.002
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

Fuente: Decreto 1594 de 1984

**Parágrafo 1.** No se aceptará en el recurso película visible de grasas y aceites flotantes, presencia de material flotante proveniente de actividad humana;

sustancias tóxicas o irritantes cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, produzcan reacciones adversas sobre la salud humana.

**Parágrafo 2.** El nitrógeno y el fósforo deberán estar en proporción que no ocasionen eutrofización.

**Artículo 43.** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto secundario, serán los siguientes:

**Tabla 3** Parámetros de calidad para aguas recreativas de contacto secundario

Referencia	Expresado como	Valor
Coliformes totales	NMP	5.000 microorganismos/100 ml.
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

Fuente: Decreto 1594 de 1984

**Parágrafo.** Además de los criterios del presente artículo se tendrán en cuenta los establecidos en los párrafos 1 y 2 del artículo anterior.

#### 4.4 DECRETO 253 DE 1979 (URUGUAY)

**Artículo 3.** Los cursos o cuerpos de agua del País se clasificarán según sus usos preponderantes actuales o potenciales en cuatro clases de acuerdo a lo siguiente:

##### **Clase 1**

Aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional.

## **Clase 2**

- a) Aguas destinadas al riego de hortalizas o plantas frutícolas u otros cultivos destinados al consumo humano en su forma natural, cuando éstas son usadas a través de sistemas de riego que provocan el mojado del producto.
  
- b) Aguas destinadas a recreación por contacto directo con el cuerpo humano.

## **Clase 3**

Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto.

## **Clase 4**

Aguas correspondientes a los cursos o tramos de cursos que atraviesan zonas urbanas o suburbanas que deban mantener una armonía con el medio, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyos productos no son destinados al consumo humano en ninguna forma.

**Artículo 5.** Las características de los cursos o cuerpos de agua del país serán, de acuerdo a su clasificación, las siguientes:

## **Clase 2b.**



**Tabla 4** Parámetros de calidad de agua recreacional de contacto primario (clase 2b)

<b>PARAMETRO ESTANDAR</b>	<b>ESTANDAR</b>
Olor	No perceptible
Materiales flotantes espumas no naturales	Ausentes
Color no naturales	Ausentes
Turbiedad	50 UNT
pH	Entre 6,5 y 8,5
OD	Mín. 5 mg/L
DBO <sub>5</sub>	Máx. 10 mg/L
Aceites y grasas	Virtualmente ausentes
Detergentes	Máx. 1 mg/L
Sustancias fenólicas	Máx. 0,2 mg/L en C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Amoniaco libre	Máx. 0,02 mg/L
Nitratos	Máx. 10 mg/L en N
Fosforo total	Máx. 0,025 mg/L en P
Coliformes fecales	No se deberá exceder el límite de 1000 CF/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras, debiendo la media geométrica de las mismas estar por debajo de 500 CF/100 mL
Cianuro	Máx. 0,005 mg/L
Arsénico	Máx. 0,005 mg/L
Cadmio	Máx. 0,005 mg/L
Cobre	Máx. 0,2 mg/L
Cromo total	Máx. 0,05 mg/L
Mercurio	Máx. 0,0002 mg/L
Níquel	Máx. 0,02 mg/L
Plomo	Máx. 0,03 mg/L
Zinc	Máx. 0,03 mg/L

**Fuente:** Decreto 253 de 1979

## **5. MARCO METODOLÓGICO**

La investigación realizada es de tipo descriptiva, ya que se realizó un análisis comparativo de la cantidad de materia orgánica presente en las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce contrastada con la cantidad de bañistas que realizan sus actividades de recreación dentro del mar para las épocas en que se desarrollan los muestreos.

### **5.1 TÉCNICA DOCUMENTAL**

Se emplea primero una investigación de carácter documental apoyada en la recolección de información de antecedentes a través de documentos físicos y/o magnéticos; se revisa literatura de investigaciones anteriores o procedimientos empleados que se ajuste a las condiciones naturales del lugar de muestreo.

### **5.2 FASE DE CAMPO**

#### **5.2.1 Puntos de muestreo: área de estudio**

Se establecieron 3 estaciones de muestreo. Las coordenadas son las siguientes:

- Puerto Velero Punto 1: Coordenadas: 10°56'54,7" Latitud Norte y 75°02'10,4" Longitud Este
- Puerto Velero Punto 2: Coordenadas: 10°57'07,6" Latitud Norte y 75°01'54,7" Longitud Este
- Caño Dulce Punto 3: Coordenadas: 10°56'13,8" Latitud Norte y 75°01'43,4" Longitud Este

Se escogieron los puntos de muestro teniendo en cuenta:

- El tamaño de la playa,
- En el punto se deben concentrar turistas para poder ser válido el muestreo.

Los puntos de muestreo deben estar equidistantes a unos 500 metros, puede llegar a variar, en razón a la cantidad de turistas en la zona.

En puerto velero se cumplen las dos condiciones y solo son dos puntos por el tamaño de la playa.

En la figura 1 se referencian los puntos de muestreo antes mencionados.

**Ilustración 1** Estaciones de muestreo



**Fuente:** Google Earth

Adicionalmente a los tres puntos mencionados anteriormente, se escogieron dos puntos adicionales para el último muestreo que son posibles puntos de vertimiento, sus datos son:

- Efluente 1 Puerto Velero (Toma de conexión): Coordenadas:  $10^{\circ} 57'08,7''$  Latitud Norte y  $75^{\circ}01'54,8''$  Longitud Este.
- Efluente 2 Caño Dulce (Caño): Coordenadas:  $10^{\circ}55'58,7''$  Latitud Norte y  $75^{\circ}01'48,4''$  Longitud Este.

Se escogieron los puntos de muestro teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Aguas estancadas y con poca recirculación.

- Posible conexión con el mar al subir la marea o llenarse la “laguna” (Muestra 1) o el caño (Muestra 2)
- Si se encuentra evidencia de contaminación, basura, o cualquier otro indicador que pueda aportar de materia orgánica, se escoge como punto.

En la Figura 2 se observa la ubicación geográfica de los puntos de muestreo adicional.

**Ilustración 2** Estaciones de muestreo adicional



Fuente: Google maps

### 5.2.2 Época y tiempo de muestreo

Se realizan muestreos por un periodo de seis meses (agosto, septiembre, octubre, noviembre, febrero y Julio). Cada muestreo se realiza en dos ocasiones, una en la mañana aproximadamente a las 10:00 am y la otra en la tarde aproximadamente a las 4:00 pm un domingo de cada mes por ser los días de mayor concurrencia. Para el mes de julio se realiza un sexto muestro teniendo en cuenta que se tomará

una muestra de control en la Playa de Caño Dulce, en la salida del caño denominado Caño dulce.

### **5.2.3 Toma de muestra, almacenamiento y preservación**

La recolección de las muestras se hace en botellas de vidrio o plástico debidamente limpiados con agua destilada, de medio litro de capacidad, con boca y tapa angostas. En el sitio de muestreo, se introduce la botella debidamente cerrada y se sumerge, abriendo la tapa dentro del cuerpo de agua, se llenan las botellas con el agua en estudio, hasta que rebosen y se cierra sin dejar burbujas.

Fuera del agua, se realizan unas mediciones *In situ*, estos parámetros de control son: pH, salinidad, conductividad y OD y se vuelve a tapar nuevamente las muestras.

Las muestras se ubican en una nevera portable con suficiente hielo para conservar las muestras. El análisis se realiza dentro de un tiempo de 48 horas máximo.

### **5.2.4 Conteo de visitantes**

La cantidad de visitantes se toma del trabajo de investigación titulado Diseño y uso de indicadores ambientales, económicos y socioculturales para el desarrollo del turismo sostenible en el sector turístico de Puerto Velero y Caño Dulce, Atlántico (Díaz Solano, 2014).

El conteo de visitantes se registra en el formato de ingreso de los vehículos que entran a la playa y el número de ocupantes. Debido a que estas playas tienen una sola entrada de acceso se facilita el conteo, teniendo una muestra aproximada del 100% de visitantes.

Los conteos se realizaron en los meses de agosto, septiembre, octubre noviembre de 2013 y febrero y julio de 2014 un domingo de cada mes en un horario de 8am a 5pm.

### 5.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Para determinar la DBO<sub>5</sub> del agua de las playas, se llevan las muestras al Centro de Investigaciones CITA de la Universidad de la Costa, para la medición del parámetro se emplea el método respirométrico (APHA, AWWA, APCF, 2012) con el instrumento OxiTop para las muestras de los puntos establecidos (WTW, 2004) y el Sistema D.B.O. (VELP SCIENTIFICA) para las muestras de posibles puntos de contaminación; para ambos sistemas se emplean los siguientes elementos:

**Tabla 5** Componentes del sistema de medición de la DBO<sub>5</sub>

<b>Elementos</b>	<b>Características / Función</b>
Botellas	De color ámbar para evitar interferencias de luz. Capacidad de 500 ml
Hidróxido de sodio	Neutralizar la producción de CO <sub>2</sub>
Barras de agitación magnética	De tamaño adecuado para proporcionar la agitación que necesita el sistema
Sistema de agitación magnética	Base con seis (equipo de WTW) o diez espacio (equipo VELP SCIENTIFICA) espacios para ubicar cada botella
Incubadora termostática	Provee una temperatura de 20 ± 0.5 °C
Probetas de graduada	Tubos de 500 ml de capacidad para la medición exacta de los volúmenes de muestra

**Fuente:** Proyecto de Modelación del Río Cauca PMC, CVC, 2008



#### 5.3.1 Medición de DBO: Oxitop por autocontrol, WTW

- Selección del volumen de muestra: Se busca escoger el volumen de medición teniendo en cuenta el rango esperado; los rangos esperados se evidencian en la Tabla 6.

**Tabla 6** Factores de escala según volúmenes y DBO esperados para el método de autocontrol

DBO Máxima Esperada (mg/l)	Volumen de Muestra (ml)	Factor de Multiplicación
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43.5	50

Fuente: Propia

- Medición:
  - Información: Para medir el volumen de muestra, por lo general medir la cantidad de muestra en probetas graduadas. Elegimos el volumen de acuerdo con el valor de medición esperado. Rangos de medición demasiado grande dará lugar a resultados inexactos.
  - Enjuagar la botella con la muestra. Vacar completamente.
  - Homogenizar la muestra y escoger de la Tabla N.2 el volumen requerido teniendo en cuenta la DBO esperada.
  - Coloque la barra de agitación magnética en la botella.
  - Colocar la goma cilíndrica en el cuello de la botella.
  - Colocar 2 tabletas de hidróxido de sodio en la goma cilíndrica con una pinza.  
(Nota: Las pastillas no deben entrar en la muestra)
  - Colocar el cabezal del OxiTop en la botella con la muestra (bien cerca).
    - Inicie la medición: Presione S y M simultáneamente (2 segundos) hasta que la pantalla muestre  00.
    - Pantalla: Se eliminan los valores  almacenados.

- El OxiTop inicia automáticamente la medición del consumo de oxígeno. Guardar la botella de medición de OxiTop durante 5 días a 20 °C en una incubadora.
- Durante los 5 días la muestra se agita continuamente. El OxiTop automáticamente registra un valor cada 24 horas durante 5 días. Para que el valor actual se muestre, pulse la tecla M.

- Visualizar valor medido actual: Pulse M hasta que se muestre el valor medido (1 segundo).

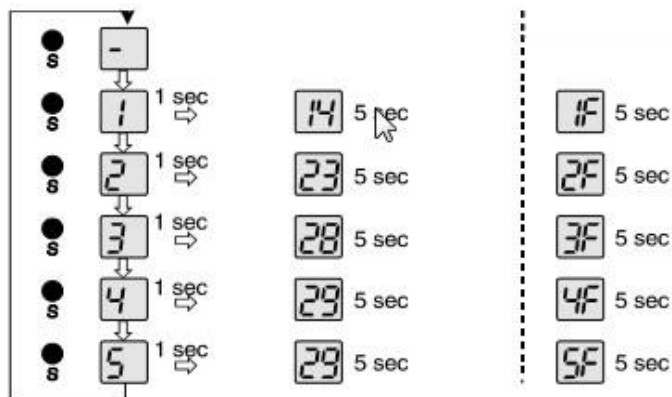


- Leer de los valores almacenados después de los 5 días han pasado.

- Revisar valores almacenados: Presionar S hasta que aparezca el valor medido (1 segundo). Desplácese hasta el día siguiente por la represión de la tecla S mientras el valor medido se muestra (5 seg.) Desplazamiento rápido pulsando repetidamente la tecla S.



Días de medición, ya sea de valor almacenado, por ejemplo, o mensaje de sistema "de memoria vacía" (F = valor no se mide)





- Teniendo en cuenta el valor escogido en la Tabla N. 2 y el valor de la DBO visualizada en el display (dígitos) del OxiTop se emplea la siguiente formula:

$$DBO_5 \text{ en ml} = \text{Digitos} \times \text{Factor de multiplicación}$$

- Perturbaciones
  - El valor medido se mantiene por debajo del rango de medición
    - La pantalla muestra cero o un valor muy bajo.
    - El equipo de medición no es impermeable.
    - Compruebe el cilindro de caucho, tapa de rosca y de la botella.
    - Pretratamiento de la muestra insuficiente o preservación.
    - La temperatura de la muestra no se había ajustado suficiente (<15 ° C).
  - Rango de medición excedido.
    - El rango de medición elegido es demasiado pequeño. Con valores muy altos (> 2000 mg/ l) se recomienda prediluir la muestra.
    - Inhibidor de la nitrificación (aliltiourea) no está presente o ausente.
    - Errores no mencionados debido a procedimiento.
- Mensajes del sistema



Memoria vacía (IF = valor medido de día 1 falta)



Cambie las baterías (aproximadamente cada 3 años)



Valor permanece por debajo del rango de medición (<0 dígitos)



El valor excede el rango de medición (> 50 dígitos)

### 5.3.2 Medición de DBO: Sensor DBO, VELP SCIENTIFICA

- Selección del volumen de muestra: Se busca escoge el volumen de medición teniendo en cuenta el rango esperado; los rangos esperados se evidencian en la Tabla 7.

**Tabla 7** Factores de escala según volúmenes y DBO esperados para el método de Sensor DBO

DBO Máxima Esperada (mg O <sub>2</sub> /l)	Volumen de Muestra (ml)
0-1000	100
0-600	150
0-250	250
0-90	400

Fuente: Propia

**Nota:** Las escalas dan directamente el valor del oxígeno consumido como mg O<sub>2</sub>/L, después de un periodo de tiempo establecido.

- Elección de la escala:

El equipo electrónico de D.B.O. permite elegir entre cuatro escalas con un valor máximo de 90.0; 250; 600; 999 ppm de D.B.O. Tras efectuar el Reset:

- Para visualizar la escala: Presione la tecla A o B
- Para cambiar la escala: Presione la tecla A cuando la pantalla esté encendida.

- Inicio ciclo de medición

- a. Poner dentro de las botellas un volumen de muestras de acuerdo a la escala elegida medido con una probeta graduada.
- b. Introducir un imán de agitación en cada botella.
- c. Llenar el depósito de álcalis de cada botella con una cantidad de absorbente de hidróxido de sodio hasta el borde sin que rebose por los agujeros de las paredes. En caso de caer algo de absorbente en la botella, lavar bien antes de verter en él otra muestra.
- d. Resetee cada sensor D.B.O. para cancelar cualquier valor almacenado, seleccione la escala más adecuada e inicie el ciclo de medición.
- e. Colocar las botellas en su posición dentro del equipo de agitación.
- f. Introducir el equipo de agitación dentro de un refrigerador termostático a la temperatura elegida para la medición de la D.B.O. Conectar el cable de corriente al enchufe interior y encienda el equipo con el interruptor situado en el panel frontal.
- g. El equilibrio térmico entre las muestras y el equipo a la temperatura elegida se alcanza a los 20-30 minutos. Coloque los sensores de D.B.O. en cada botella girando y presionando.

- Visualización de los valores memorizados

El equipo electrónico de D.B.O. está programado para memorizar cinco valores en intervalos de 24 horas desde su comienzo. En el comienzo los valores están configurados a 000. Los valores memorizados están disponibles hasta un nuevo reseteo. Los valores memorizados están disponibles en cualquier momento. Para introducir el modo memoria tiene que mantenerse presionada la tecla B hasta el momento en el que la pantalla muestre el número 1 que corresponde al primer

valor memorizado (Primer día). Presionando de nuevo la tecla B la pantalla muestra todas las medidas realizadas hasta el momento. Para mostrar los valores correspondientes debe presionarse la tecla A. Si no hay valores memorizados la pantalla muestra tres puntos después de una presión prolongada de la tecla B.

- Alarma

Si el valor de medición sobrepasa el valor máximo de la escala elegida la pantalla muestra tres puntos parpadeantes.

### **5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para el análisis de la DBO se emplea las funciones de transformación, esta relaciona la magnitud de un factor ambiental y la calidad ambiental, expresando esta última en función de ella.

Para la definición de los puntos mínimos y máximos de calidad ambiental y la interpretación de la curva de transformación, se utilizan las normas internacionales: la NC 22:1999 (Cubas) y el Decreto 253 de 1979 (Uruguay) que contienen en su legislación información concerniente a límites máximos y/o del parámetro de  $DBO_5$  dado que la normatividad nacional no hacen mención a límites establecidos en este parámetro solamente tiene límites para los parámetros de Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Compuestos Fenólicos, Oxígeno Disuelto (OD), PH y Tensoactivos (Decreto 1594 de 1984, derogado por el decreto 3939 de 2010) ya que carece de estudios técnicos que justifiquen la implementación y/o definición de criterios ambientales adicionales.

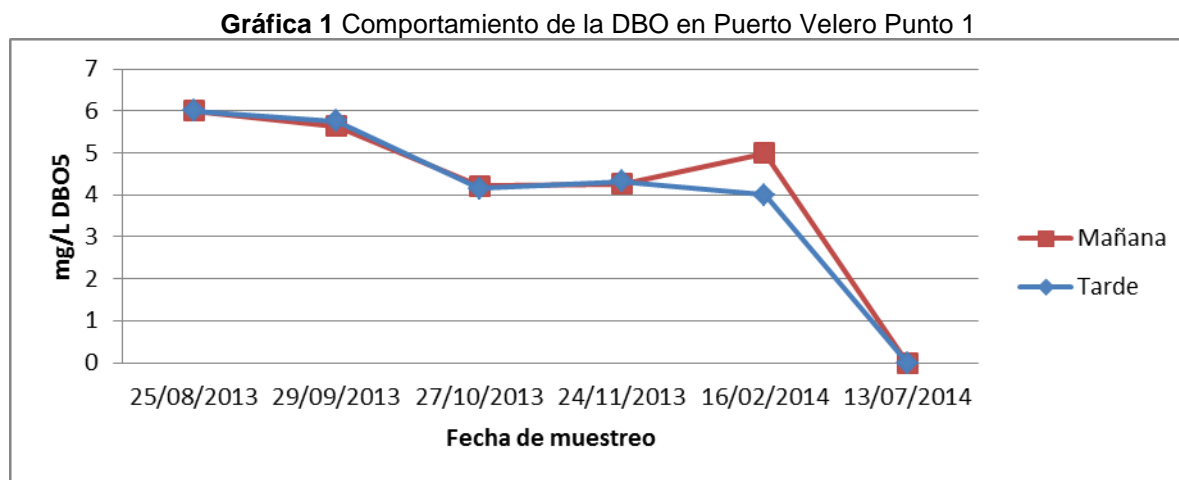
## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 RESULTADOS

#### 6.1.1 Análisis de Datos: DBO VS Visitantes

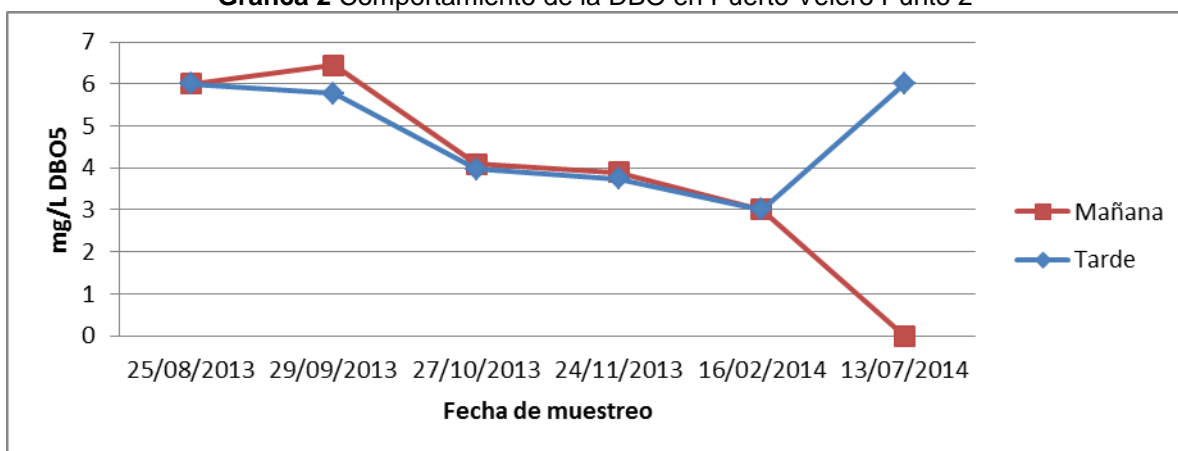
Los valores de BDO<sub>5</sub> que presentan estos cuerpos de agua son relativamente bajos, pero no hay una norma o un criterio de calidad que indique cuál es el límite de control para estas aguas según su uso.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:



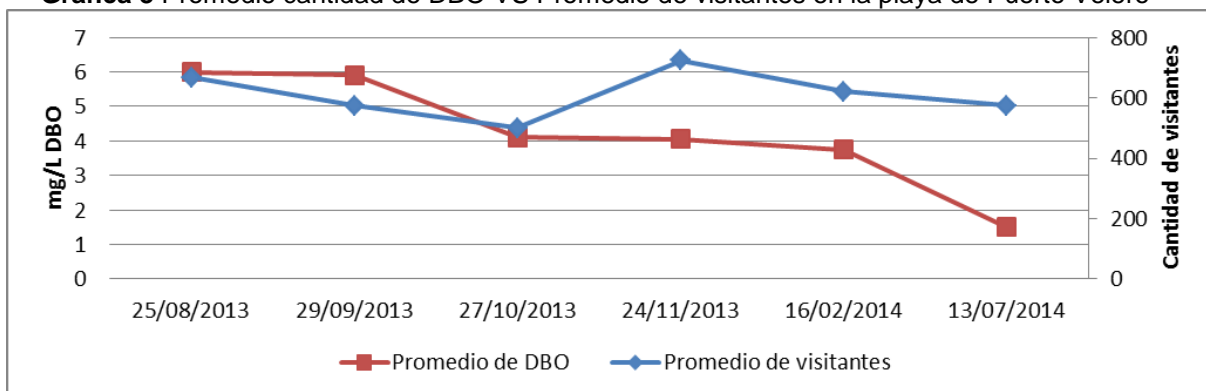
Fuente: Propia

**Gráfica 2** Comportamiento de la DBO en Puerto Velero Punto 2



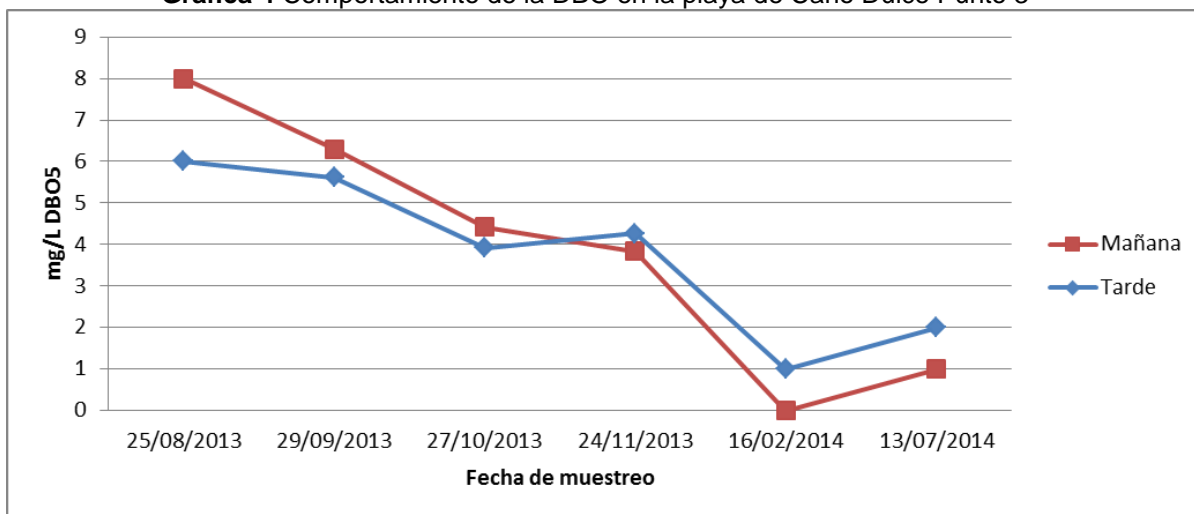
Fuente: Propia

**Gráfica 3** Promedio cantidad de DBO VS Promedio de visitantes en la playa de Puerto Velero



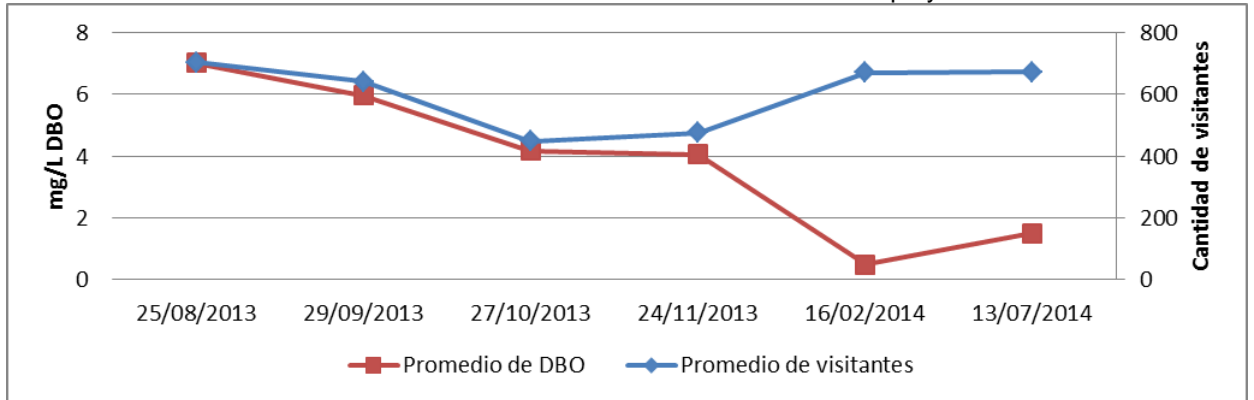
Fuente: Propia

**Gráfica 4** Comportamiento de la DBO en la playa de Caño Dulce Punto 3



Fuente: Propia

**Gráfica 5** Promedio cantidad de DBO VS Promedio de visitantes en la playa de Caño Dulce



Fuente: Propia

**Tabla 8** Efluentes de vertimiento

Efluentes	Mañana (mg/L)	Tarde (mg/L)
Puerto Velero	15,8	16,4
Caño Dulce	53	57

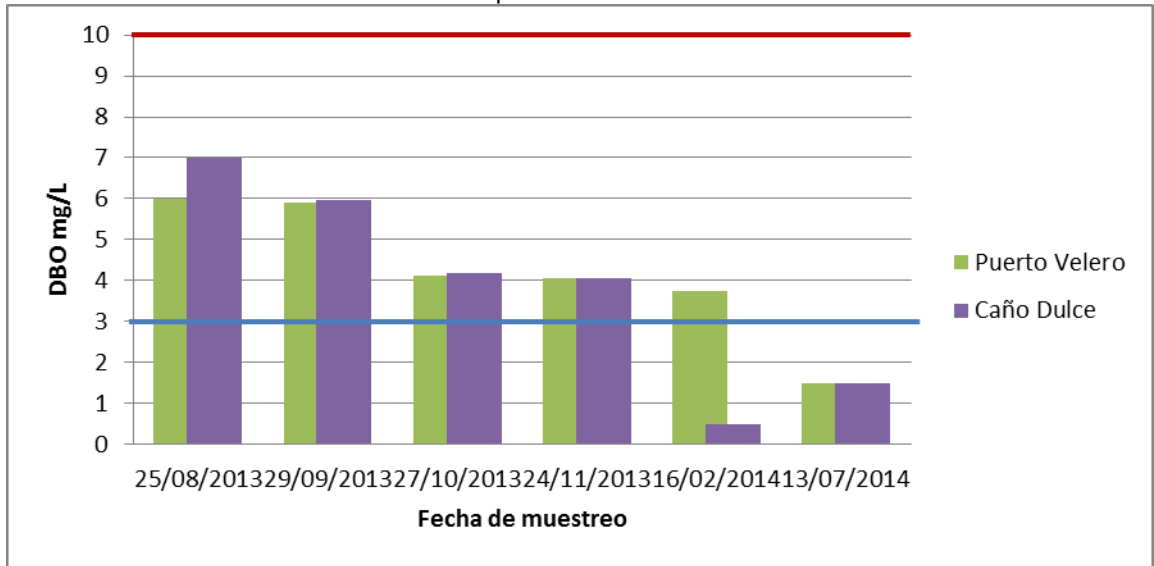
Fuente: Propia

En el mes de julio de 2014 se realizaron muestreos adicionales buscando posibles efluentes que pueden ser fuentes de vertimiento, de lo cual se escogieron dos puntos, el primero en la playa de Puerto Velero y el segundo en la Playa de Caño Dulce.

### 6.1.2 Análisis de Datos: Comparación normativa internacional

Teniendo en cuenta norma internacionales de diferentes países como Cuba y Uruguay que tienen entre su legislación el parámetro de materia orgánica por medio del análisis de la DBO que para Cuba es de 3 mg/L y para Uruguay de 10 mg/L se realiza la siguiente representación gráfica:

**Gráfica 6. Comparación normativa internacional**



Fuente: Propia

Donde la línea roja representa el valor máximo permisible según la normativa uruguaya y la línea azul la normativa Cubana.

### 6.1.3 Cálculo de la Función de Transformación

Para el cálculo de la función de transformación, se tiene en cuenta que su forma es lineal y que es decreciente.

La forma general de la ecuación lineal es:

$$y = mx + b$$

#### 6.1.3.1 Cálculo de la Función de transformación teniendo en cuenta el Decreto 253 de 1979 (Uruguay)

##### 6.1.3.1.1 Asignación de valores máximos, valores mínimos y cálculo de la función

Para calcular la función de transformación, se tuvo en cuenta que la calidad recreativa de la DBO tiene un valor máximo de 1 y un valor mínimo de 0; el valor



máximo de DBO que debería tener el cuerpo de agua para la actividad recreativa que se lleva a cabo, se obtiene del Decreto uruguayo 253 de 1979 que es de 10 mg/l; el valor mínimo de DBO se escoge teniendo en cuenta que el valor ideal es 0, es decir, que no exista materia orgánica en un cuerpo de agua para uso recreativo.

Por lo anterior tenemos los siguientes valores:

**Tabla 9** Valores máximos y mínimos de Materia orgánica (Norma Uruguaya)

Cantidad de DBO mín. (mg/L)	$X_1$	0
Cantidad de DBO Max. (mg/L)	$X_2$	10
Calidad recreativa máxima	$Y_1$	1
Calidad recreativa mínima	$Y_2$	0

Fuente: Propia

Para hallar la función de transformación, primero hallamos la pendiente de la recta, esta es:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ reemplazando tenemos:}$$

$$m = \frac{0 - 1}{10 - 0} = \frac{-1}{10} = -0,1$$

La pendiente es negativa, porque la materia orgánica del cuerpo de agua de uso recreativo es inversamente proporcional con respecto a la calidad, es decir, si la materia orgánica aumenta, la calidad disminuye.

Luego tenemos que:

$$y - y_1 = m(x - x_1) \text{ reemplazando tenemos:}$$

$$y - 1 = -0,1(x - 0)$$

La ecuación de la materia orgánica en aguas de uso recreativo mediante la evaluación por medio de la DBO, es:

$$y = -0,1x + 1$$

El valor de x, corresponde a la magnitud de DBO que se obtienen de los muestreos en campo.

### 6.1.3.1.2 Representación gráfica

A partir de la anterior función y con la agrupación de los datos obtenidos en laboratorio, se le dan los valores a x y se le tiene el siguiente grupo de datos:

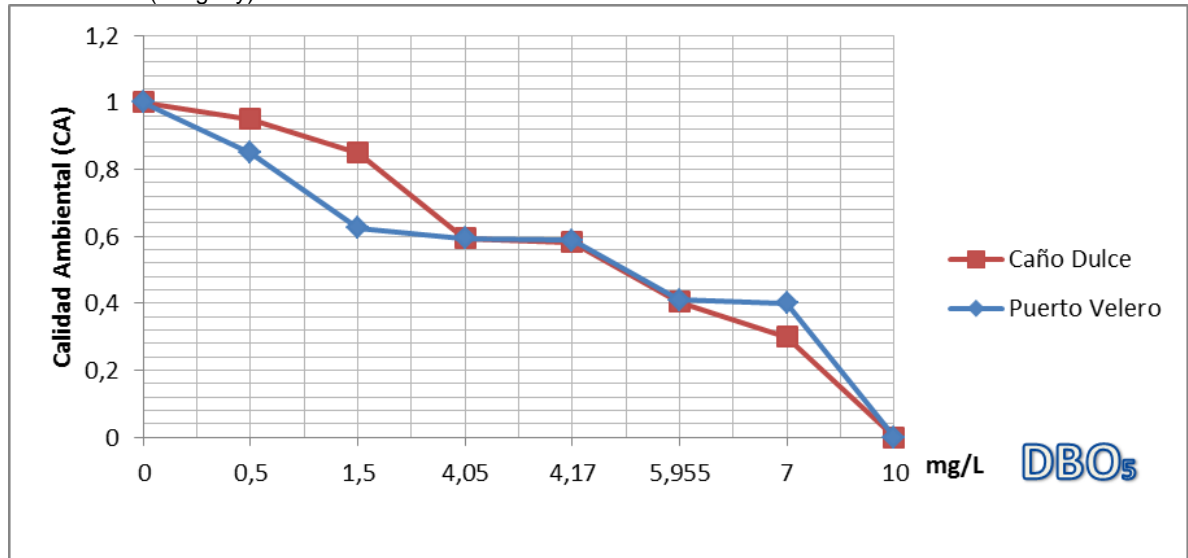
**Tabla 10** Valores de X e Y

PUERTO VELERO		CAÑO DULCE	
X (DBO)	Y (Calidad)	X (DBO)	Y (Calidad)
0	1	0	1
1,5	0,85	0,5	0,95
3,75	0,625	1,5	0,85
4,055	0,5945	4,05	0,595
4,11	0,589	4,17	0,583
5,905	0,4095	5,955	0,4045
6	0,4	7	0,3
10	0	10	0

Fuente: Propia

Al graficar los valores de la tabla tenemos:

**Gráfica 7** Calidad Ambiental de las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce tomando como base el Decreto 253 de 1979 (Uruguay)



Fuente: Propia

### 6.1.3.2 Cálculo de la Función de transformación teniendo en cuenta la Norma Cubana 22: 1999

#### 6.1.3.2.1 Asignación de valores máximos, valores mínimos y cálculo de la función

Para calcular la función de transformación, se tuvo en cuenta que la calidad recreativa de la DBO tiene un valor máximo de 1 y un valor mínimo de 0; el valor máximo de DBO que debería tener el cuerpo de agua para la actividad recreativa que se lleva a cabo, se obtiene de la NC 22:1999 que es de 3 mg/l; el valor mínimo de DBO se escoge teniendo en cuenta que el valor ideal es 0, es decir, que no exista materia orgánica en un cuerpo de agua para uso recreativo.

Por lo anterior tenemos los siguientes valores:

**Tabla 11** Valores máximos y mínimos de Materia orgánica (Norma Cubana)

Cantidad de DBO mín. (mg/L)	$X_1$	0
Cantidad de DBO Max. (mg/L)	$X_2$	3
Calidad recreativa máxima	$Y_1$	1
Calidad recreativa mínima	$Y_2$	0

Fuente: Propia

Para hallar la función de transformación, primero hallamos la pendiente de la recta, esta es:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ reemplazando tenemos:}$$

$$m = \frac{0 - 1}{3 - 0} = \frac{-1}{10} = -0,33$$

La pendiente es negativa, porque la materia orgánica del cuerpo de agua de uso recreativo es inversamente proporcional con respecto a la calidad, es decir, si la materia orgánica aumenta, la calidad disminuye.

Luego tenemos que:

$$y - y_1 = m(x - x_1) \text{ reemplazando tenemos:}$$

$$y - 1 = -0,33(x - 0)$$

La ecuación de la materia orgánica en aguas de uso recreativo mediante la evaluación por medio de la DBO, es:

$$y = -0,33x + 1$$

El valor de x, corresponde a la magnitud de DBO que se obtienen de los muestreos en campo.

#### **6.1.3.2.2 Representación gráfica**

A partir de la anterior función y con la agrupación de los datos obtenidos en laboratorio, se le dan los valores a x y se le tiene el siguiente grupo de datos:

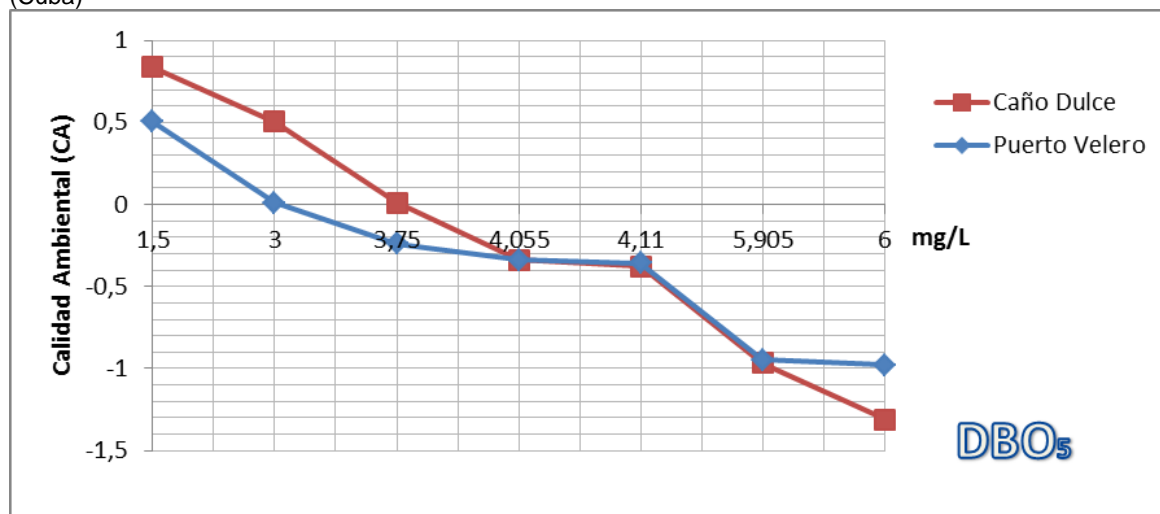
**Tabla 12** Valores de X e Y

PUERTO VELERO		CAÑO DULCE	
X (DBO)	Y (Calidad)	X (DBO)	Y (Calidad)
0	1	0	1
1,5	0,505	0,5	0,835
3	0	3	0
3,75	-0,2375	1,5	0,505
4,055	-0,33815	4,05	-0,3365
4,11	-0,3563	4,17	-0,3761
5,905	-0,94865	5,955	-0,96515
6	-0,98	7	-1,31

Fuente: Propia

Al graficar los valores de la tabla tenemos:

**Gráfica 8** Calidad Ambiental de las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce tomando como base la NC 22:1999 (Cuba)



Fuente: Propia

## 6.2 DISCUSIÓN

Uno de los factores que puede indicar la disminución o aumento de la materia orgánica puede ser la influencia que tiene los visitantes que ingresan a las playas de Puerto Velero y Caño Dulce, pero este factor no es determinante para decir que los cambios de concentración se deben al ingreso de visitantes a la zona de estudio. La influencia de la actividad comercial y turística que tiene sobre las

playas puede ir relacionada a todo desecho arrojado a las aguas ya sea de índole orgánica como inorgánica.

En los muestreos realizados en el mes de julio, se evidenció posibles efluentes que tienen carga de materia orgánica y estas cuando sube la marea o cuando el efluente llega al límite de su carga de agua, es vertida a las playas.

Otra de las fuentes de los aportes de concentraciones de materia orgánica puede ser la influencia de acciones antropogénicas a los cuerpos de agua, pero que no solo nace de la zona de estudio sino también por el arrastre de sedimentos aguas arriba de otros cuerpos de agua como ríos, arroyos y zonas costeras, entre estos tenemos el Río Magdalena e incluso, arroyos cercanos.

Es importante tener en cuenta que el cuerpo de agua tiene una materia orgánica propia de ella por ejemplo, por la descomposición de algas, los excrementos de los animales, entre otras causas.

Comparando los valores obtenidos con las diferentes normas internacionales (Cuba y Uruguay) se determina que la calidad ambiental de las Playas de Puerto Velero y Caño Dulce es:

- a. Si se compara con la norma Uruguaya donde el valor máximo permisible de  $\text{DBO}_5$  que puede tener una playa de uso recreativo es de 10 mg/L, estas playas poseen una calidad buena y por lo tanto son aptas para contacto primario.
- b. Si se compara con la norma Cubana donde el valor máximo permisible de  $\text{DBO}_5$  que puede tener una playa de uso recreativo es de 3 mg/L, estas playas poseen una calidad mala y por lo tanto no son aptas para contacto primario.

La curva de transformación de DBO es para aguas de uso recreativo, estas se emplean por lo general para realizar evaluaciones de impacto ambiental, en este caso es usada como indicador de calidad ambiental para este tipo de aguas; el comportamiento de la curva es decreciente teniendo en cuenta que entre mayor es la cantidad de materia orgánica, peor es la calidad del cuerpo de agua y en sentido inverso.

Las curvas presentadas son un análisis hipotético del comportamiento que tienen estas playas, ya que la curva se construye siempre y cuando tengas un valor máximo o mínimo de calidad, estos valores son definidos por investigaciones y/o normatividad propia del país donde se realiza el estudio, en este caso al no poseer una norma colombiana, se compara con normas de otros países (Uruguay y Cuba).

Observando las curvas, cabe resaltar que tiene un comportamiento similar en algunos puntos; por lo tanto se deduce que puede existir factores que afectaron a ambas playas casi por igual; al realizar un análisis general, estas playas están en proceso de ser impactadas, puede que no sea por los mismos factores (comparación con el caso de la norma de Uruguay), similar a la comparación con la norma de Uruguay en el caso de la curva teniendo como valor máximo la norma cubana, estas playas presentan impacto considerable a lo largo de todo el periodo de muestro, sus valores están fuera del rango de calidad de 0 a 1 en su mayor tiempo, por lo que se debe realizar un análisis de los sucesos y actividades propias de la zona de estudio y que pueden incidir en dicho comportamiento.

## 7. CONCLUSIONES

La materia orgánica que poseen las playas de Puerto Velero y Caño Dulce puede tener las siguientes fuentes de aporte:

- La materia orgánica natural que posee el cuerpo de agua.
- Los visitantes y comerciantes de las zonas de estudio, pueden aportar pero en poca cantidad.
- Efluentes de la misma zona de estudio.
- Efluentes externos que por la hidrodinámica del océano aportan sedimentos al cuerpo de agua.

La normatividad nacional no establece límites permisibles para el control de la materia orgánica en playas de uso recreativo, este parámetro solo es contemplado para vertimientos líquidos; sin una normatividad propia, es difícil realizar análisis comparativo sobre el estado actual de la zona de estudio.

A falta de tener unos lineamientos nacionales que establezca límites permisibles de materia orgánica para aguas de uso recreativo, se emplea parámetros internacionales las cuales da dos puntos de vista diferente:

- Para el límite establecido por Uruguay, las playas de Puerto Velero y Caño Dulce cumplen sus lineamientos.
- Para el límite establecido por Cuba, las playas de Puerto Velero y Caño Dulce no cumplen sus lineamiento por lo que no serían aptas para ser usadas como agua recreacional.



## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda:

- Realizar otra investigación en la misma zona de estudio con más puntos de muestreo, especialmente para el caso de la Playa de Puerto Velero.
- Realizar otras investigaciones con enfoque de materia orgánica y otros parámetros de contaminación en otras playas de uso recreativo.
- Proponer y establecer en la legislación colombiana el parámetro de materia orgánica para aguas de uso recreativo.
- Las entidades gubernamentales deben incluir el parámetro de materia orgánica y otros indicadores para aguas contaminadas en sus monitoreos.
- Implementar un plan de monitoreo integral que ayude a la sostenibilidad de las playas turísticas.

## BIBLIOGRAFIA

- APHA, AWWA, APCF. Métodos normalizados para análisis de agua y aguas residuales. New York: American Public Health Association Inc., 2012. p 5-13
- DÍAZ SOLANO, Beatriz Helena. Diseño y uso de indicadores ambientales, económicos y socioculturales para el desarrollo del turismo sostenible en el sector turístico de Puerto Velero y Caño Dulce, Atlántico: Informe final de investigación. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe, 2014.
- GARMENDIA, Alfonso *et ál.* Enseñanza de la evaluación de impactos ambientales en escuelas Técnicas: Una reflexión sobre las funciones de transformación. *s.p.e.*
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS “José Benito Vives de Andrés”. Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos). Santa Marta: INVEMAR, 2003.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 de 2010: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- MINISTERIO DE CULTURA. Decreto 253 de 1979: (Con las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91 incluidas), se aprueban normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas. Uruguay.

- NORMA CUBANA 22:1999. Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores: Requisitos higiénico- sanitarios. Cuba.
- QUINTERO, Luz et ál. Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos. EN: Gestión y Ambiente. Vol. 13, No. 3 (dic., 2010). p. 51-64.
- SIERRA, María Margarita. Calibración del parámetro seguridad en las playas del caribe norte colombiano como parte del indicador calidad ambiental recreativa del modelo ICAPTU. Informe de pasantías. Santa Marta. Universidad de Magdalena. 2014
- TORRES, Franklin et ál. Análisis socioambiental de las playas de Puerto Velero y Caño Dulce en Tubará, Atlántico, Colombia. Teoría y Praxis. EN: Número Especial (2014). p 161-179.
- VELD SCIENTIFICA. Sistema D.B.O.: Manual de Operaciones. [en línea]. *s.p.e.* [Consultado el 15 de jul. De 2014] Disponible en <http://www.ictsl.net/downloads/d.b.o.digitalcastellano.pdf>.
- WTW. Instruction Manual Operation of the Single Measuring System Oxitop, *s.p.e.*

## ANEXO

### ANEXO 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DBO

Tabla 13 Datos Puerto Velero Mañana

FECHA	NÚM. VISITANTES (Núm. de personas)	DBO PUNTO 1 (mg/L)	DBO PUNTO 2 (mg/L)
25/08/2013	268	6	6
29/09/2013	194	5,64	6,45
27/10/2013	194	4,22	4,09
24/11/2013	191	4,26	3,9
16/02/2014	404	5	3
13/07/2014	196	0	0

Fuente: Propia

Tabla 14 Datos Puerto Velero Tarde

FECHA	NÚM. VISITANTES (Núm. de personas)	DBO PUNTO 1 (mg/L)	DBO PUNTO 2 (mg/L)
25/08/2013	1066	6	6
29/09/2013	953	5,76	5,77
27/10/2013	805	4,16	3,97
24/11/2013	1255	4,32	3,74
16/02/2014	836	4	3
13/07/2014	953	0	6

Fuente: Propia

Tabla 15 Promedio datos Puerto Velero Mañana -Tarde

FECHA	NÚM. VISITANTES (Núm. de personas)	DBO PROMEDIO (mg/L)
25/08/2013	667	6
29/09/2013	573,5	5,905
27/10/2013	499,5	4,11
24/11/2013	723	4,055
16/02/2014	620	3,75
13/07/2014	574,5	1,5

Fuente: Propia

**Tabla 16** Datos de Caño Dulce Mañana

<b>FECHA</b>	<b>NÚM. VISITANTES (Núm. de personas)</b>	<b>DBO PROMEDIO (mg/L)</b>
25/08/2013	974	8
29/09/2013	806	6,3
27/10/2013	654	4,42
24/11/2013	566	3,84
16/02/2014	729	0
13/07/2014	689	1

Fuente: Propia

**Tabla 17** Datos de Caño Dulce Tarde

<b>FECHA</b>	<b>NÚM. VISITANTES (Núm. de personas)</b>	<b>DBO PROMEDIO (mg/L)</b>
25/08/2013	432	6
29/09/2013	474	5,61
27/10/2013	242	3,92
24/11/2013	385	4,26
16/02/2014	610	1
13/07/2014	655	2

Fuente: Propia

**Tabla 18** Datos promedio de Caño Dulce Mañana - Tarde

<b>FECHA</b>	<b>NÚM. VISITANTES (Núm. de personas)</b>	<b>DBO PROMEDIO (mg/L)</b>
25/08/2013	703	7
29/09/2013	640	5,955
27/10/2013	448	4,17
24/11/2013	475,5	4,05
16/02/2014	669,5	0,5
13/07/2014	672	1,5

Fuente: Propia

## ANEXO 2: REGISTROS FOTOGRÁFICOS

**Ilustración 3** Punto de Muestreo Puerto Velero 1



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)

**Ilustración 4** Punto de Muestreo Puerto Velero 2



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)

**Ilustración 5** Punto de Muestreo Caño Dulce



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)

**Ilustración 6** Efluente de Muestreo (Puerto Velero)



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)



**Ilustración 7** Efluente de Muestreo 2 (Caño Dulce)



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)

**Ilustración 8** Equipo Oxi Top



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)



**Ilustración 9** Equipo VELA SCIENTIFICA



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)

**Ilustración 10** Hidróxido de Sodio



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)

**Ilustración 11** Recipientes de muestreo



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)

**Ilustración 12** Montaje del equipo respirométrico



**Fuente:** Centro de Investigación de Tecnologías Ambientales (CITA)