

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE EL RODADERO  
UTILIZANDO VARIABLES FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS DEL  
AGUA Y ARENA DE LA PLAYA**

**SAMIA SAMIRA PAYARES ARDILA  
MARCELA PATRICIA OSPINO CURCIO**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
DISTRITO TURISTICO, CULTURAL E HISTORICO DE SANTA MARTA  
2010**

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE EL RODADERO  
UTILIZANDO VARIABLES FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS DEL  
AGUA Y ARENA DE LA PLAYA**

**SAMIA SAMIRA PAYARES ARDILA  
MARCELA PATRICIA OSPINO CURCIO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**Director**

**YURI PAULIN HURTADO GARCIA  
Ing. Ambiental y Sanitaria**

**Asesor**

**Candidato Phd. CAMILO MATEO BOTERO SALTAREN  
Ing. Ambiental y Sanitario**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
DISTRITO TURISTICO, CULTURAL E HISTORICO DE SANTA MARTA  
2010**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

Santa Marta, Octubre 11 de 2010

*Dedico este logro a:*

*Dios, por darme salud, la sabiduría y la fortaleza necesaria en los momentos más difíciles para culminar esta etapa importante en vida y salir adelante.*

*Mis Padres, Luis Manuel y Candelaria, que fueron mi apoyo y mi motor en toda esta preparación.*

*Mis hermanos, Erika y Neidon Isa, que con sus peleas, sus bromas y todo su cariño siempre estuvieron ahí para apoyarme.*

*Mis tías, María y Margot que siempre tuvieron una sonrisa para mí y me animaron muchas veces.*

*Mi tío Toño, por toda su colaboración y por recordarme siempre a las personas más importantes en mi vida.*

*Y a mi amor, y mi apoyo incondicional, Gerson, que siempre estuvo ahí con sus consejos y su amor, acompañándome en todo momento.*

*A Todos muchas gracias.*

**SAMIA SAMIRA PAYARES ARDILA**

*Dedico este logro a:*

*DIOS por su infinita misericordia, por darme la sabiduría necesaria y permitirme culminar  
con éxito un proyecto más en mi vida.*

*Mis padres Moisés y Pura por su apoyo, consejos y sobre todo por ese amor que me  
brinda cada día.*

*Mi hermana Liliana, a ti por convertirte en mi segunda mamá, por estar a mi lado en todo  
momento.*

*Mi hermana Martha por ser mi ejemplo de fortaleza, por enseñarme que las limitaciones  
solo existen en la mente de aquellos que no tienen fe.*

*Mi hermano Roberto por la confianza, por estar conmigo siempre que te necesito.*

*A mi compañera de tesis Samia porque sin ella no hubiera sido posible terminar este  
proyecto.*

*A todos muchas gracias*

**MARCELA PATRICIA OSPINO CURCIO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Antes de realizar esta investigación teníamos pensado realizar prácticas adicionales como requisito de grado, pero al darnos cuenta que aun no realizábamos las practicas obligatorias, decidimos llegar a la oficina del grupo de investigación en Sistemas Costeros, liderado por el Ingeniero Camilo Botero, y allí le comentamos que queríamos trabajar con él, de manera casi inmediata nos contacto con Yuri Hurtado (nuestra directora) e iniciamos la labor de investigar sobre el tema. En ese transcurso, lloramos, reímos, y hasta discutimos, pero todo por las ganas de sacar adelante este estudio, donde nos colaboraron muchas personas.

A quien queremos agradecer inicialmente es al **Ingeniero Camilo Botero**, por darnos la oportunidad de pertenecer al grupo de investigación y motivarnos a estudiar los ambientes marinos-costeros y turísticos en general. Además, a **Yuri Hurtado**, nuestra directora de investigación, porque fue quien nos dio la idea central de esta investigación, nos aguanto y nos tuvo la paciencia suficiente las veces que la molestábamos con las correcciones del documento y nos acompañó en todo este camino.

A **Isaac Romero**, el coordinador de laboratorio, por ayudarnos con todo lo relacionado a la fase de laboratorio en esta investigación y soportar nuestros acosos para que nos ayudara con todas las dudas que teníamos.

Samia Payares quiere agradecer a una persona muy especial, que siempre la ayudo dándole los mejores consejos para tenerlos en cuenta en todo momento y hacerle ver que esta vida está llena de sacrificios y cuando se lucha se recogen

los mejores frutos, de igual manera, a la señora **Luz Estela Erazo**, por estar ahí apoyándola día y noche cuando pensó que no iba a ser capaz de culminar sus sueños y sus metas.

Queremos agradecer además a **Andrea Yáñez Guerra**, por soportarnos las veces que fuimos a su casa a molestarla; y a todos nuestros profes, que nos aportaron sus frutos para nosotras sembrar esas semillas y recoger nuestras propias cosechas más adelante.

A todos, muchas gracias, fueron muy importantes para culminar nuestras metas y sobre todo esta investigación....

*...a todos muchas gracias.*

## CONTENIDO

	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....21
2	ANTECEDENTES.....24
3	MARCO TEORICO .....29
3.1	Calidad Ambiental .....30
3.2	Parámetros, Indicadores e Índices .....31
3.3	Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas – ICAPTU-.....32
3.4	Marco Legal.....34
3.5	Variables físico-químicas.....36
3.6	Variables microbiológicas .....39
4	JUSTIFICACIÓN.....42
5	OBJETIVOS.....44
5.1	General.....44
5.2	Específicos .....44
6	DISEÑO METODOLÓGICO SEGÚN LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN.....45
6.1	AREA DE ESTUDIO .....45

6.2	FASE DE CAMPO .....	48
6.2.1	Localización de los puntos de muestreo .....	49
6.2.2	Procedimiento de monitoreo en el agua y arena de la playa .....	51
6.2.3	Procedimiento de monitoreo para residuos sólidos en la playa .....	51
6.3	FASE DE LABORATORIO .....	53
6.3.1	Variables Fisicoquímicas .....	53
6.3.2	Microbiológicos .....	53
6.3.3	Técnicas de medición .....	54
6.4	Análisis de los datos .....	55
6.4.1	Métodos estadísticos .....	55
6.4.2	Variables Fisicoquímicas y Microbiológicas .....	56
6.5	Índice de calidad ambiental en playas turísticas –ICAPTU- .....	56
7	RESULTADOS Y DISCUSION .....	59
7.1	CONCENTRACIONES PARA LOS PARAMETROS O VARIABLES EN EL AGUA DE LA PLAYA .....	59
7.1.1	pH .....	61
7.1.2	Temperatura .....	63
7.1.3	Oxígeno Disuelto.....	65
7.1.4	Salinidad .....	67
7.1.5	Conductividad .....	69
7.1.6	Color .....	71
7.1.7	Nutrientes.....	73
7.1.8	Sólidos Suspendidos Totales.....	79
7.1.9	Turbiedad.....	81
7.1.10	Grasas y Aceites .....	83
7.1.11	Tensoactivos (Espumas).....	86
7.1.12	Residuos Sólidos Flotantes .....	88

7.1.13	Coliformes Totales.....	90
7.1.14	Coliformes Fecales.....	92
7.1.15	Enterococos .....	95
7.2	CONCENTRACIONES PARA LOS PARAMETROS O VARIABLES DE LA ARENA DE LA PLAYA.....	97
7.2.1	Olores desagradables.....	98
7.2.2	Residuos Sólidos .....	100
7.2.3	Coliformes Totales .....	102
7.2.4	Coliformes Fecales .....	104
7.2.5	Enterococos .....	106
7.3	Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas –ICAPTU-.....	108
8	CONCLUSIONES.....	110
9	RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS .....	113
	BIBLIOGRAFIA.....	116
	ANEXOS.....	121

## LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1. Matriz de Temas e indicadores del ICAPTU.....	33
Tabla No. 2. Límites admisibles propuestos en el Decreto 1594 de 1984 para aguas recreativas .....	35
Tabla No. 3. Identificación de las estaciones o puntos de monitoreo .....	49
Tabla No. 4. Técnicas de Medición de variables físico-químicas y microbiológicas... ..	54
Tabla No. 5. Composición de las aguas de baño de la playa El Rodadero .....	60
Tabla No. 6. Valores de Nitratos .....	73
Tabla No. 7. Resumen estadístico de la variación de Nitratos.....	73
Tabla No. 8. Prueba Tukey para diferencia de nitratos entre estaciones.....	74
Tabla No. 9. Valores de Grasas y Aceites .....	83
Tabla No. 10. Resumen estadístico de la variación de Grasas y Aceites .....	83
Tabla No. 11. Prueba Tukey para diferencia de Grasas y Aceites entre estaciones.....	84
Tabla No. 12. Composición físico-química y microbiológica de la arena de la playa de El Rodadero .....	97
Tabla No. 13. Datos de entrada al modelo matemático del ICAPTU.....	108

## LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1:	Ubicación de la playa El Rodadero.....	45
Figura No. 2:	Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo.....	50
Figura No. 3:	Vista satelital de la zona de estudio.....	48
Figura No. 4:	Método de muestreo de residuos sólidos en la zona de playa .....	52
Figura No. 5:	Interpretación de los colores del índice de calidad ambiental.....	58
Figura No. 6:	Variación y comportamiento temporal de pH.....	62
Figura No. 7:	Variación y comportamiento temporal de la Temperatura (°C). ....	64
Figura No. 8:	Variación y comportamiento del Oxígeno Disuelto.....	66
Figura No. 9:	Variación y comportamiento temporal de la Salinidad .....	68
Figura No. 10:	Variación y comportamiento temporal de la Conductividad.....	70
Figura No. 11:	Variación y comportamiento temporal del Color. ....	72
Figura No. 12:	Variación y comportamiento de los Nitratos.....	76
Figura No. 13:	Variación y comportamiento de los Nitritos.....	77
Figura No. 14:	Variación y comportamiento de los Fosfatos. ....	78
Figura No. 15:	Variación y comportamiento de los Sólidos Suspendidos Totales.....	80
Figura No. 16:	Variación y comportamiento de la Turbiedad.....	82
Figura No. 17:	Variación y comportamiento de Grasas y Aceites.....	85
Figura No. 18:	Variación y comportamiento de los Tensoactivos.....	87
Figura No. 19:	Variación y comportamiento de los Residuos Sólidos Flotantes...	89
Figura No. 20:	Variación y comportamiento temporal de los Coliformes Totales..	91
Figura No. 21:	Variación y comportamiento temporal de los Coliformes Fecales.....	93
Figura No. 22:	Variación y comportamiento de los Enterococos presentes en el agua de baño.....	96

Figura No. 23: Variación y comportamiento temporal de los Olores Desagradables presentes en la zona de playa .....	99
Figura No. 24: Variación y comportamiento temporal de los Residuos Sólidos presentes en la zona de playa .....	101
Figura No. 25: Variación y comportamiento temporal de los Coliformes Totales presentes en la arena de la playa .....	103
Figura No. 26: Variación y comportamiento temporal de los Coliformes Fecales presentes en la arena de la playa. ....	105
Figura No. 27: Variación y comportamiento temporal de los Enterococos presentes en la arena de la playa.....	107

## **ANEXOS**

**ANEXO 1:** Tablas de datos de las variables fisicoquímicas y microbiológicas monitoreadas en el agua de baño de la playa El Rodadero

**ANEXO 2:** Registro Fotográfico

**ANEXO 3:** Formatos de las tomas de muestras

## RESUMEN

La medición de la calidad ambiental en playas turísticas se ha realizado durante años en varios países del mundo; sin embargo, se observó que normalmente ha estado ligada a normas de tipo sanitario, que no son específicas para playas de uso recreativo. La playa de El Rodadero, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2004), es considerada uno de los destinos turísticos más importantes de Colombia, a esta llegan anualmente cerca de un millón de turistas, cuya mayor afluencia se produce en la temporada que va de diciembre a enero. Se ubica entre los 11°12' N y 74°13' W, en el corregimiento de Gaira, a 5-6 Km al suroeste de Santa Marta, departamento del Magdalena y se encuentra enmarcada dentro de la unidad ambiental costera<sup>1</sup> (UAC) de la Vertiente Norte de la Sierra Nevada de Santa Marta (Alonso *et al.*, 2003). Su calidad ambiental se determinó utilizando variables físico-químicas y microbiológicas del agua de baño y arena de playa que reflejen el estado actual de la playa con el fin de que pueda posicionarse en Colombia como una playa, dirigida a aumentar su calidad y ofrecer mejores condiciones para el turista.

Los muestreos se realizaron en los meses abril, mayo y junio de 2010, y abarcan temporadas de alta y baja afluencia turística. Las variables fisicoquímicas del agua se tomaron a una profundidad de 1,5 metros en una red de cuatro (4) estaciones, Para las concentraciones de las variables microbiológicas de la arena se colectó 10 gr de esta en cada una de las estaciones, y los residuos sólidos se determinaron de manera cuantitativa. Se confeccionaron graficas de variación temporal de las variables fisicoquímicas y microbiológicas. Entre sus resultados se destaca la estación E-1, la cual reportó los niveles de concentración de las variables fisicoquímicas y microbiológicas más altos, indicándola como la estación

más crítica dentro de la zona de estudio. Reportando concentraciones de coliformes totales de hasta 3000 NMP/100 ml. Se utilizó el Decreto 1594 de 1984 comparando los resultados con los niveles máximos permisibles, además, del Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas –ICAPTU- para evaluar el estado de la playa y posteriormente compararlo con los resultados obtenidos mediante el decreto, finalmente, la calidad ambiental de la playa El Rodadero, se considera de contaminación media, es decir, es apta para uso de recreación y turismo, pero se deben tener precauciones, debido que muchos variables se encuentran con valores altos.

**PALABRAS CLAVES:** Calidad ambiental, playas, índice ambiental, variables físico-químicas y microbiológicas.

## ABSTRACT

Measuring environmental quality in tourist beaches has been done for years in several countries, however, noted that normally has been linked to other medical standards, which are not specific to recreational beaches. The beach of El Rodadero, according to the National Bureau of Statistics (DANE, 2004), is considered one of the most important tourist destinations in Colombia, this coming year about one million tourists, which occurs busiest season from December to January. It is located between  $11^{\circ} 12' N$  and  $74^{\circ} 13' W$ , in the village of Gaira, 5-6 km southwest of Santa Marta, Magdalena and is framed within the environmental unit costera<sup>1</sup> (UAC) North Slope of the Sierra Nevada de Santa Marta (Alonso et al., 2003). Environmental quality variables were determined using physical-chemical and microbiological water bath and beach sand reflect the current state of the beach so you can position itself as a beach in Colombia, aimed at enhancing their quality and offer better conditions for tourists.

Samples were taken in April, May and June 2010, covering periods of high and low tourist season. The water physicochemical variables were taken at a depth of 1.5 meters in a network of four (4) stations, to the concentrations of microbiological parameters of the sand was collected 10 grams of this in each of the stations, and solid waste were determined quantitatively. Graphs were prepared temporal variation of physicochemical and microbiological variables. Among their findings emphasize the E-1 station, which reported the concentration levels of physical, chemical and microbiological variables higher, indicating more critical as the season within the study area. Reporting total coliform concentrations up to 3000 MPN/100 ml. We used the Decree 1594 of 1984 comparing the results with the maximum permissible levels, in addition, the Environmental Quality Index-ICAPTU-

tourist beaches to assess the state of the beach and then compare the results obtained by the decree, finally, environmental quality of the beach Rodadero, pollution is considered average, is fit for use for recreation and tourism, but should take precautions, because many variables are at high values.

**KEYWORDS:** Environmental quality, beaches, environmental index, physico-chemical and microbiological.

## PRESENTACION

La medición de la calidad ambiental en playas turísticas se ha realizado durante años en varios países del mundo; sin embargo, se observó que normalmente ha estado ligada a normas de tipo sanitario, que no son específicas para playas de uso recreativo.

La playa de El Rodadero, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2004), es considerada uno de los destinos turísticos más importantes de Colombia, a esta llegan anualmente cerca de un millón de turistas, cuya mayor afluencia se produce en la temporada que va de diciembre a enero.

Existe un desconocimiento de la calidad ambiental de la playa; en ella se presenta una influencia de la dinámica generada por diferentes fuentes contaminantes, principalmente: las descargas de aguas residuales, la actividad de transporte de turistas, las descargas del río Gaira, los vertimientos estacionales de aguas de escorrentía, los residuos sólidos, la alta densidad turística, la deficiencia de servicios sanitarios dentro de la playa, todo esto ligado a las actividades turísticas y a la actitud cultural de la población. No obstante por carecer de estudios al respecto no hay certeza de cómo las posibles fuentes contaminantes que existen pueden contribuir a la disminución de la calidad del agua y la arena en el sector.

La situación de esta playa es un caso típico para el manejo integrado de la zona costera, que en el país se ha manejado conceptualmente, pero aun siguen siendo pocos los ejercicios prácticos para tomar decisiones en el manejo y gestión de estas zonas.

Con este proyecto se busca contribuir al diagnóstico de la calidad ambiental de las aguas marinas de la playa, mediante el estudio de las variables fisicoquímicas y biológicas.

Puesta en marcha esta investigación, se desarrollaron seis (6) monitoreos con una frecuencia de quince (15) en la playa, con el fin de establecer si los valores que esta arroja se encuentran dentro de los límites establecidos en el Decreto 1594 de 1984, en cuanto a criterios de calidad dispuestos para fines recreativos mediante contacto primario, para uso estético y turístico, para la preservación de flora y fauna en aguas marinas.

Los parámetros medidos desde el mes de abril y los cuales deben estar dentro del rango admisible son: pH, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos suspendidos, coliformes totales, coliformes fecales, etc. como también la ausencia de espumas, grasas y aceites que formen sustancias que produzcan algún tipo de olor desagradable.

Para su análisis, se utilizó la estadística, que es una herramienta para describir la continuidad espacial de las variables estudiadas. Esta herramienta proporciona una adaptación de las técnicas clásicas de regresión, al tomar ventaja de la continuidad espacial; obteniendo la magnitud de la variable en toda el área de estudio.

## 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Rodadero se ha posicionado en los últimos años como el destino turístico predilecto por los visitantes, de origen nacional e internacional, que llegan a Santa Marta en épocas de Semana Santa y vacaciones de Diciembre y Junio, constituyéndose como fuente importante en la economía de la región. Este auge turístico trajo consigo una rápida expansión humana con el fin de obtener provecho económico.

De acuerdo a datos reportados por la Universidad del Magdalena, en la temporada de Diciembre-Enero de 2008 se reportó un número de 7394 personas dentro de la playa, excediendo su máxima capacidad de carga física igual a 5568 visitantes, es decir que existe un exceso del 30%, contribuyendo presumiblemente a la degradación del ecosistema.

Entre sus problemáticas se resaltó la parahotelería y problemas de rebosamiento de aguas residuales en épocas de alta afluencia, dada la insuficiencia de la red de alcantarillado del sector Rodadero-Gaira, el cual es sometido a caudales superiores a los de su diseño original, especialmente en la Carrera 1° y la Avenida Tamacá (Bolaño y Castro, 2008). Existen además, otras fuentes de contaminación que afectan su calidad del agua a nivel físico-químico y microbiológico, como son la influencia del río Gaira, que aporta sedimentos y agua dulce durante el invierno, 2,7 m<sup>3</sup>/seg (CIOH, 1995), el canal de la Escollera (REDCAM, 2008), la alta densidad turística, la deficiencia de servicios sanitarios dentro de la playa (Botero et al, 2008) y el tránsito de embarcaciones, todo esto unido a las actividades turísticas y a la actitud cultural de la población. Estudios realizados (REDCAM,

2007; REDCAM, 2008; Botero *et al.*, 2008) reportaron altos niveles de contaminación fecal en agua y arena.

La evidencia de infecciones por contacto con aguas contaminadas por coliformes es escasa, sin embargo, estudios realizados en Trinidad y Tobago (datos IMA, citado por Siung – Chang 1997) y Costa Rica demuestran que si existe el riesgo de infección, debido a que la contaminación bacteriana en aguas para uso recreativo (natación, turismo, recreación, etc.) es una de las principales causas de infecciones gastroentericas, dermatológicas, respiratorias y de los oídos de los bañistas (Henrickson *et al.*, 2001), lo que demuestra que si no se toman las medidas necesarias para la seguridad de estos en la playa de El Rodadero, se puede convertir en grandes problemas de salubridad, contribuyendo a la degradación ambiental y la imagen de la misma. De la misma forma, el flujo turistas en la playa de El Rodadero genera nuevos problemas ambientales y sociales, relacionados con la salud y el bienestar de los usuarios de la playa.

Por otra parte, los residuos sólidos también se constituyen como uno de los problemas fundamentales dentro de la calidad ambiental de la playa, el ingreso de mascotas, alimentos y/o bebidas a la playa tales como golosinas, bebidas alcohólicas, refrescos, entre otros; y la concentración de personas en lugares de sombra, trae consigo un aumento en la producción de residuos sólidos, lo que sumado a la falta de conciencia ambiental de los visitantes y en algunos casos la poca disponibilidad de canecas produce vertimiento de residuos afectando la calidad estética del lugar y promoviendo la proliferación de vectores (Botero *et al.*, 2008).

A pesar de que la calidad ambiental de playas es un problema de conocimiento global y de carácter común, es de resaltar que entidades ambientales como el Instituto de Investigaciones Marinas “José Benito Vives” –INVEMAR- se ha encargado de evaluar la calidad de las zonas marinas y costeras en la ciudad,

pero puntualmente no existen datos medidos dentro de la zona de baño ni mucho menos se cuenta con valores de concentración de contaminantes y su dispersión sobre el área de estudio que permita emitir juicios sobre la calidad ambiental de la playa.

Finalmente, es de destacar que los problemas radican en la falta de unificación de la información, ya que no se ha estudiado la playa como una unidad, sino que los estudios se encuentran fraccionados espacialmente o por objetos de estudio (contaminación, aspectos oceanográficos, etc.).

Debido a lo anterior, surgen los siguientes interrogantes: *¿En qué medida se ve afectada la calidad ambiental de El Rodadero debido a la presencia de fuentes contaminantes y la densidad de bañistas? ¿Cuáles son los valores de concentración de contaminantes presentes en el área de estudio? ¿De qué manera la aplicación de indicadores ambientales puede contribuir a la determinación de la calidad ambiental de El Rodadero?*

## 2 ANTECEDENTES

A partir de la década de los noventa del siglo XX empieza a hablarse de forma recurrente de la calidad en el turismo, en paralelo a la extensión de los sistemas de acreditación en algunos sectores productivos (Micallef, *et al.*, 2004). La calidad es vista como un factor de competitividad tanto para los destinos tradicionales de sol y playa como para los nuevos productos turísticos.

Para evaluar la calidad ambiental se han utilizado ciertos factores o parámetros ambientales, que presentan un determinado comportamiento en función de sus propiedades intrínsecas ó de las presiones ejercidas por la actividad humana (UNESCO, 2003).

A escala internacional existen diversos índices numéricos que se usan para evaluar la calidad ambiental a partir de las ponderaciones de variables físico químicas y biológicas seleccionadas de acuerdo al uso que se le dé al agua. Tienen la ventaja de ser fáciles de usar y proporcionan una idea rápida y resumida de la calidad. En Cuba, Suárez, Romero y Perigó (2003) (citado por Ferrer, A. 2006) propusieron un índice de contaminación para investigaciones ecológico-pesqueras el cual permite clasificar las áreas de interés pesquero de la plataforma cubana.

A finales de la década de los ochentas varios autores diseñaron una serie de modelos de evaluación de playas donde principalmente se medía la calidad ambiental de las mismas (Micallef, *et al.*, 2004). A continuación se mencionan algunos:

Chavarri (1989), en Costa Rica, fue uno de los primeros investigadores que diseñó una guía de evaluación de las playas con 113 indicadores, los cuales son valorados como positivos o negativos. Este autor propone que la playa sea dividida en seis ambientes: calidad del agua, calidad de la playa, tipo de playa: de arena, rocosas, calidad del ambiente de la playa y calidad alrededor del área.

Por otro lado, en Europa, Williams *et al.*, (1993) diseñaron una lista de 50 parámetros para evaluar las playas la cual considera aspectos físicos, biológicos y de interés humano, todos asociados a un índice escalar del uno al cinco. Estos autores incluyen la evaluación de carácter estético de las playas y muestran la capacidad de los parámetros para ser clasificados semicuantitativamente. El modelo de evaluación se ha aplicado a 182 playas de Inglaterra y 28 de Turquía (Williams y Morgan 1995).

Micallef y Williams (2003) utilizan por primera vez la técnica llamada Análisis Funcional: Esta técnica evalúa los cambios ambientales que se generan en un área y el manejo sustentable de ese mismo lugar mediante valores ecológicos 23 (conservación) y económicos (uso-desarrollo) considerando 45 indicadores ambientales. Esta técnica la aplican en cuatro playas populares (urbanas y rurales) en las islas de Malta. La ventaja de la técnica es que proporciona información sobre el potencial que tiene una playa para ser de conservación o uso/desarrollo y se puede aplicar en diferentes lugares y posteriormente compararlos y generar recomendaciones sobre cada uno.

Un estudio piloto donde utilizan por primera vez una técnica llamada BARE (Bathing Area Registration and Evaluation) Micallef, *et al.*, (2004), la cual evalúa cinco grupos de indicadores: seguridad, calidad del agua, accesos, escenario y basura de la playa. Encontraron que, por ser los más dominantes, solo éstos indicadores son necesarios para evaluar de manera integral la playa. La ventaja de ésta técnica, además de hacer una evaluación integral, es que se puede aplicar

a varios tipos de playas con la finalidad de comparar los resultados de cada una. Estos resultados se observan en 14 playas recreativas (remotas, de villas, urbanas y de “resorts”) de las islas de Croacia.

Lo más reciente internacionalmente es un estudio de calidad ambiental de la Bahía de Cárdenas en Cuba (2009), donde se utilizan parámetros físico-químicos para realizar la caracterización de la zona desde una escala más amplia a una escala más reducida.

A pesar de que en Colombia existen normativas que sirven de guía para el establecimiento de la calidad ambiental de los destinos turísticos de playa, este tema y la contaminación marina es relativamente creciente. Los monitoreos de las aguas y las zonas costeras están a cargo de algunos institutos científicos y las Corporaciones Autónomas Regionales que conforman el Sistema Nacional Ambiental, que es coordinado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Los monitoreos de la calidad de las aguas y las zonas costeras de Colombia se han iniciado solamente hasta el año de 1996.

Por este aspecto, Troncoso *et al.*, 2003, formularon un índice de calidad de aguas marinas y estuarinas (ICAM) para Colombia que emplea seis variables físico-químicas y seis “contaminantes”. Según estos autores, este índice sirve para resumir la información ambiental existente de manera que se emita un concepto unificado de la calidad de las aguas.

Los índices o indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia SISCAM, son la herramienta que intenta aliviar la necesidad de una referencia para evaluar el estado de la calidad de las aguas marinas y costeras, teniendo en cuenta los usos y tipos de aguas que existen en nuestras zonas costeras (REDCAM, 2008).

Sin embargo, desde el año 2001 entidades como el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras –INVEMAR- que dentro de sus funciones tiene la investigación científica de la calidad ambiental marina, promovió la iniciativa de crear una red para el estudio de la misma. A través de los Diagnósticos y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico colombiano realizados por la REDCAM han desarrollado diversos estudios tendientes a establecer la calidad del agua marina con relación a agentes contaminantes microbiológicos y a otras fuentes de contaminación utilizando parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, aplicándolos a cada una de las zonas costeras de Colombia.

De igual manera, existe el índice de calidad ambiental en playas turísticas – ICAPTU (Botero, C. 2002), un modelo precedido por cuatro (4) de indicadores ambientales y turísticos, que permite medir y evaluar en cualquier momento el estado del medio ambiente en una playa específica.

Este índice se creó porque la medición de la calidad ambiental de las playas turísticas requiere de un sistema de información que permita obtener un único valor, que sea representativo de las condiciones en que se encuentra el medio y que sea de fácil entendimiento (Botero, C. 2002). El autor, diseñó el modelo para que se permitiera conocer la calidad ambiental en las playas turísticas, mediante un sistema de indicadores, conformados por uno o varios parámetros; definiendo para este modelo, dos (2) temas de gran interés: medio ambiente y turismo.

Por otra parte, diversos grupos de investigación local (Botero *et al.*, 2008) y regional han evaluado la calidad ambiental de las playas a través de parámetros microbiológicos del agua, llegando a la conclusión de que la calidad de las aguas en las zonas costeras en Colombia, se ha visto impactada por la degradación física y ecológica de las áreas terrestres costeras y el aumento de la contaminación de las aguas interiores y cercanas a las costas a partir de fuentes terrestres (Marín *et al.*, 2004).

A pesar de toda esta problemática, las diferentes autoridades ambientales, sanitarias, de salud, instituciones universitarias y entidades privadas de Santa Marta y la Región, no han realizado estudios sobre la calidad ambiental de la playa de El Rodadero específicamente, ni de sus efectos sobre la salud por el uso de sus aguas.

### 3 MARCO TEORICO

En los últimos años, la calidad de las aguas de las zonas costeras en Colombia, se ha visto impactada por la degradación física y ecológica de las áreas terrestres costeras y el aumento de la contaminación de las aguas interiores y cercanas a las costas a partir de fuentes terrestres (Marín *et al.*, 2004). Dentro de las zonas costeras, la playa se constituye un recurso limitado y frágil, así como un factor limitante de la industria turística en muchas zonas (Yepes, 1995).

La competitividad futura de los destinos turísticos está basada en la sostenibilidad de sus recursos naturales, económicos y culturales (Aguiló *et al.*, 2005). En particular, la arena de las playas y el espacio litoral son dos recursos naturales críticos para la supervivencia económica y medioambiental de las regiones costeras (Yepes y Medina, 2005). Estas circunstancias, junto con una mayor exigencia por parte de la demanda turística obligan a todos los organismos con competencia sobre el borde costero a aunar esfuerzos que garanticen unos mínimos de calidad y de servicios recibidos por los usuarios de la playa, ya sean turistas o residenciales (Massó y Yepes, 2002).

Sin embargo cuando diferentes actores o instituciones engloban un problema común suelen utilizar términos distintos para hablar de lo mismo, lo que convierte incompatibles los trabajos que realizan. A continuación se darán las definiciones con las que se trabajó este estudio, pues es imposible conseguir una unidad de términos entra la literatura disponible.

### 3.1 Calidad Ambiental

El tratamiento de la temática de calidad ambiental requiere el empleo de términos y definiciones que signifiquen lo mismo a todas las partes interesadas. Éstas abarcan, entre otros, a empresas, clientes, legisladores, trabajadores, comunidades vecinas, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, proveedores, socios en el comercio internacional, etc.

Al mismo tiempo, muchos términos y definiciones son fruto de desarrollos conceptuales recientes y su inevitable evolución determina que la terminología ambiental se encuentre aún en una fase dinámica que obligará a ajustes periódicos de su alcance y contenido.

La calidad, Yepes (1999) la define como la *«propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie»* y sólo ofrece una parte de los enfoques actuales, más cercana a la perspectiva. La calidad es consecuencia de una comparación y por tanto depende de la naturaleza de los conceptos confrontados. Asimismo menciona algo de suma importancia: que la calidad no equivale a lujo o sofisticación sino a lo que percibe el usuario del recurso. Especialmente ahora en el mundo es evidente que la calidad ambiental se interpreta como factor clave en la elección de un destino vacacional (Blázquez y Vera 2001).

Entre tanto, la calidad ambiental algunos autores, la definen como *«el estado físico, biológico y ecológico de un área o zona determinada de la biosfera, en términos relativos a su unidad y a la salud presente y futura del hombre y de las demás especies animales y vegetales»*; entendiendo, que la calidad ambiental también incluye al hombre y sus actividades, sin embargo la afectación al medio

ambiente no tiene la capacidad de medir el goce de una persona de una actividad, por esta razón se debe diferenciar la parte ambiental de la turística<sup>1</sup>.

La calidad ambiental hace referencia a un campo de actuación amplio y complejo, de vital importancia como indicador de estado de salud de los distintos elementos que condicionan nuestro nivel de vida.

Sin embargo, para que se reconozca una playa turística con buena calidad (Yepes, 1999) no es suficiente la caracterización de los parámetros físicos (pendientes, anchura, color y textura de las arenas, etc.) o biológicos (acumulación de algas, calidad del agua, etc.), sino que además, hay que añadir las características de calidad humana (paisajísticas, accesibilidad, etc.) junto con el diseño de playas que atiendan a sus usos y gestión (ordenación de espacios, limpieza, vigilancia, animación, etc.).

### **3.2 Parámetros, Indicadores e Índices**

Para evaluar la calidad ambiental se utilizan factores o parámetros ambientales, que presentan un determinado comportamiento en función de sus propiedades intrínsecas ó de las presiones ejercidas por la actividad humana.

Estos parámetros ambientales son conocidos como “indicadores ambientales”, aunque es el que causa mayor controversia dentro de los estudios que manejan sistemas de información, especialmente ambiental. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 1998) hay 5 definiciones generales de indicador, que dependen del uso y propósito: 1. Definido por Chevalier en 1992, es una variable hipotéticamente relacionada a una variable estudiada la cual no puede

---

<sup>1</sup> Botero C. Propuesta de un modelo para medir la calidad ambiental en playas turísticas. Tesis de grado de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle, Bogotá. 2002.

ella misma ser directamente observada; 2. McQueen y Noack en 1988 definieron indicador como la medida que resume información relevante de un fenómeno particular; 3. Bakkes en 1994 lo definía como la medida que hace que cierto fenómeno o tendencia sea perceptible o detectable; 4. En 1993 OCDE lo definió como el parámetro o valor derivado de los parámetros que provee información acerca del estado o situación de un fenómeno cuyo significado va más allá del valor directamente asociado al parámetro; 5. Por último Gallopín en 1994 determinó un indicador como una variable que puede ser nominal, ordinal o cardinal, seleccionada para transmitir información sobre la condición o tendencias de un atributo de un sistema. (Citado en Botero, C. 2002).

En consecuencia, el análisis de los “indicadores ambientales” en conjunto se denomina “índice ambiental” (UNESCO, 2003). Salazar (1999) lo definió como una agregación de estadísticas y/o indicadores, los cuales resumen una gran cantidad de información relacionada, usando algún procedimiento sistemático de ponderación, escala y agregado de variables múltiples en un único resumen.

### **3.3 Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas – ICAPTU-**

Con el fin de introducir una visión holística del modelo de indicadores de calidad ambiental para cualquier espacio costero, Botero, C. (2002) desarrollo un modelo para medir la calidad ambiental a partir del análisis de las condiciones ambientales de un ecosistema de playa. Esta visión permite asegurar un nivel de comodidad y seguridad suficiente para el desarrollo de la actividad turística, condicionado por la calidad ambiental del ecosistema.

El Índice de Calidad Ambiental de Playas Turísticas – ICAPTU – es un modelo que mide por medio de 4 indicadores la calidad ambiental de una playa particular. Los parámetros que conforman el modelo son 11, de los cuales 5 forman el indicador

de agua litoral, 3 el indicador de arena de la playa, 1 el de carga turística y 2 el de control institucional. Los parámetros e indicadores se ponderan entre sí para obtener un valor numérico del índice, que también se representa por medio de un código de colores. La tabla 1 muestra los indicadores y parámetros utilizados en este índice.

**Tabla No. 1.** Matriz de Temas e indicadores del ICAPTU

TEMA	INDICADOR	PARAMETRO
Medio Ambiente	Agua Litoral	Temperatura del agua litoral
		Sólidos suspendidos en el agua litoral
		Residuos sólidos flotantes en el agua litoral
		Oxígeno disuelto en el agua litoral
		Coliformes fecales en el agua litoral
	Arena de playa	Coliformes fecales en la arena de playa
		Residuos sólidos en la arena de playa
		Olores desagradables en las zonas de playa
Turismo	Carga turística	Carga turística de la playa
	Control institucional	Vendedores que cumplen con los requerimientos mínimos de calidad turísticas
		Uso eficiente de las zonas de playa

**Fuente:** Botero, 2002.

Además, permite medir y evaluar en cualquier momento el estado del medio ambiente en una playa específica, ya que las autoridades ambientales están obligadas tener la información necesaria para hacer un seguimiento a ésta, de tal forma que pueda tomar las decisiones que sean necesarias para mantenerlas dentro de los lineamientos que el gobierno nacional establece en sus políticas (Botero, C. 2002).

En el caso particular de las zonas de playa, en las cuales el turismo es la principal actividad económica (Botero y Díaz-en prensa), se debe determinar la calidad ambiental como un indicador para la gestión integrada, donde su planificación y

manejo dependerá de innumerables factores, pero sin duda uno que debería ser una condición en términos de uso es la calidad ambiental.

### **3.4 Marco Legal**

En el país se ha prestado poca atención a las playas y a su utilización turística. Hasta hace poco tiempo, las playas solo eran objeto de uso como un producto de los operadores económicos y turísticos, quienes no se han preocupado en lo absoluto en mantener su principal activo, la calidad ambiental de las playas.

Cuando se trata de evaluar la calidad del agua en zonas costeras accesibles al baño y la recreación, se aplica la norma nacional (Decreto 1594/84), la cual considera las concentraciones de algunos microorganismos indicadores de la contaminación fecal, por su incidencia en la salud humana, sin que se consideren otros parámetros indicadores del deterioro de la calidad del agua, además, incluyen parámetros o variables físico-químicas como el pH, el oxígeno disuelto, grasas y aceites, Tensoactivos, entre otros.

En esta investigación se ha tenido en cuenta el Decreto 1594 de 1984, donde se exponen las reglamentaciones concernientes a los usos del agua y los residuos líquidos. Además, se definen los usos o destinación del recurso agua según su prioridad, dentro de los cuales se encontraron: Consumo humano y doméstico, Preservación de flora y fauna, Agrícola, Pecuaria, Recreativo, Industrial, Transporte (Art. 29, Capítulo III).

En este estudio, se definió el uso Recreativo y Preservación de flora y fauna, para contacto primario y secundario. De esta forma se entiende por uso del agua para fines recreativos por contacto primario aquellas actividades como natación y buceo (Art. 34, Capítulo III). Para el segundo caso se entiende por uso del recurso de

preservación de flora y fauna a su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como es el caso de pesca y acuicultura (Art. 31 Capítulo III). En este marco, el decreto propone los límites admisibles para ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla No. 2.** Límites admisibles propuestos en el Decreto 1594 de 1984 para aguas recreativas

Usos		Parámetros medidos	Límites admisibles	Unidades
<b>Recreativo</b>	Primario	Coliformes Fecales	200	NMP
		Coliformes Totales	1000	NMP
		Oxigeno Disuelto	70	%
		pH	5-9	Unidades de pH
		Tensoactivos	0,5	Sustancias activas al azul de metileno
<p>Para esta investigación no se admite la presencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana; la presencia de grasas y aceites que formen película visible; y la presencia de sustancias que produzcan olor.</p>				

**Fuente:** Decreto 1594 de 1984. Capítulo IV. Artículos 42-43, 45. Min agricultura.

### **3.5 Variables físico-químicas**

#### **pH**

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno, el cual se confiere una característica básica o acida a una determinada sustancia y presenta influencia sobre el crecimiento, reproducción y otros procesos de biológicos de los seres vivos. El pH influye en la actividad biológica de las especies (Holdings, 2005).

El agua oceánica es ligeramente alcalina, y el valor de pH está entre 7.5 y 8.4 y varía en función de la temperatura; si esta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos.

#### **Temperatura**

Es la medida de la energía cinética molecular media que tienen moléculas de agua. La temperatura del agua de mar generalmente oscila entre 2°C y 30°C con valores extremos entre -4°C y +42°C (Holdings, 2005).

La temperatura del agua de mar es influida por la cantidad de calor proveniente de tres (3) fuentes principales: calor original del interior de la tierra, calor de degradación radiactiva y calor de la radiación solar. Los factores que permiten el cambio de la temperatura del agua de mar son:

- Latitud (tiempo de insolación)
- Profundidad de los mares
- Topografía costera y submarina

- Corrientes marinas
- Circulación atmosférica

En zonas cercanas a tierra firme la temperatura tiende a ser mayor mientras que en mar abierto la temperatura pocas veces excede los 30°C.

### **Oxigeno disuelto**

Es una medida directa del oxigeno disuelto en una muestra de agua. No es generalmente medida en aguas costeras para propósito de monitoreo de la calidad del agua, a menos que el efluente de descarga específico este presente y pueda disminuir el oxigeno, por ejemplo, descarga de aguas residuales y aguas superficiales, que conllevan altos contenidos orgánicos.

El oxigeno disuelto en aguas superficiales debe estar cerca o en saturación. Los valores de la saturación dependen de la salinidad y la temperatura del agua, pero generalmente esta en el rango de 6-9 mg/L.

El nivel de oxigeno disuelto se relaciona estrechamente con la Demanda Química de Oxigeno (DQO), la Demanda Biológica de Oxigeno (DBO) y la capacidad de autodepuración de una corriente. Por ejemplo, un nivel bajo indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.

Además, depende de la temperatura y salinidad. Altas temperaturas y salinidades hacen que la solubilidad del oxigeno sea relativamente baja. Además, la concentración de oxigeno disuelto depende también de la tasa fotosintética y de la concentración de nutrientes (Manasrah *et al.* 2006).

## **Salinidad**

La salinidad se da, principalmente, por los cloruros, sulfatos y carbonatos que se encuentran disueltos en el agua de mar, y su distribución varía de un lugar a otro, tanto en dirección horizontal, como vertical, e incluso sufre oscilaciones en un mismo punto del océano, con el transcurso del tiempo.

En las aguas costeras, la salinidad es utilizada para trazar la mezcla del agua fresca (incluyendo descargas de agua residual) con el agua de mar (SOPAC 2004).

La salinidad de los océanos varía generalmente entre 33% a 37%. La salinidad es superior en latitudes medias mientras que en regiones de intensa lluvia o donde hay dilución por ríos puede disminuir considerablemente (Holdings, 2005).

## **Sólidos suspendidos totales**

Miden la presencia de materiales corpusculares de tamaño mayor a 10-3 milímetros en las evaluaciones de calidad del agua superficial en ambientes costeros marinos. Este es un parámetro de rutina comúnmente utilizado (Holdings, 2005).

## **Grasas y aceites**

Las grasas y aceites no necesitan ser monitoreados rutinariamente, a menos que hayan ocurrido derrames industriales, de barcos o descargas. El aceite es fácilmente visible como una mancha en la superficie del agua en condiciones de tranquilidad (Holdings, 2005).

## **Nutrientes**

Nutrientes como nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) están naturalmente en el agua de mar y son esenciales para el crecimiento de fitoplancton y otras algas que son la base de la cadena alimenticia del océano (SOPAC 2004).

La mayor fuente de nutrientes en aguas costeras se debe a las actividades humanas que se desarrollan en sus cercanías y se caracterizan por ser aguas residuales, detergentes o fertilizantes.

### **3.6 Variables microbiológicas**

#### **Coliformes Fecales**

Los coliformes fecales pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*. Se caracterizan por ser de forma bacilar, Gram negativos, aeróbicos y anaeróbicos facultativos, no forman. A este grupo pertenecen bacterias del género: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. En particular, la bacteria *Escherichia coli* constituye aproximadamente un 10% de los microorganismos intestinales del hombre y de animales de sangre caliente y debido a esto se ha utilizado como indicador biológico de contaminación fecal (Guinea *et al.* 1979, citado en Toledo *et al.* 2005).

En Colombia, los valores admisibles para actividades de contacto primario es de 200 microorganismos/100 ml (NMP) y para actividades de contacto secundario no se tiene un nivel admisible para Coliformes fecales.

## **Coliformes Totales**

Bacilo gran negativo no esporulado, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes Tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35 o 37°C, en un periodo de 24 a 48 horas (Holdings, 2005).

Los límites admisibles permitidos en Colombia, según el Decreto 1594 de 1984, para uso del recurso con fines recreativos por contacto primario corresponde a 1000 NMP/100 ml y por contacto secundario 5000 NMP/100 ml.

Finalmente, los coliformes totales y fecales son considerados indicadores de de la calidad ambiental en cuanto a contenidos de materia fecal, materia orgánica y nutrientes minerales (Easterbrook y West 1987). La relación entre infecciones y aguas contaminadas por descargas residuales se nota desde el año 1854, cuando el Dr. Snow imputo la peor epidemia de cólera en Londres al agua contaminada por alcantarillado (Dorfman 2004). Numerosos estudios han evidenciado un elevado riesgo de contraer enfermedades como gantroenteritis, dermatitis, otitis e infecciones respiratorias en bañantess que entran en contacto con aguas contaminadas (Henrickson *et al.* 2001).

## **Enterococos**

Para resultados más dicientes con respecto a la contaminación por origen fecal también se hace de los Enterococos.

Estas son bacterias con alta resistencia a la salinidad que forman parte de la flora intestinal de muchos organismos, incluyendo el humano. En muchos estudios, los

niveles de concentración de los Enterococos se relacionan con la incidencia de enfermedades adquiridas por bañistas y constituyen un indicador muy importante de la contaminación en las playas y de las aguas salobres, por lo que, se consideran un indicador confiable de la contaminación en playas (Holdings 2005).

## 4 JUSTIFICACIÓN

El océano ha sido considerado a lo largo de la historia como un gran receptor de residuos, siendo estos fundamentalmente sólidos y líquidos, es decir: se han vertido y se vierten cantidades de aguas residuales, urbanas, agrarias, bien de forma directa o bien a través de los ríos (Seoáñez, 2000).

Además, el agotamiento y las consecuencias negativas de un modelo de turismo masivo de sol y playa, los cambios tecnológicos y de gestión de la actividad turística, la concientización ambiental de gran parte de los actores sociales unidas a las mayores exigencias y necesidades de la demanda turística, conducen a una valoración creciente de la calidad ambiental y turística de los recursos en general y del recurso playa en particular. Las aguas costeras con fines recreativos como las playas, por lo general, se encuentran en las proximidades de las áreas urbanas, donde los vertimientos sin tratar, con altos contenidos de microorganismos patógenos y otros agentes contaminantes, representan uno de los principales problemas sanitarios y ecológicos de las zonas costeras (Garay *et al.*, 2002).

En el informe del Diagnóstico Nacional y Departamental de la Calidad de las aguas marinas y costeras realizado por las instituciones que conforman la Red de Vigilancia de la Calidad Ambiental Marina en Colombia (REDCAM) en el 2002, se identificó entre las áreas más críticas de la costa Caribe, a Santa Marta y sus playas alternas, en donde se hace necesario realizar estudios más detallados, tanto espacial como temporalmente, a fin de poder determinar la dinámica de los contaminantes y formular recomendaciones para su control y remediación.

El desarrollo de esta metodología dio sustento para realizar esta investigación debido a que en la actualidad, los informes de la REDCAM en el año 2002, registran datos tomados en dos épocas del año (seca y lluviosa) evaluando la calidad ambiental de las playas cada seis (6) meses, y no existe una red de monitoreo constante de la playa en estudio que permita establecer su calidad ambiental y el potencial riesgo para la salud pública por el uso de las aguas.

Además, desarrollar una herramienta de gestión basada en la medición de la calidad a partir de parámetros ambientales y la aplicación de la medición de calidad ambiental desarrollado por Botero, C. (2002), con el fin de que la playa de El Rodadero pueda posicionarse en Colombia como una playa, dirigida a aumentar su calidad y ofrecer mejores condiciones para el turista.

Para ello, el Índice de Calidad Ambiental de Playas Turísticas – ICAPTU – nos permitió medir y evaluar en cualquier momento el estado del medio ambiente en una playa específica, ya que las autoridades ambientales están obligadas tener la información necesaria para hacer un seguimiento a ésta, de tal forma que pueda tomar las decisiones que sean necesarias para mantenerlas dentro de los lineamientos que el gobierno nacional establece en sus políticas (Botero, C. 2002).

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Caracterizar la calidad ambiental de El Rodadero utilizando variables físico-químicas y microbiológicas del agua de baño y arena de playa que reflejen el estado actual de la playa.

### **5.2 Específicos**

- Medir y analizar la concentración de contaminantes presentes en la playa del Rodadero a partir de variables físico-químicas y microbiológicas en agua y arena.
- Comparar los valores obtenidos con la normatividad vigente acerca del uso del agua para contacto primario y arena en playas turísticas.
- Contrastar la calidad ambiental obtenida para El Rodadero con el Índice de Calidad Ambiental de Playas Turísticas -ICAPTU.

## 6 DISEÑO METODOLÓGICO SEGÚN LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN

### 6.1 AREA DE ESTUDIO

La playa de El Rodadero se ubica entre los 11°12' N y 74°13' W, en el corregimiento de Gaira, a 5-6 Km al suroeste de Santa Marta, departamento del Magdalena. Se encuentra enmarcada dentro de la unidad ambiental costera<sup>1</sup> (UAC) de la Vertiente Norte de la Sierra Nevada de Santa Marta (Alonso *et al.*, 2003). A nivel lateral, el área de estudio comprende desde el Canal de La Escollera hasta el Parque Acuático del Rodadero. A nivel transversal comprende desde la zona de bañistas hasta la zona donde se inicia el Camellón. Esta zona posee un área de 55683 m<sup>2</sup> y una longitud de 1186 m (Botero *et al.*, 2008), ver Figura 1.

**Figura No. 1:** Ubicación de la playa El Rodadero.



**Fuente:** Google Earth (2010)

En la zona, existen dos épocas climáticas (CIOH, 1995; Andrade et al, 2003): la época de lluvias (Mayo a Noviembre) con precipitaciones de 409 mm; y el periodo menos lluvioso y seco (Diciembre hasta Abril). La temperatura promedio anual es de 28°C (Álvarez *et al*, 2003). La estructura del suelo está conformada, por sedimentos fluviales (gravillas, areniscas, arcillas) como sedimentos marinos (gravillas, areniscas) (Álvarez *et al*, 2003). Entre los principales ecosistemas asociados están las praderas de fanerógamas, playa arenosa y litorales rocosos (Steer *et al*, 1997). Las bahías poseen poca profundidad. Generalmente presentan un estado de aguas calmas características durante la mayor parte del año (CIOH, 1995; Andrade *at al*, 2003).

Sin embargo, las olas provenientes del sector norte noroeste, relacionadas con el patrón del oleaje en el mar Caribe y causadas por la influencia general de los vientos alisios en el mar abierto, entran en la playa difractándose, gracias a la configuración específica de la costa en la zona norte de la ciudad posteriormente se refractan en el sector central de la playa, llegando a la costa con un ángulo con respecto a la norma de la costa y existe reflexión en la parte sur de la bahía donde los perfiles de playa son muy pronunciados. Estas olas son responsables de la deriva litoral en la playa y el régimen formado por estas olas es el patrón de oleaje en el área. (Blanco, 1988; Bernal, 1991; Tocca, 2000).

Debido a la configuración de la costa y a la orientación, intensidad y constancia de los vientos Alisios, se presenta un fenómeno de surgencia local moderada durante la época seca mayor. Se considera moderada, pues las masas de agua emergentes no tienen características de aguas profundas sino subsuperficiales y, por lo tanto, su carga de nutrientes no es alta; de cualquier forma, estas masas de agua que llegan a la costa están definidas también por tener una salinidad un poco más alta de aquella en otras épocas del año o comparada con salinidades de masas de agua circundantes; igualmente, la temperatura es un poco más baja de

aquellas de masas de aguas superficiales en otras épocas del año o, masas de aguas circundantes (Blanco, 1988).

La salinidad y la temperatura también se hallan íntimamente ligados a la influencia de la desembocadura de la Ciénaga Grande de Santa Marta y de los ríos Manzanares y Gaira en los periodos de lluvias, esto significa la disminución en la salinidad y la baja penetración de la luz (Blanco, 1988).

## 6.2 FASE DE CAMPO

En la fase de campo se ubicaron cuatro (4) estaciones de muestreo, donde se realizaron seis (6) diseños de muestreo en dos (2) épocas del año, correspondientes a las épocas de alta afluencia turística (Abril-Junio) y baja afluencia turística (Mayo-Junio).

**Figura No. 2:** Vista satelital de la zona de estudio



**Fuente:** Google Earth (2010).

### 6.2.1 Localización de los puntos de muestreo

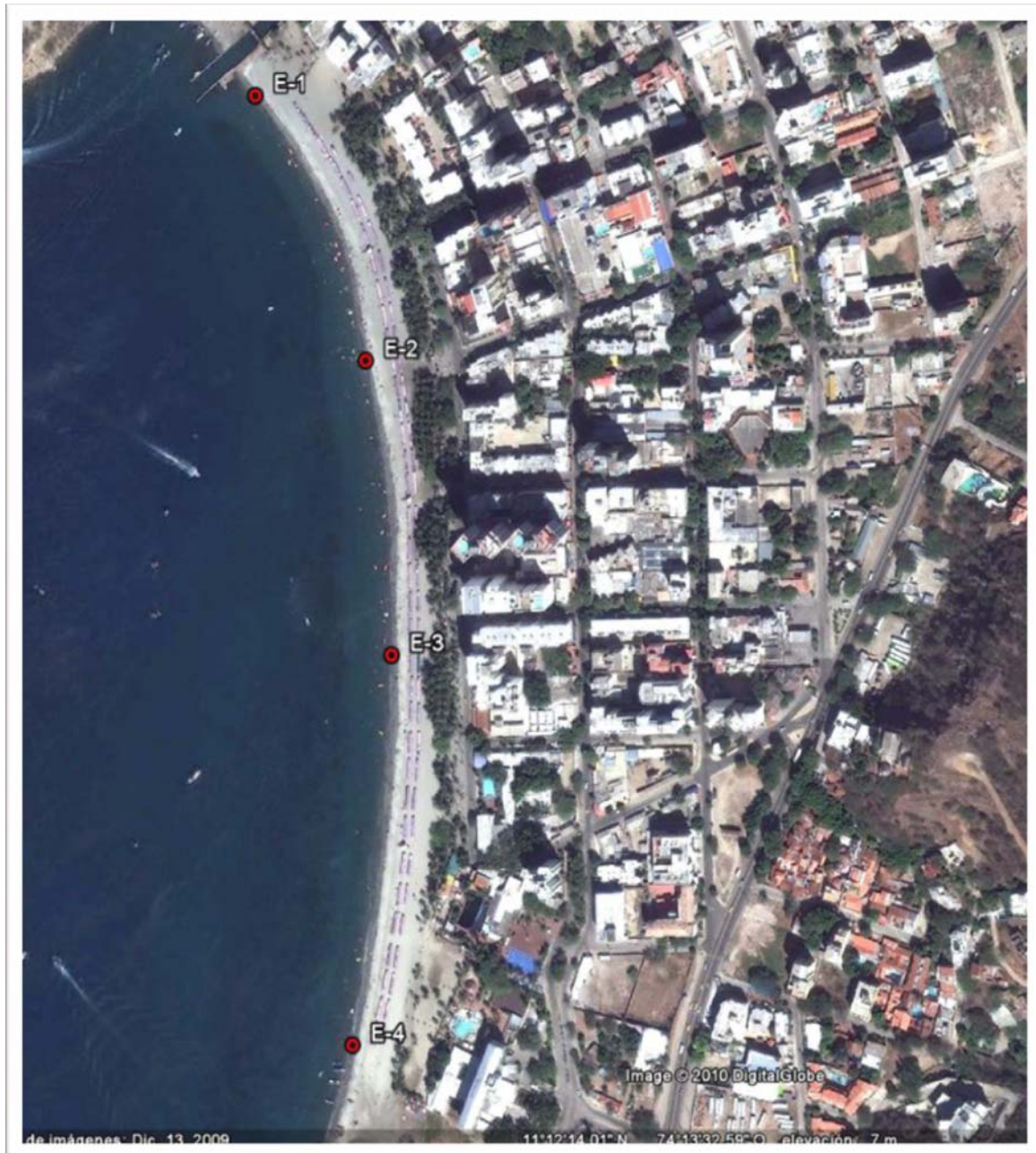
Teniendo en cuenta la ubicación de la playa, y la tendencia de ser uno de los mejores sitios turísticos, se definieron puntos distintos para el muestreo con el fin de cubrir el área de influencia turística. Los puntos de recolección de las muestras se encuentran distribuidos según lo mostrado en la Figura 3 y Tabla 3.

**Tabla No. 3.** Identificación de las estaciones o puntos de monitoreo

ESTACIÓN	COORDENADAS		DESCRIPCIÓN
	WO	N	
E-1	74° 13' 44,04"	11° 12' 27,25"	Estación cercana al canal de la discoteca La Escollera
E-2	74° 13' 41,97"	11° 12' 18,84"	Sector con alta afluencia turística frente al restaurante Presto
E-3	74° 13' 41,88"	11° 12' 7,17"	Sector con alta afluencia turística frente al Hotel Arawak
E-4	74° 13' 43,14" LO	11° 12' 0,45"	Estación en la Zona de embarcaciones turísticas

**Fuente:** Propia

**Figura No. 3:** Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo



**Fuente:** Google Earth (2010).

### **6.2.2 Procedimiento de monitoreo en el agua y arena de la playa**

Para llevar a cabo la presente investigación, se ejecutaron seis (6) campañas de muestreo durante un periodo de tres (3) meses, en intervalos de 15 días aproximadamente. Para ello, se realizaron mediciones de parámetros físico-químicos *in situ* y los muestreos para las determinaciones microbiológicas fueron llevados a los laboratorios.

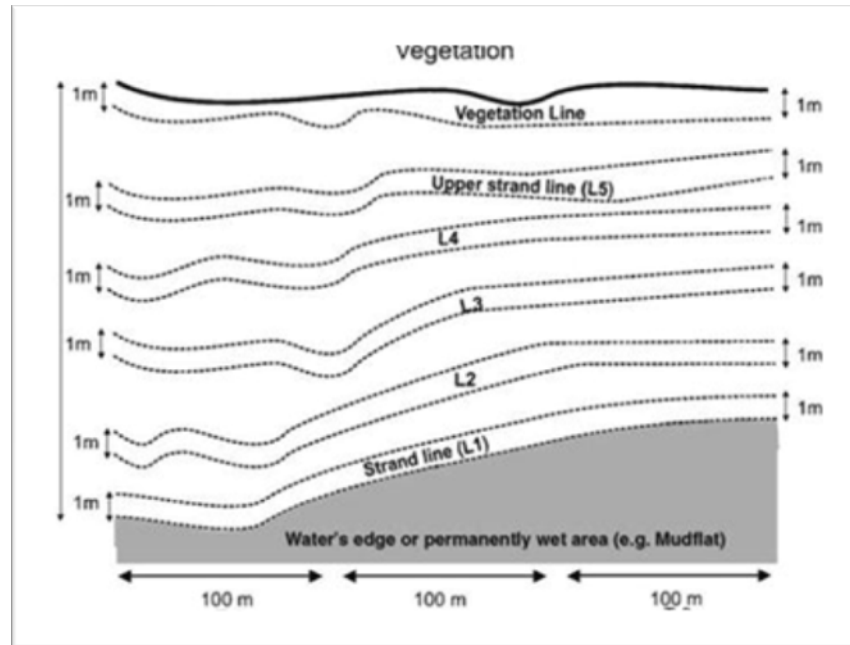
Para las muestras en el agua, se tomaron franjas de muestreo desde el litoral de la playa hasta una profundidad aproximada de 1.5 metros, la toma de la muestra se realizó introduciendo el recipiente en el mar a una altura de 0.30 m abajo de la superficie del mar, tomando una (1) muestra de agua por cada estación.

Así mismo, para las muestras de la arena de la playa se realizó una (1) toma de muestra de la misma por cada estación en cada una de las salidas de campo a la playa, tomando como puntos de referencia la zona de circulación de los usuarios y la zona de descanso de los bañistas, en cada uno de los puntos se realizó un agujero de 25 cm de diámetro y 10 cm de profundidad con ayuda de una paleta estéril, tomando una cantidad aproximada de 50 gramos de arena (Botero, *et al.*, 2008).

### **6.2.3 Procedimiento de monitoreo para residuos sólidos en la playa**

Para la medición de los residuos sólidos presentes en la playa, se dividió la playa en cuatro (4) áreas: norte, centro (2 partes) y sur; cada área incluyó tres (3) niveles de cien (100) metros de longitud paralelos a la línea de agua y separados de cada uno por cien (100) metros. Cada transecto contaba con un (1) metro de ancho y la distancia entre cada uno variaba de acuerdo al ancho de la playa (Velandier y Mocogni, 1999; Silva-Iñiguez y Fischer, 2003).

**Figura No. 4:** Método de muestreo de residuos sólidos en la zona de playa



**Fuente:** (Silva-Iñiquez y Fischer, 2003; Claereboudt, 2004).

Cada transecto fue recorrido una vez para contar y clasificar todos los objetos visibles dentro de los seis (6) niveles (Velandier y Mocogni, 1999). Los residuos fueron clasificados en 9 grupos: plástico, papel, vidrio, metal, tela, icopor, madera, materia orgánica y otros (Silva-Iñiquez y Fischer, 2003; Claereboudt, 2004).

## **6.3 FASE DE LABORATORIO**

### **6.3.1 Variables Fisicoquímicas**

Los métodos usados en la determinación de las variables fisicoquímicas se relacionan en la Tabla 4 y se encuentran detallados en los libros American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF, 1998).

### **6.3.2 Microbiológicos**

Para las determinaciones bacteriológicas el agua se colectó en recipientes de vidrio estériles de 100 ml de capacidad. El punto de muestreo en todas las estaciones se ubicó en zonas donde la profundidad fue 1 metro. La toma de muestras para este estudio se llevó a cabo entre las 7:00 am – 8:00 am en todas las estaciones en cada jornada de muestreo. Las muestras de agua obtenidas se almacenaron para su transporte y se trasladaron al Laboratorio de calidad del agua de la Universidad del Magdalena donde fueron procesadas antes de 24 horas. Todas las muestras fueron analizadas en laboratorio por medio del recuento indirecto por tubos múltiples de fermentación expresado en el número más probable (NMP) en 100ml de agua siguiendo las recomendaciones de los métodos estándar.

### 6.3.3 Técnicas de medición

Los análisis físico-químicos y microbiológicos se llevaron a cabo con las técnicas de medición descritas en la Tabla 4.

**Tabla No. 4.** Técnicas de Medición de variables físico-químicas y microbiológicas

PARAMETRO	UNIDAD	TECNICA
pH	U	Potenciómetro
Temperatura	°C	Potenciómetro
Oxígeno Disuelto	mg/l de O <sub>2</sub>	Potenciómetro
Salinidad	%	Potenciómetro
Conductividad	μS/cm	Electrometría
Color real	uPt-Co	Método de comparación visual tubos Nessler 2120 C
Nitratos	μg/l NO <sub>3</sub>	Reducción con Cd-Cu /colorimetría
Nitritos	μg/l NO <sub>2</sub>	Sulfanilamida /colorimetría
Fosfatos	μg/l PO <sub>4</sub>	Método del ácido ascórbico 4500 P E
Sólidos Suspendidos	mg/l	Gravimétrico
Turbiedad	UNT	Turbidimétrico
Grasas y Aceites	mg/l	E. Soxhlet
Tensoactivos	mg/l	Método colorimétrico con azul de metileno 5540cC
Olores desagradables	%	Prueba Umbral de Olor
Residuos Sólidos Flotantes	Kg/m <sup>3</sup>	Espectrofotometría
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples
Coliformes Totales	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples
Enterococos	UFC/100 ml	Filtración membrana

**Fuentes:** American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF, 1998).

## **6.4 Análisis de los datos**

Los datos fueron organizados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2007 por estación y por fechas de muestreo.

Para facilitar la interpretación de los resultados se crearon las graficas correspondientes a cada parámetro monitoreado con ayuda de Microsoft Excel 2007. Con esto se buscaba ver la variación de las estaciones monitoreadas según la variable analizada en el tiempo y entre estaciones.

Con miras a responder las preguntas de investigación planteadas en un principio se llevo a cabo un análisis estadístico para determinar la variabilidad de los datos en el espacio, en el tiempo y entre parámetros medidos. A continuación se hace un recuento de las principales técnicas y manejo de datos utilizados.

### **6.4.1 Métodos estadísticos**

Los métodos estadísticos utilizados en el proyecto son métodos gráficos, para ello, se pueden separar los análisis utilizados por cada fase así:

- *Fase de muestreo:* Estadística descriptiva.
- *Fase de Experimentación:* Diseño de experimentos, metodología de superficie de respuesta, análisis de varianza (ANOVA), herramientas de optimización, evaluación de múltiples respuestas y comparación de modelos.

En vista de lo anterior se optó por el uso de dos paquetes estadísticos para el manejo de información y análisis de datos, estos son: Microsoft Excel 2007 y el

*Programa Estadístico R* por su amplia documentación y capacidad en el área de diseño de experimentos.

#### **6.4.2 Variables Físicoquímicas y Microbiológicas**

Para este análisis se recopiló toda la información existente de la calidad de playas sobre las tendencias de físicoquímicos y nutrientes. Las fuentes consultadas fueron: tesis de grado (Blanco, 2007), monitoreos REDCAM, 2002, e investigaciones puntuales.

Se generaron matrices de datos georreferenciados con ayuda de análisis estadísticos, se determinaron las estaciones con mayor correlación, se estimaron para los físicoquímicos y nutrientes, en cada uno de los muestreos y para cada uno de los niveles de la columna de agua, su estructura de correlación espacial, utilizando para ello el programa estadístico ANOVA, finalmente, basados en esta estructura, graficando el comportamiento de cada variable mediante R (programa estadístico).

#### **6.5 Índice de calidad ambiental en playas turísticas –ICAPTU-**

Para la interpretación de los resultados obtenidos para el ICAPTU, se utilizó el modelo matemático representado en una hoja de Microsoft Excel, el cual está diseñado para servir de herramienta de decisión a las diferentes instituciones que tienen responsabilidad sobre las playas turísticas colombianas (Botero 2002).

Basado en lo anterior el índice entrega una señal en código de colores en la que se hace referencia a la calidad ambiental de la playa medida. Para el ICAPTU se maneja una relación directa con los colores del semáforo de tránsito, el cual es de

fácil interpretación por cualquier ciudadano colombiano y en general mundial. La interpretación de los colores que entrega el índice, según el valor numérico obtenido, son:

**Rojo:** Representa la menor calidad ambiental. Cuando una playa esté en rojo se recomienda no ser usada para el baño y la actividad turística. Se deben establecer políticas para la recuperación ambiental de la zona si se desea que su uso se mantenga en el turismo. Se recomienda que playas en rojo sean cerradas al público mientras se toman las medidas de recuperación, o clausuradas en el caso en que no se vayan a tomar medidas para mejorar la calidad ambiental de la playa. Una playa en rojo es un peligro para la población aledaña y para los ecosistemas vecinos. Una playa está en rojo cuando el valor numérico está entre 0,00 y 0,25.

**Amarillo:** Una playa en amarillo representa cautela, es decir que aunque la playa es apta para el baño se deben tomar precauciones, tales como no bañarse en ella si tiene heridas cutáneas, sufre de alguna enfermedad que afecte el sistema inmunológico o si se encuentra en malas condiciones de salud. A nivel estatal la calificación en amarillo es una señal de alerta para las autoridades, pues en cualquier momento puede llegar a rojo y será necesario cerrar la playa mientras se recupera. Una playa en amarillo también indica que hacen falta más esfuerzos para tener una playa en buenas condiciones ambientales. La playa está en amarillo cuando el valor numérico está entre 0,26 y 0,75.

**Verde:** Cuando el índice esté en verde se ha logrado mantener una playa en buenas condiciones ambientales. Una playa en verde es señal de vía libre, es símbolo de tranquilidad y confianza en la playa. En una playa en verde se permiten todo tipo de actividades propias del turismo, no existen problemas para el baño o el descanso. Una playa en verde es el ideal, pero requiere de un gran

esfuerzo de las autoridades territoriales y ambientales para mantenerla en este punto. Una playa está en verde cuando su valor numérico varía entre 0,76 y 1,00. Como se observa obtener una playa en verde es complejo, pues lo que se busca es obtener un índice exigente que lleve a las playas colombianas a un grado de calidad ambiental que le permita competir a nivel internacional.

**Figura No. 5:** Interpretación de los colores del índice de calidad ambiental



**Fuente:** Botero, C. 2002.

## **7 RESULTADOS Y DISCUSION**

A continuación se presentan los valores promedios medidos en el periodo de tres (3) meses en las distintas estaciones monitoreadas:

### **7.1 CONCENTRACIONES PARA LOS PARAMETROS O VARIABLES EN EL AGUA DE LA PLAYA**

El agua de la playa se constituye como el principal componente que determina la calidad ambiental de esta. En la Tabla 5 se presenta la variación de los parámetros de pH, Temperatura, Color, Oxígeno Disuelto, Color, Nutrientes, Grasas y Aceites, Tensoactivos, Sólidos Suspendidos Totales, Residuos Sólidos Flotantes y parámetros microbiológicos en los que se encuentran Coliformes Totales y Fecales, Enterococos.

**Tabla No. 5.** Composición de las aguas de baño de la playa El Rodadero

Fecha	04-Abr-10				18-Abr-10				09-May-10				23-May-10				06-Jun-10				20-Jun-10			
PARAMETROS	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
pH	8.14	8.16	8.16	8.14	8.19	8.16	8.18	8.2	8.16	8.16	8.16	8.14	8.15	8.16	8.16	8.15	8.14	8.16	8.15	8.15	8.05	8.12	8.08	8.13
Temperatura	26.2	26.2	26.2	26	28.2	28.2	28	27.9	20.0	21.0	21.0	21.0	19.0	20.0	20.0	21.0	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
Oxígeno disuelto	5.2	5.3	5	4.9	5.2	5.3	5.3	5.5	5.27	6.46	4.8	5.47	5.25	5.59	5.63	5.40	5.42	5.21	5.5	6.2	5.43	5.36	5.45	5.59
Salinidad	36.7	36.8	36.9	36.6	35.9	35.5	35.7	35.6	35.4	35.9	36.1	35.7	36.5	36.7	36.2	36.4	35.1	35.0	36.0	35.3	35.8	35.1	35.3	35.4
Conductividad	49.5	48.8	48.9	48.9	49.3	48.6	48.9	48.6	49.7	48.7	48.8	48.8	48.9	48.9	49	48.7	49.0	49.1	48.9	48.8	49.5	48.7	49	48.9
Color real uPt-Co	5	10	15	15	10	15	15	15	15	15	15	15	12	10	15	14	17	16	15	15	6	12	15	17
Nitratos mg/l NO <sub>3</sub>	0.12	0.11	0.35	0.33	0.08	0.11	0.24	0.31	0.12	0.14	0.27	0.27	0.11	0.13	0.29	0.30	0.12	0.18	0.22	0.34	0.11	0.15	0.21	0.26
Nitritos mg/l NO <sub>2</sub>	0.08	0.11	0.16	0.21	0.06	0.09	0.12	0.18	0.11	0.1	0.15	0.17	0.08	0.10	0.15	0.20	0.10	0.09	0.12	0.14	0.08	0.10	0.09	0.11
Fosfatos mg/l PO <sub>4</sub>	0.09	0.09	0.1	0.11	0.1	0.1	0.12	0.1	0.09	0.1	0.11	0.14	0.10	0.09	0.12	0.13	0.10	0.09	0.12	0.11	0.10	0.08	0.10	0.12
Sólidos suspendidos mg/l	18	28	84	91	29	77	86	98	81	94	108	112	35	69	95	102	29	18	46	37	32	49	75	64
Turbiedad UNT	1.87	1.91	2.34	2.84	1.95	2.56	2.44	2.51	2.95	2.48	2.66	2.19	1.97	2.36	2.58	2.63	1.97	1.86	2.24	2.82	1.86	2.36	2.49	2.52
Grasas y aceites mg/l	0.08	ND	0.11	0.12	ND	ND	0.14	0.16	0.11	ND	0.13	0.15	0.12	ND	0.14	0.16	ND	ND	0.15	0.18	0.08	ND	0.10	0.11
Tensoactivos mg/l	0.05	0.08	0.1	0.1	0.07	0.08	0.011	0.09	0.09	0.11	0.1	0.09	0.09	0.10	0.11	0.1	0.06	0.08	0.05	0.09	0.09	0.07	0.05	0.08
Residuos Solidos Flotantes Kg/m <sup>3</sup>	0.05	0.04	0.05	0.05	0.003	0.005	0.005	0.004	0.06	0.01	0.09	0.08	0.015	0.05	0.09	0.12	0.013	0.06	0.011	0.06	0.09	0.05	0.07	0.011
Coliformes totales NMP/ml	3000	500	1700	1100	1980	800	1780	1350	2240	980	2460	2220	2060	790	2130	1890	2360	830	1580	2120	2980	700	1680	2000
Coliformes fecales NMP/ml	340	130	130	110	140	98	110	140	180	84	120	130	170	110	130	140	320	260	150	140	360	150	150	120
Enterococos UFC/ml	60	16	14	20	38	21	18	28	42	19	22	25	56	29	27	32	46	23	17	28	50	33	47	27

Fuente: Elaboración propia

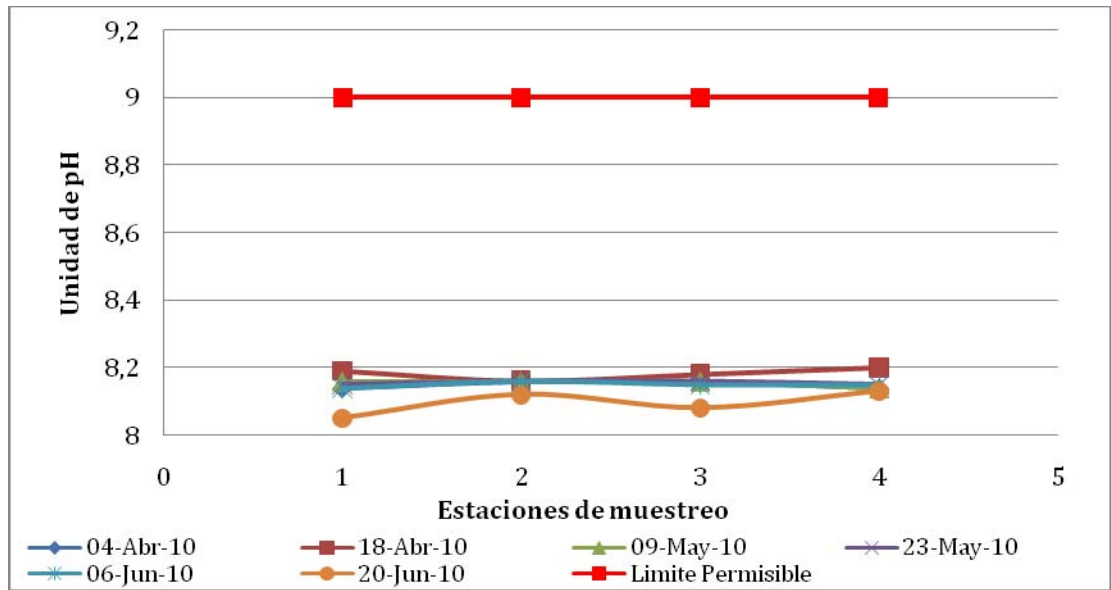
### 7.1.1 pH

El pH del agua de mar a diferencia de las aguas dulces, varía en un rango de 7,5 y 8,4 (Kiely, 1999).

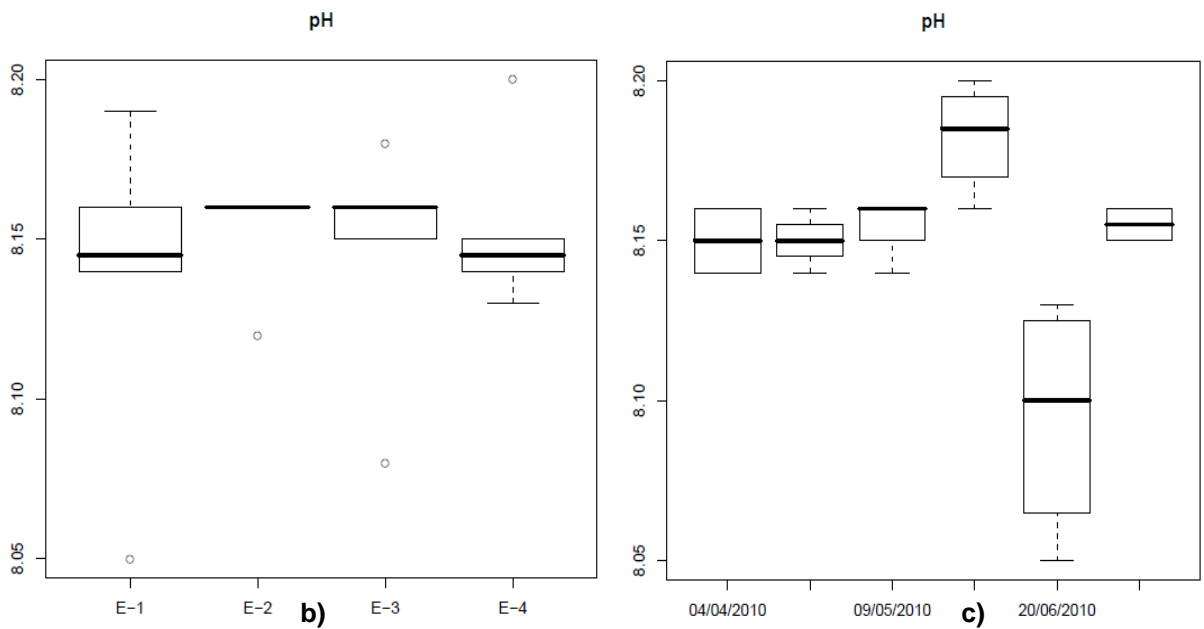
Inicialmente, al realizar el análisis estadístico de esta variable, mostro que el comportamiento por fechas de muestreo existía aparentemente una diferencia significativa de pH para el día 20 de junio de 2010 (Figura 6 c).

De este modo, para las estaciones E1-E4, el pH fluctuó un valor promedio de 8,14 Unidades de pH. El valor obtenido en cada una de las muestras no sobrepasa los límites permisibles establecidos en los artículos 42 y 43 del Decreto 1594 de 1984. Así mismo, el valor de pH más bajo lo reportó la estación E-1 (Junio 20 de 2010) con un valor de 8.05 Unidades de pH y el más alto en la estación E-4 (Abril 18 de 2010) con 8,20 Unidades de pH.

Para las estaciones muestreadas este parámetro presenta una tendencia alcalina. En términos generales los valores de pH obtenidos en las estaciones monitoreadas son típicos del agua de mar. En la Figura 6 se muestra la evolución del pH en el periodo de muestreo (Abril – Junio 2010).



a)



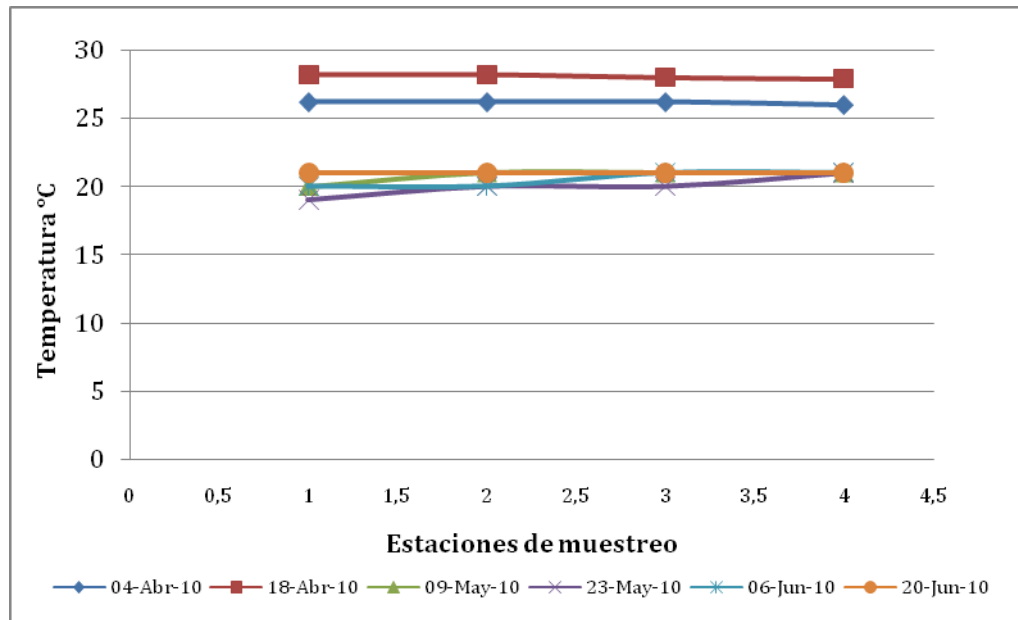
**Figura No. 6: Variación y comportamiento temporal de pH. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) comportamiento por fecha de muestreo**

### 7.1.2 Temperatura

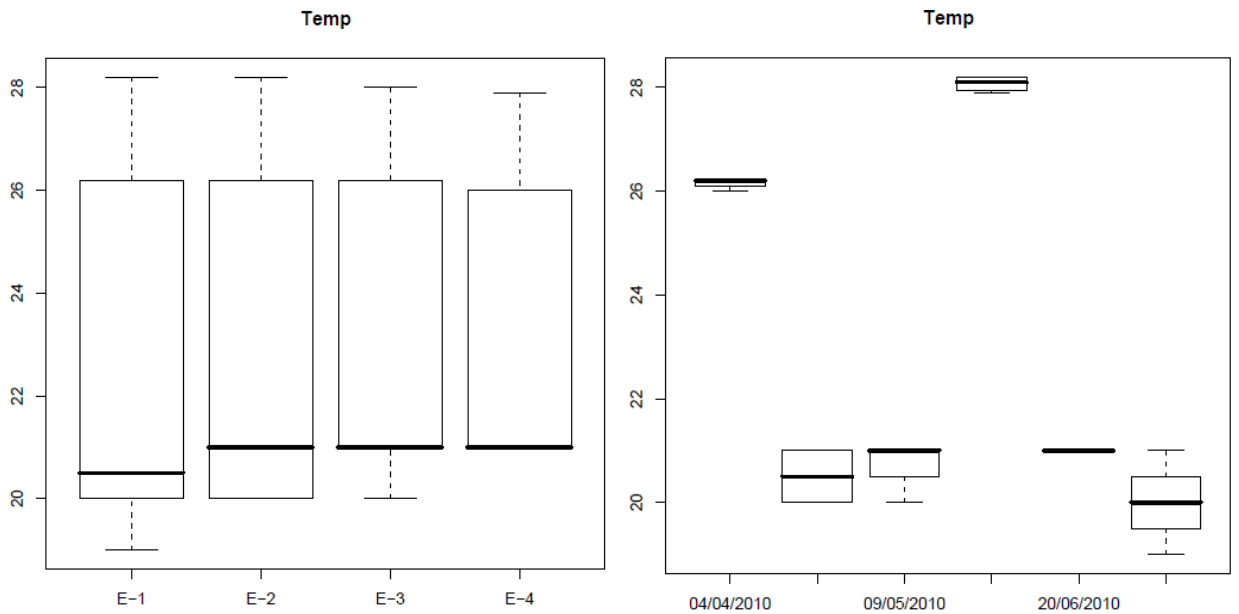
Los valores promedio de la temperatura, en el agua de baño, son más altos en la estaciones E-1 y E-2 en la fecha del 18 de Abril de 2010 (28,2 °C), que aquellos, en la fecha de 06 de Junio de 2010 (20,0 °C) (Figura 7).

Los valores de los coeficientes de variación revelan que no existen problemas de alta variabilidad para los datos; por el contrario, se presenta una relativa homogeneidad térmica en cada una de las estaciones.

Aunque las graficas realizadas en Bloxplot revelan la existencia de una diferencia relativa de la temperatura por fechas muestreadas, es claro decir que al realizar una prueba *Kruskal*, se encuentra que estas diferencias se deben a que las temperaturas más bajas probablemente estén asociadas a fenómenos de surgencias que se corresponden con la intensidad de los vientos alisios y las más altas temperaturas se deban a una mayor irradiación solar.



a)



b)

c)

**Figura No. 7: Variación y comportamiento temporal de la Temperatura (°C).** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

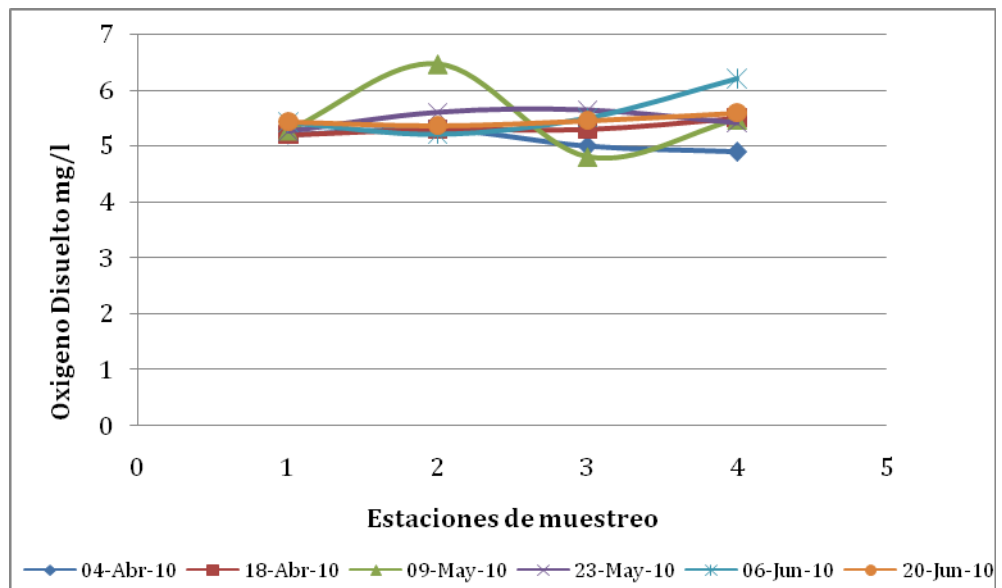
### 7.1.3 Oxígeno Disuelto

Para las concentraciones obtenidas, y según el Art. 43 del Decreto 1594 de 1984 (4.0 mg/l), estas cumplen con el criterio de calidad de destinación del recurso para preservación de flora y fauna en aguas marinas. Los valores promedio más altos de oxígeno disuelto, se generaron en la estación E-4, con un valor igual o mayor a 6,46 mg/L. Los valores promedio más bajos, se presentan en las estaciones E-1 y E-3, con valores entre 5,0 y 5,2 mg/L.

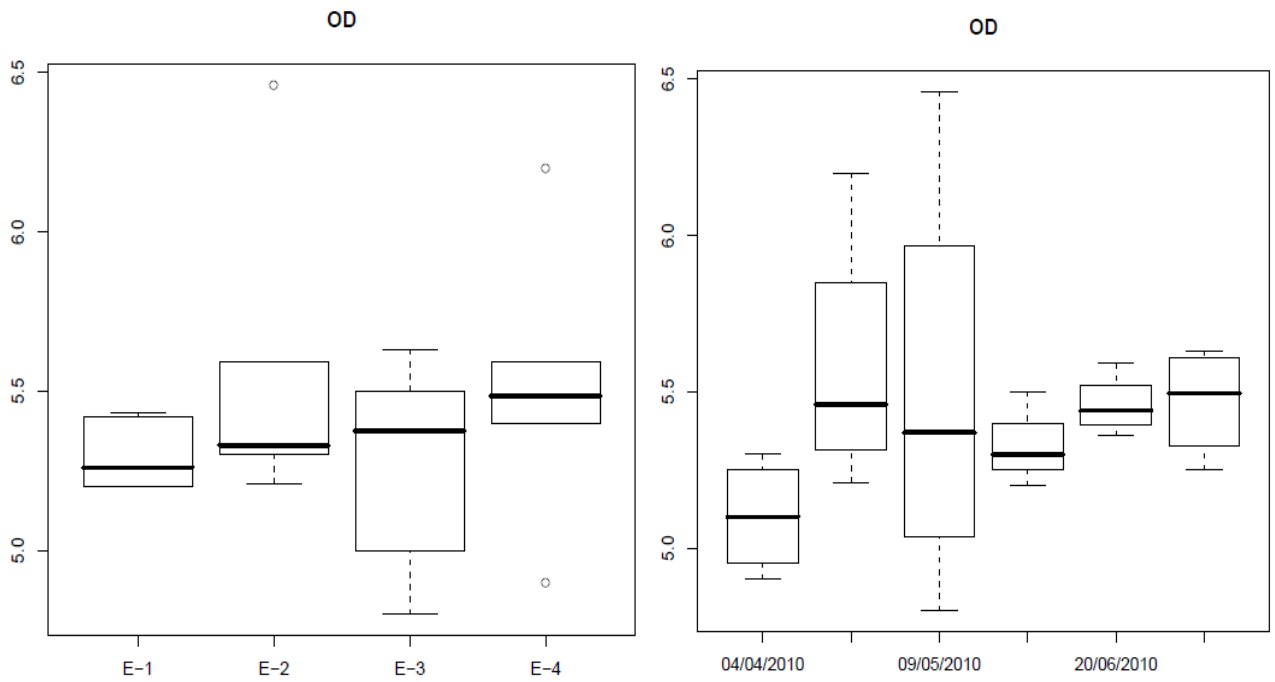
Los valores promedio, no presentan diferencias significativas y son muy similares (Figura 8). El coeficiente de variación es de 0,0016 para análisis por fecha y de 0,85 por estación, indicándonos poca variabilidad en los datos.

En general, los promedios del oxígeno disuelto en la playa El Rodadero fueron similares a los comparados con otros estudios de calidad del agua marina, aunque se debe tener en cuenta que la geomorfología de este sitio (poca influencia de oleaje) no favorece la renovación rápida de esta variable y además, es a eso a lo que se le atribuye que exista concentraciones bajas.

Esta situación se da en la zona costera, donde por los aportes de nutrientes que se reciben del continente, favorece a que haya una alta producción primaria y, en consecuencia, una mayor concentración de oxígeno (De la Lanza, 2001).



a)



b)

c)

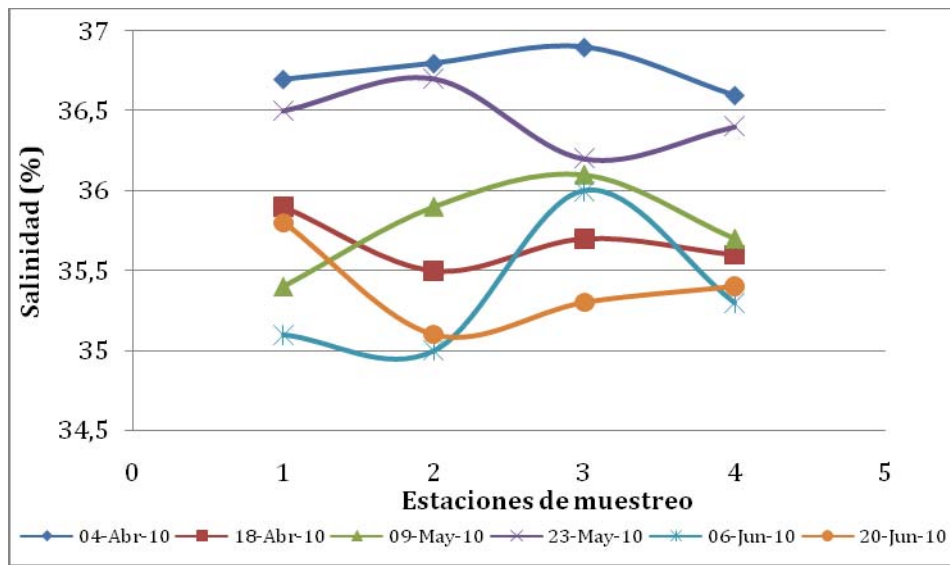
**Figura No. 8: Variación y comportamiento del Oxígeno Disuelto.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

#### **7.1.4 Salinidad**

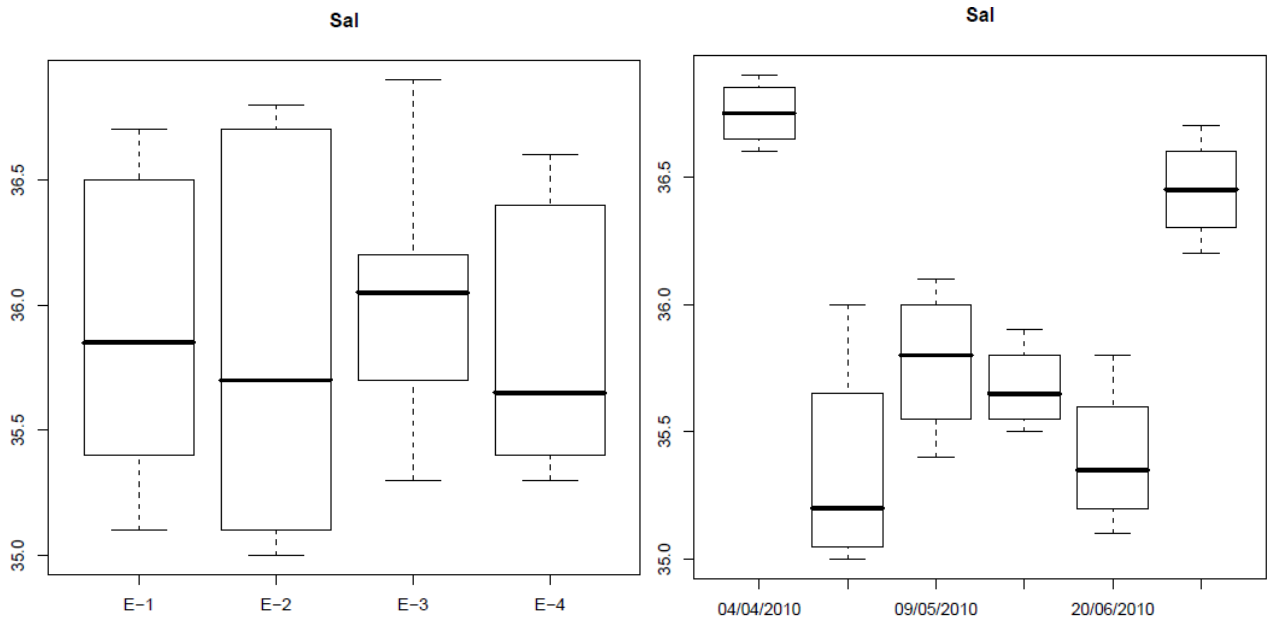
La salinidad es un componente esencial para la supervivencia de determinadas especies. La salinidad del agua de mar suele variar entre 33% a 37% (Holdings, 2005). Las estaciones de muestreo tienen valores de salinidad dentro de este rango por la mayoría de los muestreos. En los resultados se encontró una tendencia 35.9%, para todas las estaciones de muestreo. Este Porcentaje es normal para aguas marinas. En la Figura 9 se presenta la variación de la Salinidad en la playa de El Rodadero.

El valor más alto se presentó en la estación E-3 con un valor de 36,9%, y la estación con valores más bajo es la estación E-2 (35%). Los valores promedios de esta variable oscilaron entre 35,83% y 36,03%.

De esta manera, los altos valores de salinidad encontrados en cada una de las estaciones de muestreo, posiblemente se deban a una mayor evaporación ocurrida en la zona, o, a la ausencia de aportes fluviales y de canales que limiten la circulación del agua, mientras que las salinidades más bajas se deban posiblemente al producto de precipitaciones pluviosas esporádicas y/o puntuales.



a)



b)

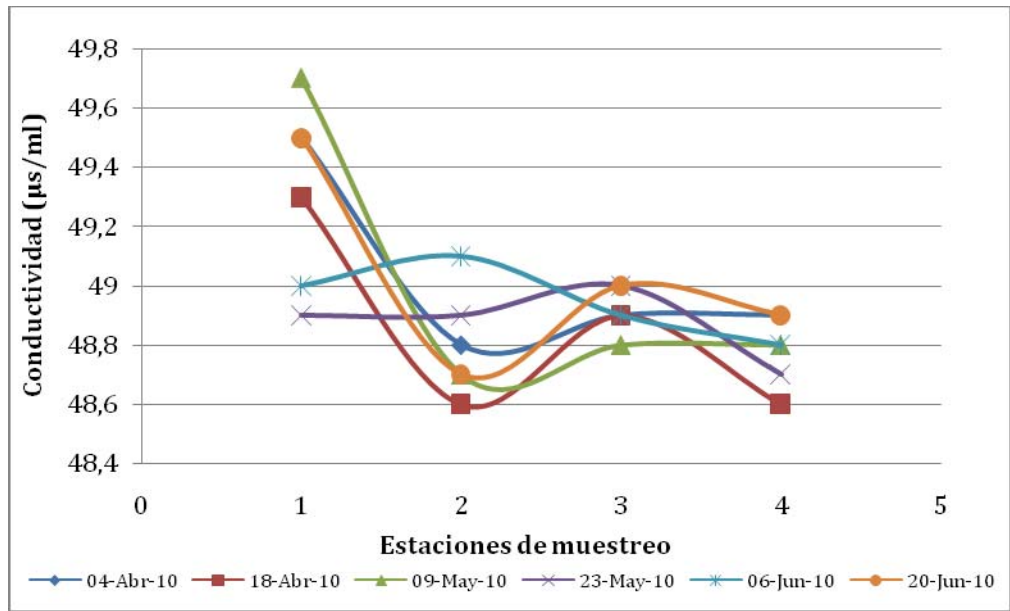
c)

**Figura No. 9: Variación y comportamiento temporal de la Salinidad.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

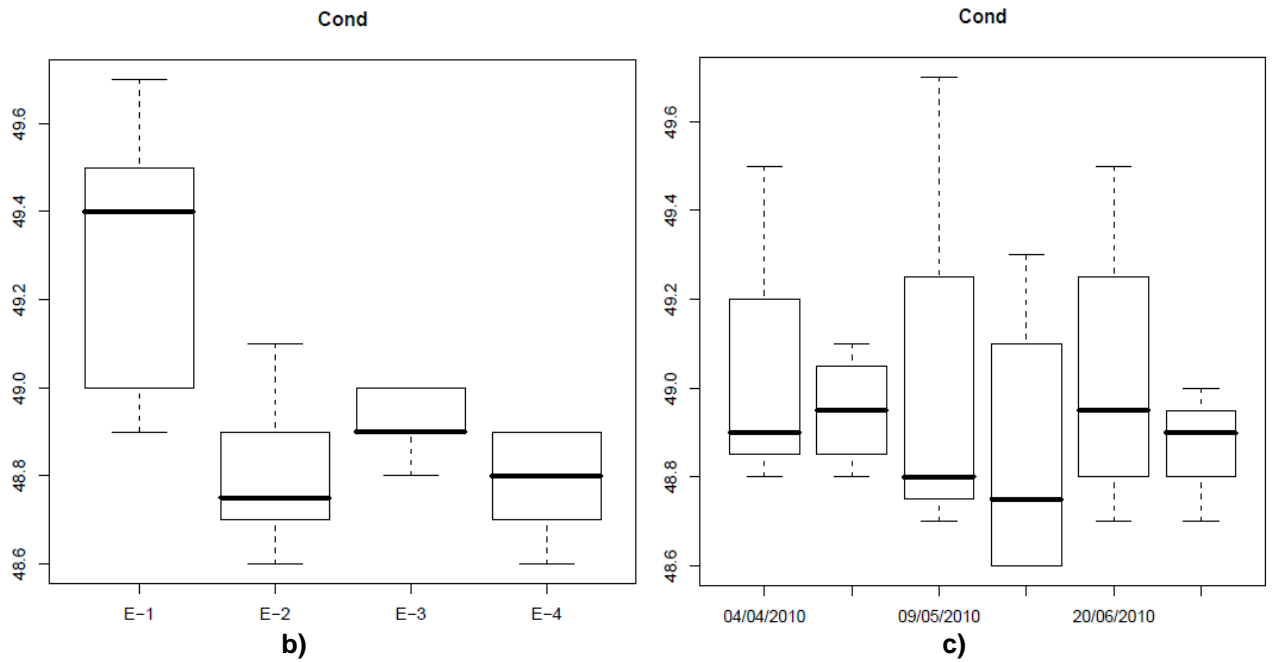
### **7.1.5 Conductividad**

Para este parámetro, el menor valor reportado por este parámetro fue de 48,6  $\mu\text{S/cm}$  para el mes de abril y el mayor valor 49,7  $\mu\text{S/cm}$  en el mes de mayo. La conductividad promedio fue de 48,95  $\mu\text{S/cm}$ .

La figura 10 muestra la variación de la conductividad en cada una de las estaciones de muestreo. Los valores se encuentra en un rango aceptable y los valores altos presentados se deben a que en el agua de mar es normal que se presenten una elevada conductividad, a la que contribuyen la polaridad del agua y la abundancia de iones disueltos. Las sales en agua se disocian en iones. Un ion es un átomo cargado positiva o negativamente y que, por tanto, intercambia electrones con el medio. Pueden absorber y liberar electrones a las partículas vecinas. La conductividad varía sobre todo con la temperatura y la salinidad (a mayor salinidad, mayor conductividad), y su medición permite, una vez controlada la temperatura, conocer la salinidad.



a)



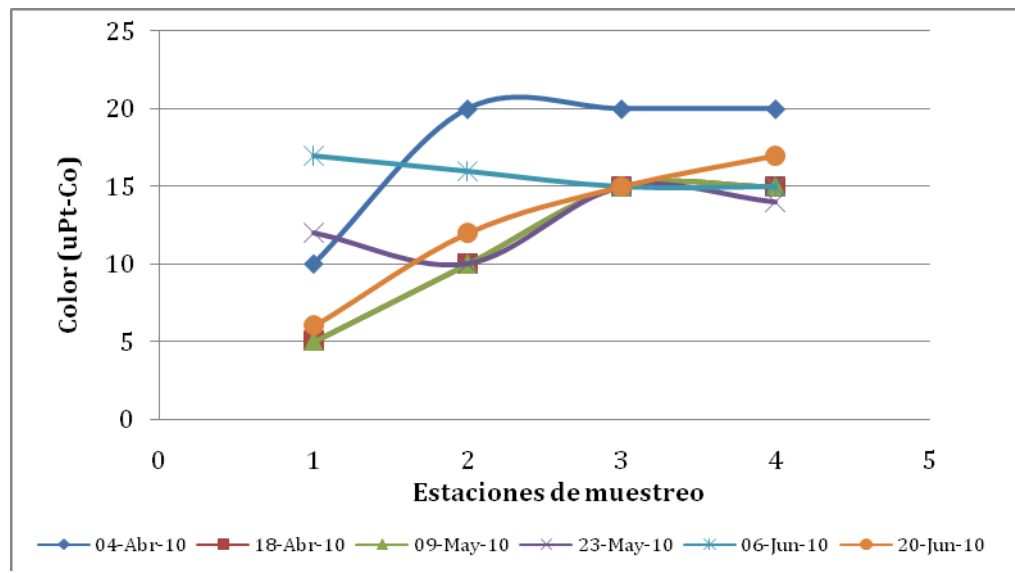
**Figura No. 10: Variación y comportamiento temporal de la Conductividad.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

### **7.1.6 Color**

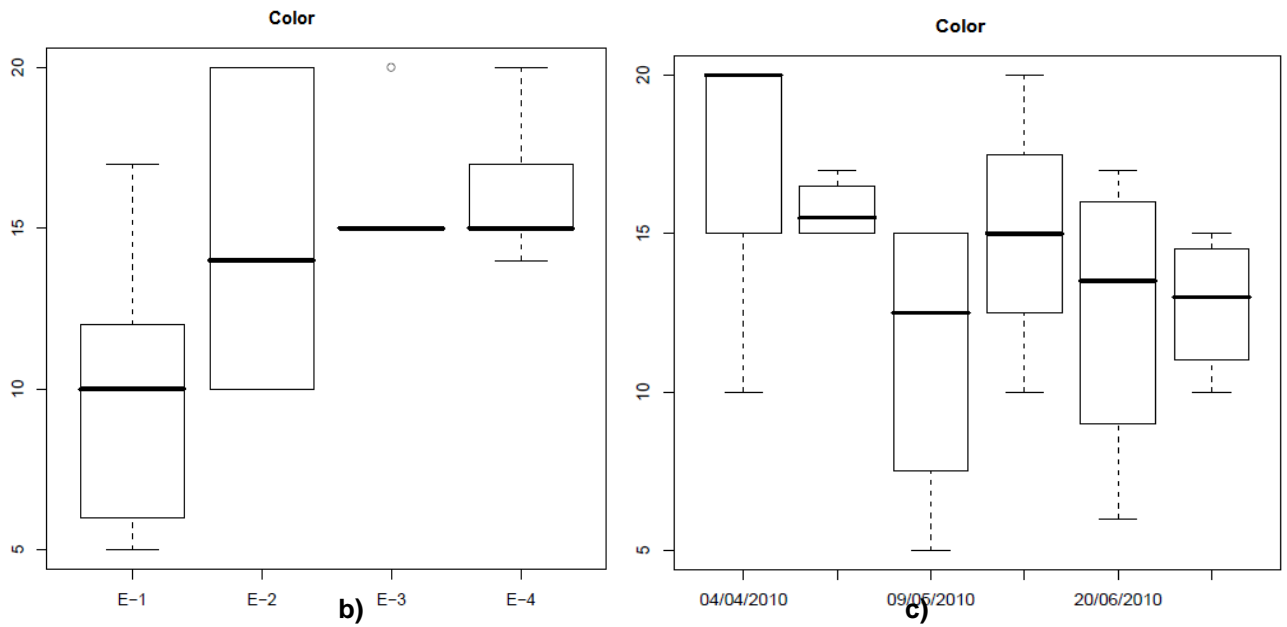
Los resultados obtenidos para el color presentaron un promedio de 14,12 UPS para todas las estaciones. El mayor valor se presentó en las estaciones E-2 – E-4 con un valor de 20 unidades de color y el menor valor se presentó en la estación E-1. En la Figura 11 se presenta la variación del Color en la playa de El Rodadero.

El color en la playa de El Rodadero es normal, los valores más alto se deben a la presencia de compuestos nitrogenados como el amoniacó, los nitratos y las proteínas que reducen la penetración de la luz en el agua, incidiendo en su transparencia; de igual manera, también se le atribuye a la materia suspendida provenientes de las descargar del río y los que generan los bañistas (propagación de la luz en el agua de mar).

Aunque para esta variable no exista un límite establecido, cabe resaltar que es importante para la estética y la buena imagen de la playa en general.



a)



b)

c)

**Figura No. 11: Variación y comportamiento temporal del Color.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

### 7.1.7 Nutrientes

Los nitratos medidos en la playa de El Rodadero, arrojaron resultados muy similares para las estaciones E-1 y E-2. Los valores más altos se obtienen de las estaciones E-3 y E-4 con valores promedios de  $0,28 \pm 0,03$  mg/l de  $\text{NO}_3$ , siendo la E-3 (abril de 2010) más alta con un valor de 0,35 mg/l de  $\text{NO}_3$  y los valores bajos se tienen para la estación E-1 con 0,08 mg/l de  $\text{NO}_3$  (Tabla No. 6 y Figura 12).

**Tabla No. 6.** Valores de Nitratos

ESTACION	Fecha de muestreo					
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10
E-1	0,12	0,08	0,12	0,11	0,12	0,11
E-2	0,11	0,11	0,14	0,13	0,18	0,15
E-3	0,35	0,24	0,27	0,29	0,22	0,21
E-4	0,33	0,31	0,27	0,30	0,34	0,26

**Tabla No. 7.** Resumen estadístico de la variación de Nitratos

ESTACION	Promedio	Máximo	Mínimo	Valor - p
E-1	0.11	0.12	0.08	0.0003388
E-2	0.14	0.18	0.11	
E-3	0.26	0.35	0.21	
E-4	0.30	0.34	0.26	

**Tabla No. 8.** Prueba Kruskal para diferencia de nitratos entre estaciones

ESTACIONES	DIFERENCIA
E-2 - E-1	0,5424286
E-3 - E-1	0,000001
E-4 - E-1	0,0000000
E-3 - E-2	0,0000162
E-4 - E-2	0,0000003
E-4 - E-3	0,2424447

Una vez realizada la prueba estadística *Kruskal* para determinar la diferencia significativa que existe para el nitrato ( $\text{NO}_3$ ) en cada una de las estaciones, debido a que en las estaciones E-1 - E-2 existen un grupo de resultados homogéneos, y en las estaciones E-3 – E-4 otro grupo, por lo que es claro que está ocurriendo un proceso donde se ve afectados los niveles de nitratos para cada una de estas estaciones.

Por su parte, los nitritos, presentan promedios muy similares en cada uno de los meses de muestreo, encontrando el valor más alto, en el mes de mayo, con 0.21 mg/l  $\text{NO}_2$  en la estación E-1, mientras que en el mes de abril, se presentó la concentración promedio de nitritos más baja con un valor de 0,06 mg/l  $\text{NO}_2$  (Figura 13); el mínimo valor encontrado para este nutriente corresponde al mínimo de detección del método.

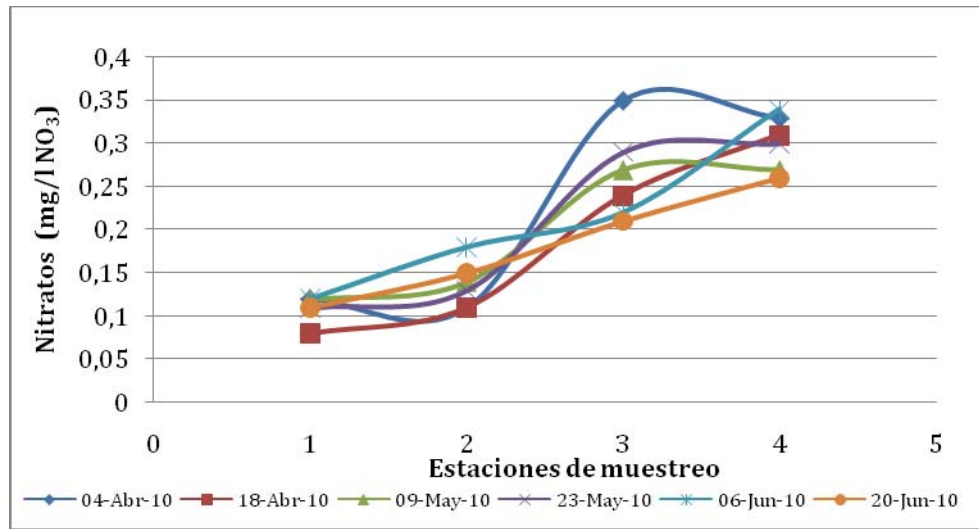
De igual manera, los fosfatos son un elemento importante en el crecimiento de las algas y otros organismos, su exceso contribuye al no deseado fenómeno de Eutrofización, se modifican las condiciones de la masa de agua con una pérdida importante de su calidad, tanto sanitaria como ecológica. (Ruiz Mateo et al., 1994).

Para este parámetro, las concentraciones variaron entre 0,08 y 0,14 mg/l. El máximo valor se presentó en la estación E-4 con un valor de 0,14 mg/l y el valor

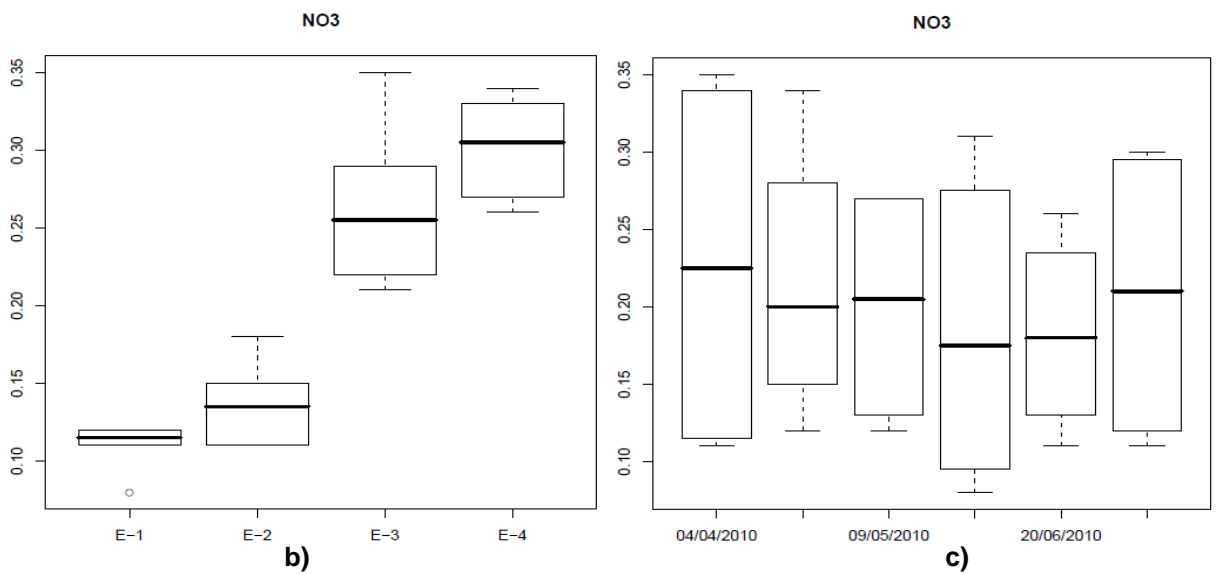
más bajo para la estación E-2 con un valor de 0,08 mg/l. En promedio, los valores se encuentran en  $0,10 \pm 0,01$  mg/l (Figura 14).

Se observa que la concentración de fosfatos presente en la playa en general es baja, esto puede ser debida a las características que presentan las aguas de latitudes tropicales (Comunicación personal: Montalvo, 2009). Siendo las fuentes antrópicas el motivo por el que esta agua pueda presentar una mayor concentración de fosfatos.

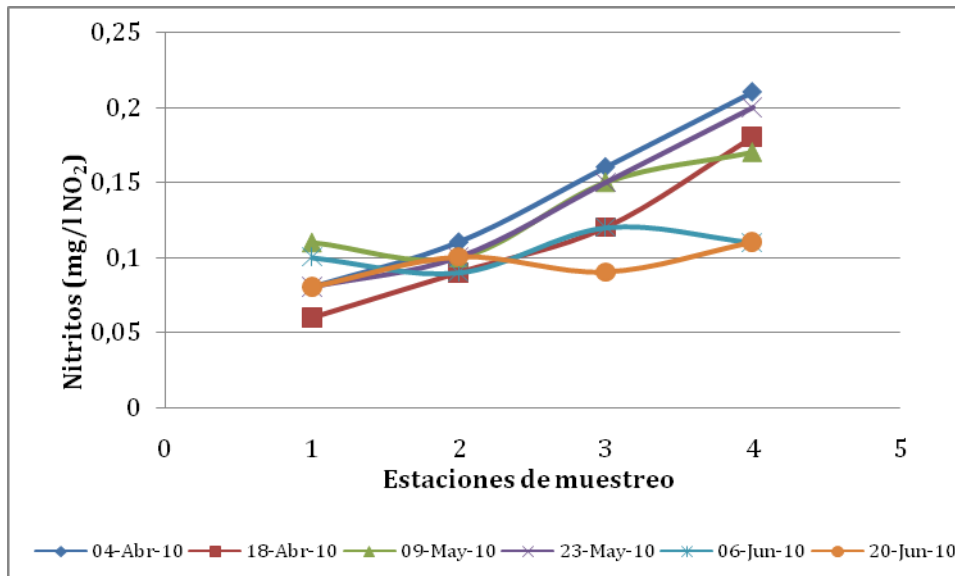
Finalmente, es de resaltar que las aguas costeras del Caribe, no contaminadas, reportan niveles combinados de nitratos/nitritos de 0,70 mg/l y niveles de fosfatos de 0,1 mg/l comparado con niveles  $>4$  y 0,5-1,5 mg/l respectivamente en sitios contaminados (Bellairs Research Institute 1989). En el caso de El Rodadero, los niveles de *nitratos/nitritos* y *fosfatos* en las estaciones de muestreo se encuentran por debajo de estos valores (Tabla 5), lo que indicaría que no existe problemas por enriquecimiento de nutrientes en las aguas marinas de la zona. Esto no significa que no existan problemas de eutrofización para los ecosistemas y se pueda afectar la calidad de las aguas y por ende la calidad ambiental de la playa.



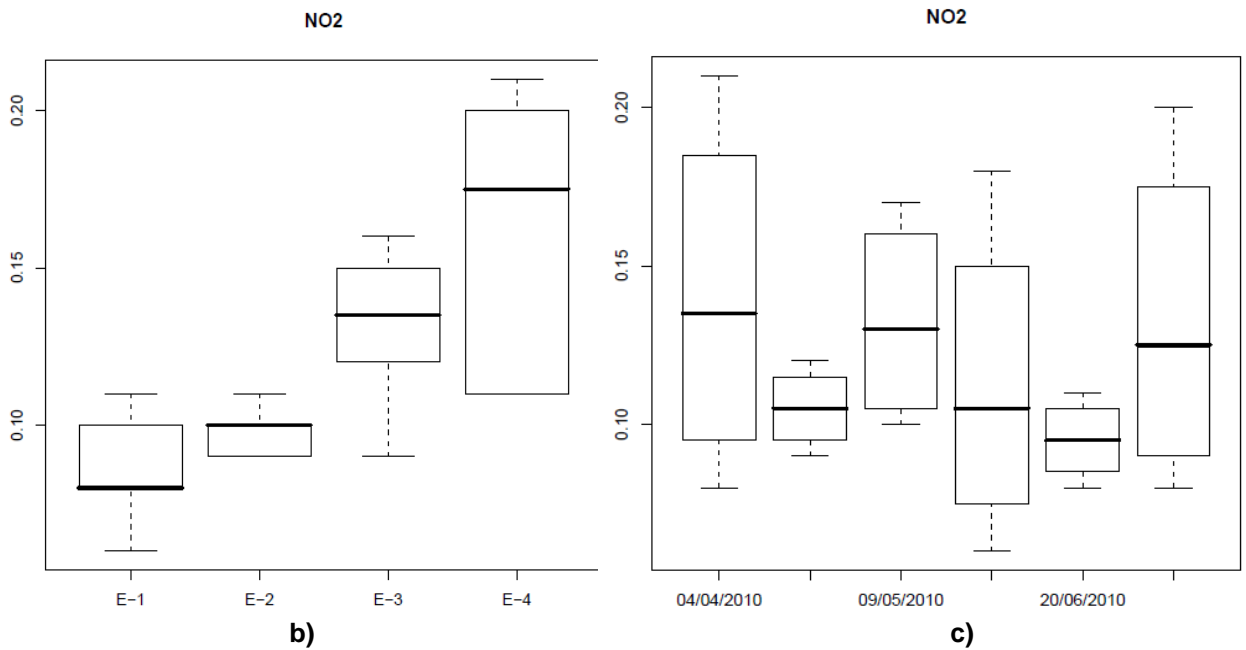
a)



**Figura No. 12: Variación y comportamiento de los Nitratos.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

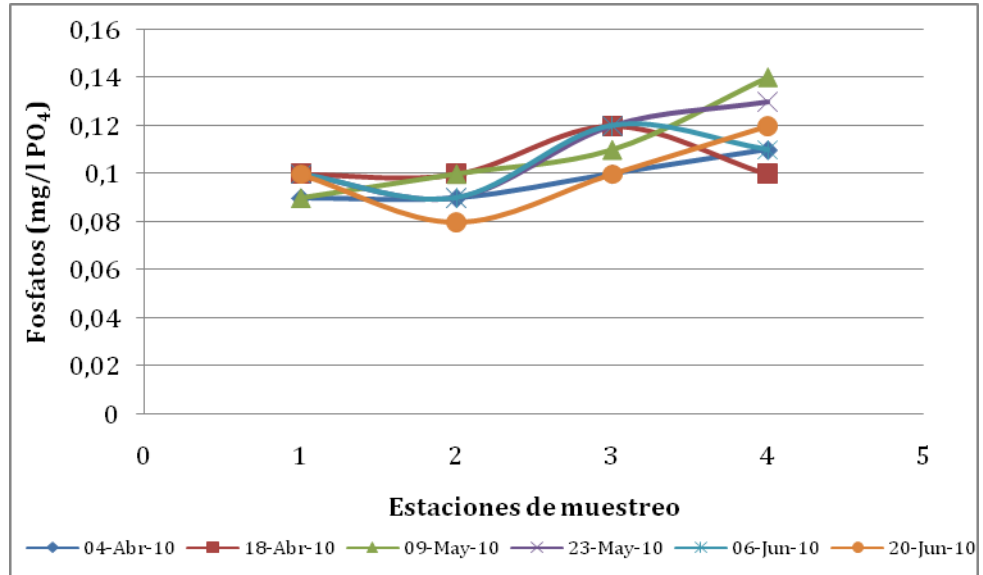


a)



**Figura No. 13: Variación y comportamiento de los Nitritos.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

Figura No. 14:



a)

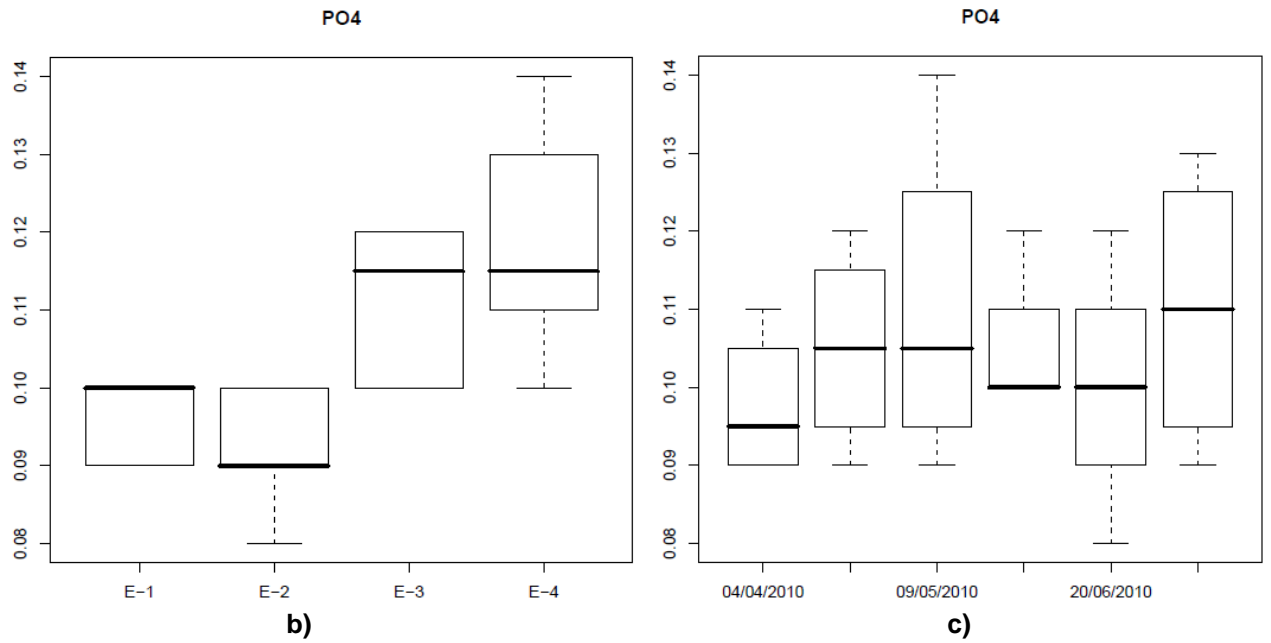


Figura No. 15: Variación y comportamiento de los Fosfatos. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

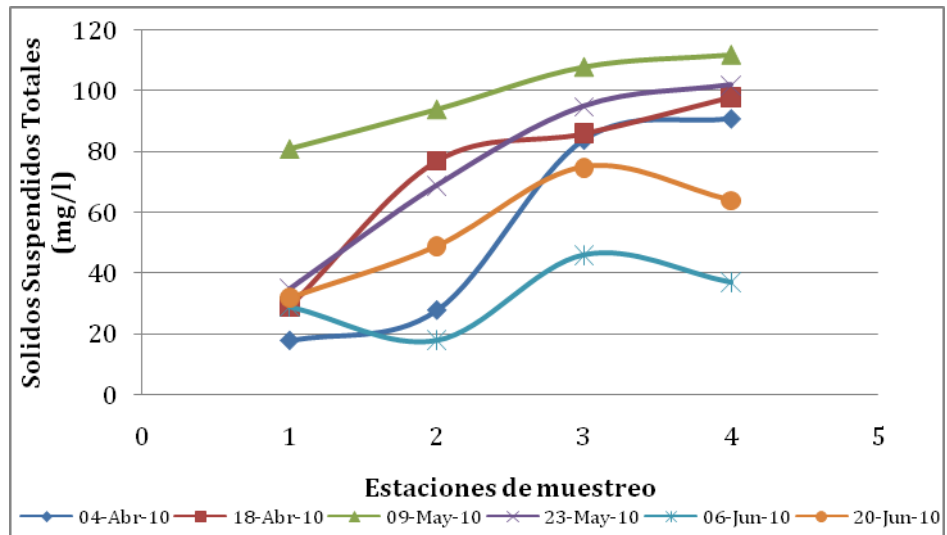
### **7.1.8 Sólidos Suspendidos Totales**

Los sólidos suspendidos en las aguas costeras son producto, principalmente, de las descargas de aguas residuales o de aportes de ríos, en las costas donde desembocan, o provenir de sedimentos terrígenos que llegan al mar por escorrentías de las aguas y/o resuspensión de sedimentos marinos por acción de las corrientes marinas y el oleaje.

El Rodadero es una playa que se encuentra influenciada por el aporte de sedimentos que hace el Río Gaira al Mar Caribe y de los daños que ocurren en el alcantarillado de la zona, el cual es sometido a caudales superiores a los de su diseño original, especialmente en la Carrera 1° y la Avenida Tamacá (Bolaño y Castro, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, la fuente de SST es por las descargas de aguas residuales y los sedimentos que el río aporta a la zona. En la figura 16, se muestra que para las estaciones E1-E-4, los sólidos suspendidos presentaron un valor promedio de 64,87 mg/l. El valor más alto fue de 112 mg/l en la estación E-4 y el valor más bajo 18,0 mg/l se reportó en el punto E-1.

En las estaciones E-3 y E-4 los promedios fueron los más altos, con valores entre 37 y 112 mg/l, comparados con las otras estaciones cuyos valores oscilaron entre 18 y 94 mg/l. Estas estaciones (E-3 y E-4) se han visto influenciadas a lo largo del tiempo por descargas directas de aguas residuales cuando ocurren daños en el alcantarillado de la zona y los aportes sedimentarios del Río Gaira, lo que causa los altos niveles de sólidos suspendidos.



a)

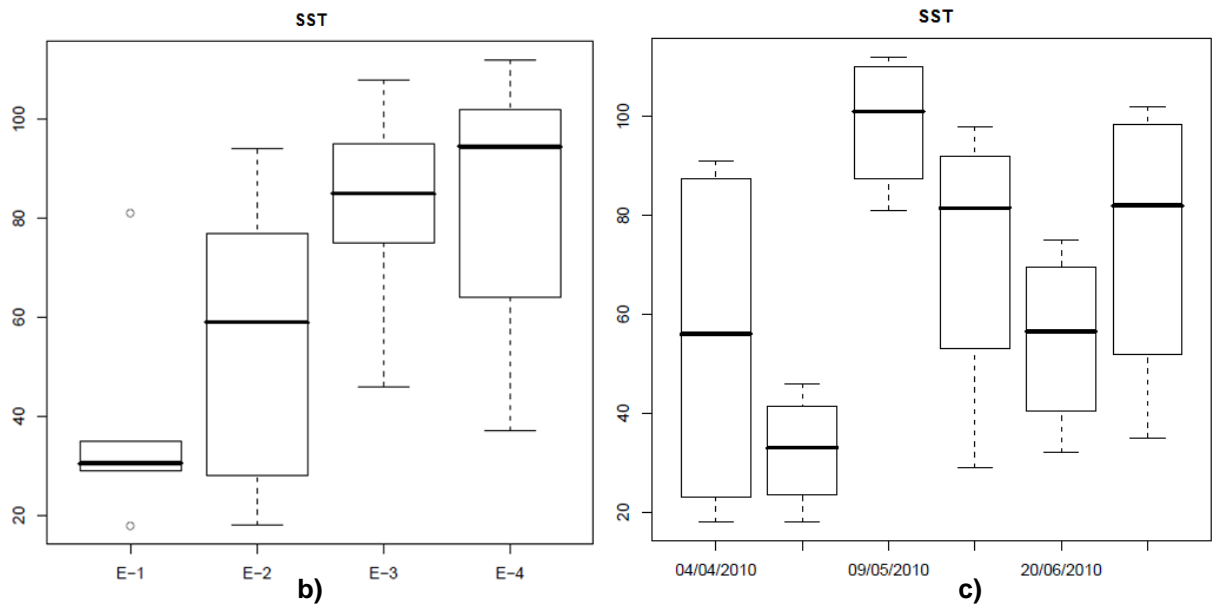
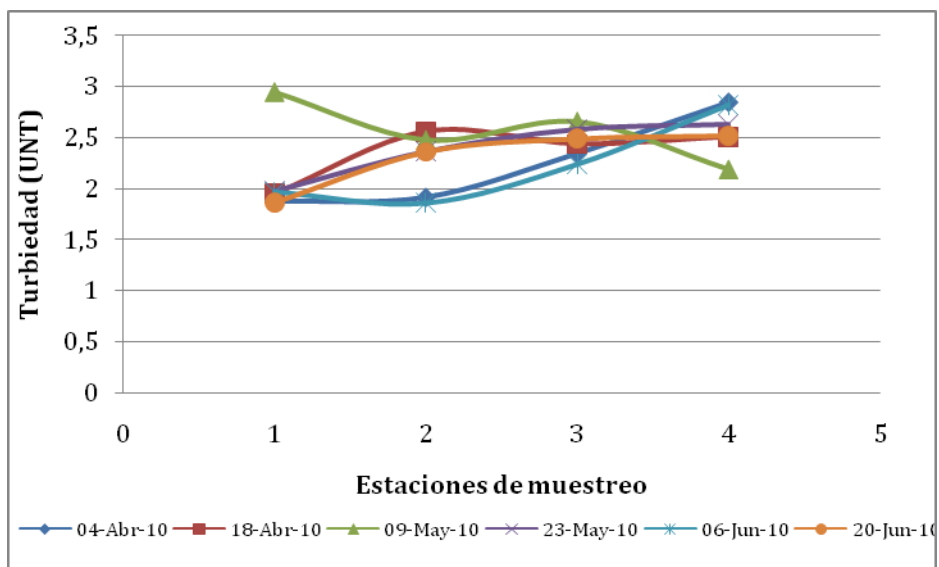


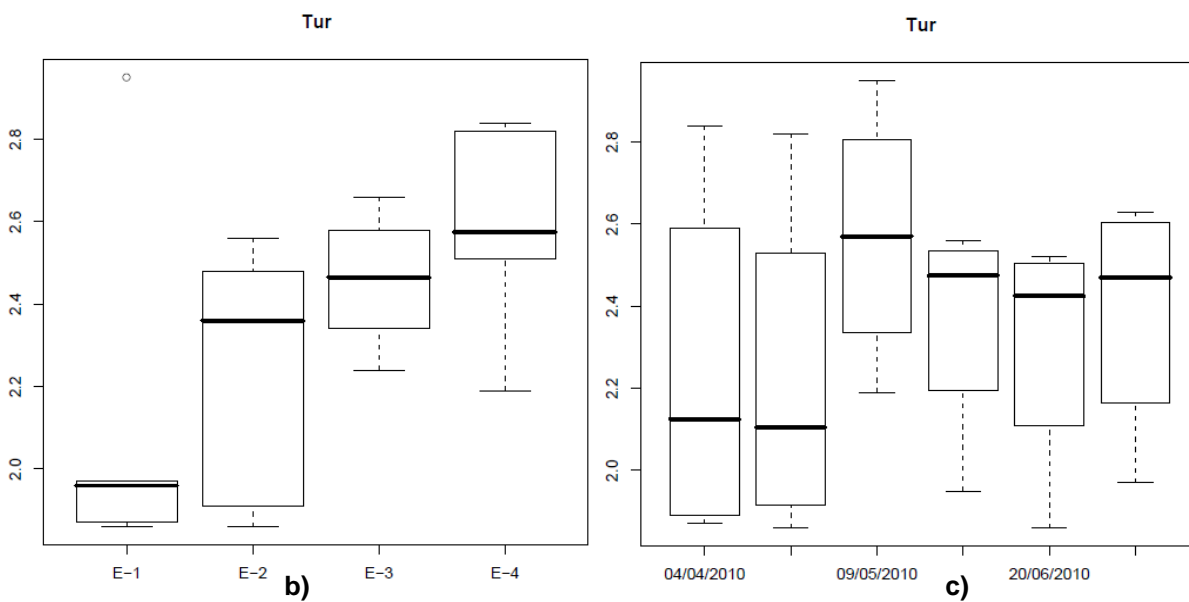
Figura No. 16: Variación y comportamiento de los Sólidos Suspending Totales. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

### **7.1.9 Turbiedad**

La turbiedad es una variable fisicoquímica que se relaciona con el contenido de materiales suspendidos que interfieren el paso de la luz a través del agua (Roldán, 1989). Se registro un valor de turbiedad máximo de 2,95 UTN en la estación E-1 para el primer muestreo (Abril 4 de 2010) y un valor mínimo de 1,86 UTN en la misma estación (Junio 20 de 2010). La turbiedad promedio fue de 2.34 UTN. Indicando que en la zona de baño para los turistas, no se afectan los procesos fotosintéticos, debido a los bajos valores reportados por este parámetro. En la Figura 16 se presenta la variación de la Turbiedad en la playa de El Rodadero entre los meses de Abril – Junio de 2010 (figura 17).



a)



**Figura No. 17: Variación y comportamiento de la Turbiedad.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

### 7.1.10 Grasas y Aceites

Las grasa y aceites son consideradas variables importantes a tener en cuenta en la calidad ambiental de las zonas marinas o estuarinas, en los límites permisibles del Decreto 1594 de 1984 no deben encontrarse concentración alguna de este parámetros en las aguas de contacto primario. Para esta investigación, el mínimo valor encontrado para esté nutriente corresponde al mínimo de detección del método. Sin embargo, la estación E-4 (zona de embarcaciones turísticas) reporto los valores más altos, con un promedio de 0,88 mg/l, y lo valores más bajo se dieron en la estación E-1 con valores entre 0,08 mg/l y la no detección de esta variable para la fecha del 18 de abril de 2010 (Tabla No. 9 y figura 18).

**Tabla No. 9.** Valores de Grasas y Aceites

ESTACION	Fecha de muestreo					
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10
E-1	0,08	ND	0,11	0,12	ND	0,08
E-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E-3	0,11	0,14	0,13	0,14	0,15	0,10
E-4	0,12	0,16	0,15	0,16	0,18	0,11

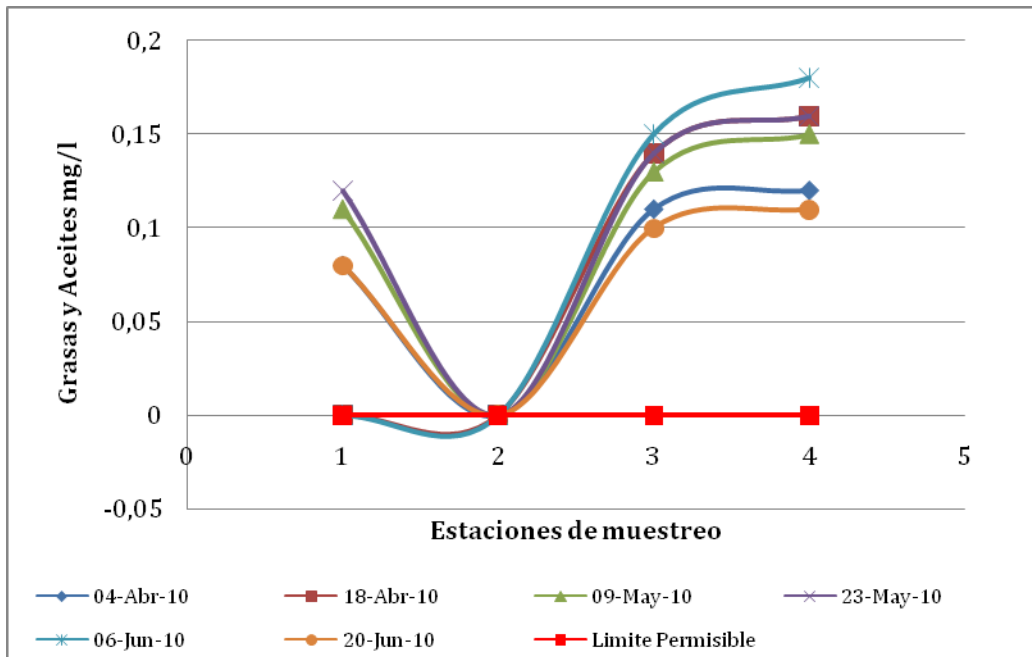
**Tabla No. 10.** Resumen estadístico de la variación de Grasas y Aceites

ESTACION	Promedio	Máximo	Mínimo	Valor – p
E-1	0.10	0.12	0.08	0.00991
E-2	ND	ND	ND	
E-3	0.13	0.15	0.10	
E-4	0.15	0.18	0.11	

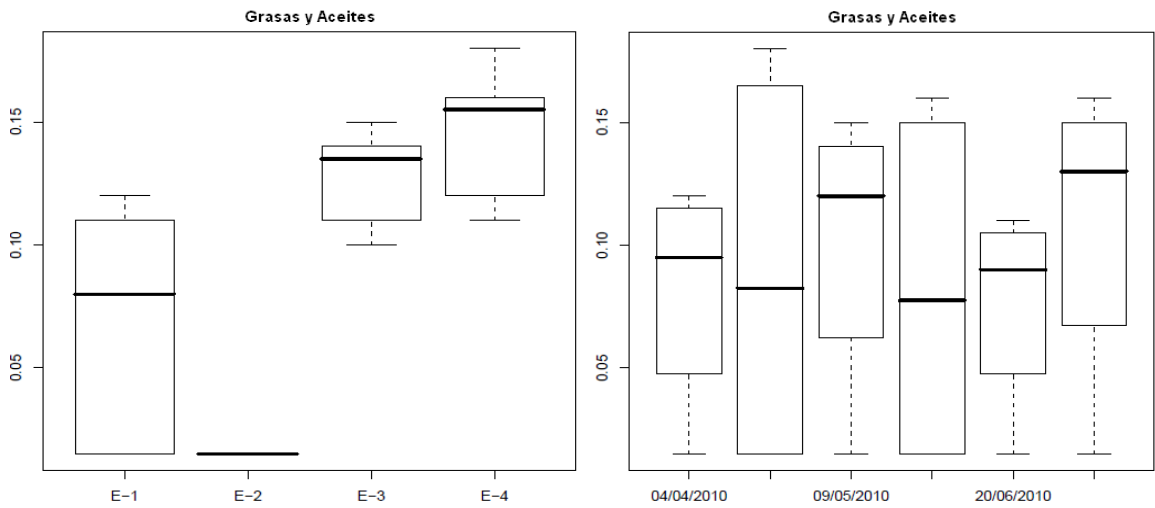
**Tabla No. 11.** Prueba Kruskall para diferencia de Grasas y Aceites entre estaciones

<b>ESTACION</b>	<b>DIFERENCIA</b>
E-2 – E-1	0.0141061
E-3 – E-1	0.0089403
E-4 – E-1	0.0006852
E-3 – E-2	0.0000049
E-4 – E-2	0.0000005
E-4 – E-3	0.6752801

De acuerdo al resultado arrojado por la prueba estadística Kruskal, se observa que en entre la estación E-2 y el resto de las estaciones, la diferencia es muy significativa, sin embargo, es de resaltar que aunque esta variable no se haya detectado en esta estación, no significa que exista problema alguno, al contrario, estos resultados pudieron ser producto erróneo al momento de procesar las muestras de agua, debido a que el uso de bloqueadores y bronceadores por parte de los turistas, permite demostrar que las grasas y los aceites siempre estarán presentes en estas zonas.



a)



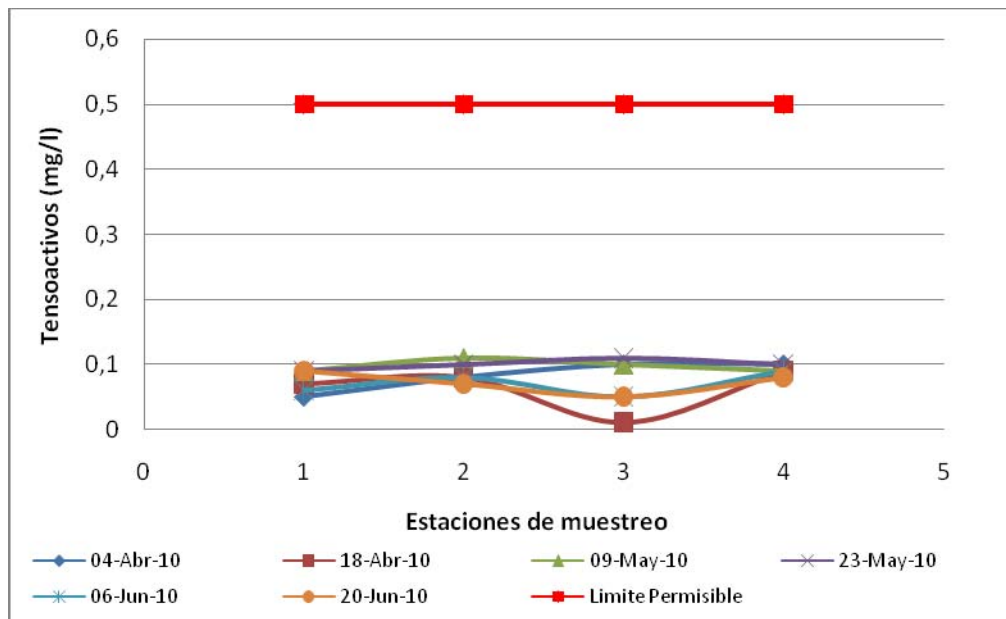
b)

c)

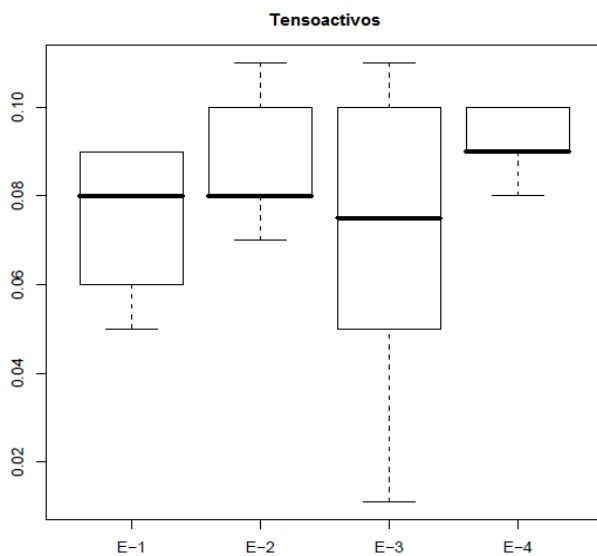
**Figura No. 18: Variación y comportamiento de Grasas y Aceites.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

### **7.1.11 Tensoactivos (Espumas)**

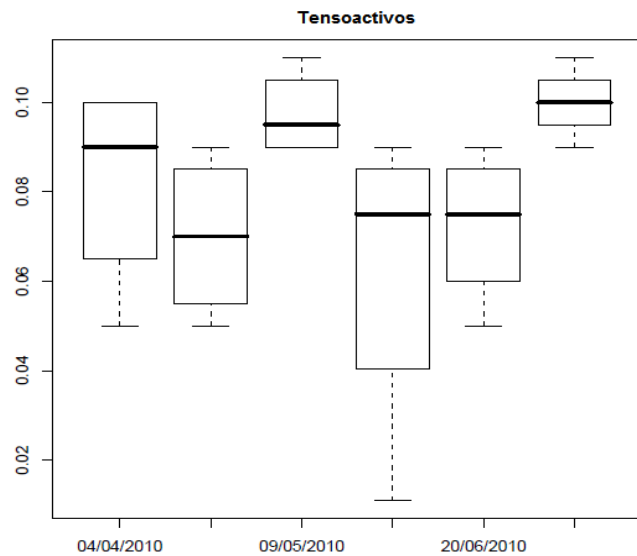
Los Tensoactivos o espumas se deben principalmente a las descargas de aguas domesticas o industriales al mar u otra fuente de agua, a pesar que visualmente en la playa de estudio no se detecto la presencia de esta variable, se considero importante su estudio. Los valores que arrojaron los resultados demuestran que en la playa la presencia de este parámetro es de manera relativa y no sobrepasan los límites permisibles descritos en el Decreto 1594 (0,5 mg/l) (figura 18). Las estaciones con valores más altos fueron E-2 y E-3 (0,078 mg/l) y el valor más bajo se obtuvo en la estación E-3 con 0,011 mg/l.



a)



b)

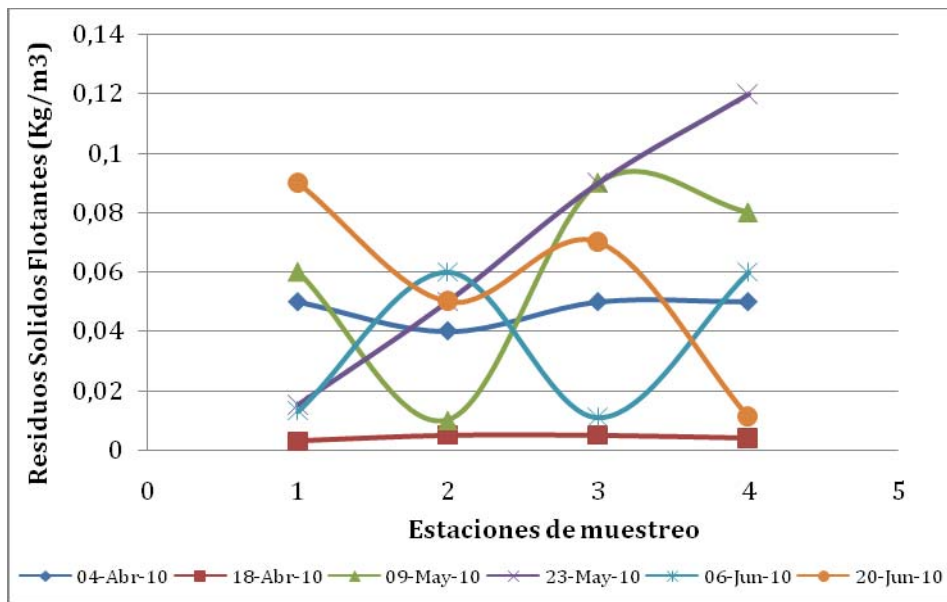


c)

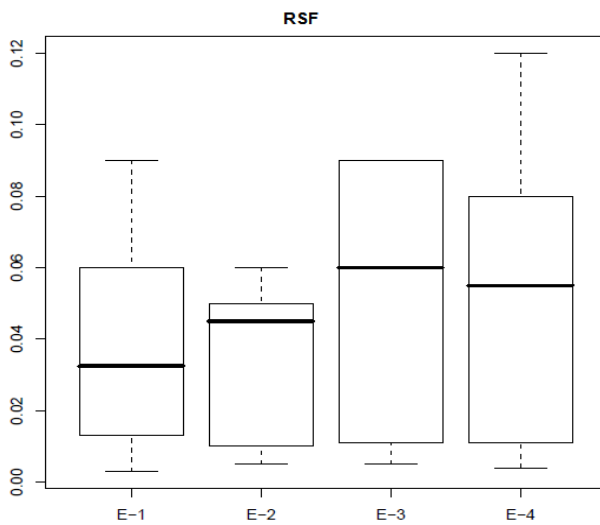
**Figura No. 19: Variación y comportamiento de los Tensoactivos.** a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

### **7.1.12 Residuos Sólidos Flotantes**

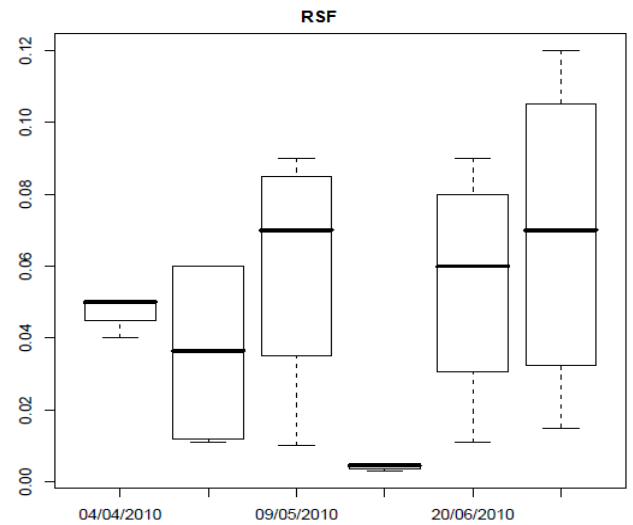
Los residuos sólidos flotantes constituyen ser parte esencial en la valoración de la calidad ambiental y visual de una playa turística. Este parámetro reporto valores entre 0,003 y 0,12Kg/m<sup>3</sup>, con un promedio 0,045 Kg/m<sup>3</sup>. Los valores más bajo se reportaron para la segunda (2<sup>da</sup>) fecha de muestreo (18 de abril de 2010) con valores entre 0,003 y 0,005 Kg/m<sup>3</sup>. Y los más altos los obtuvo la estación E-4 con un valor de 0,12 Kg/m<sup>3</sup> (figura 19).



a)



b)



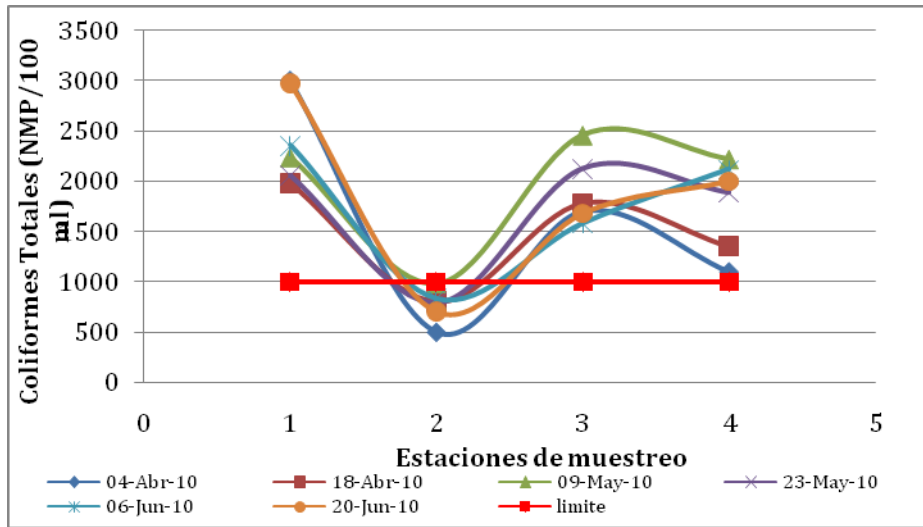
c)

**Figura No. 20: Variación y comportamiento de los Residuos Sólidos Flotantes. a)** Variación en cada fecha y estación de muestreo. **b)** Comportamiento por estación **c)** Comportamiento por fecha de muestreo.

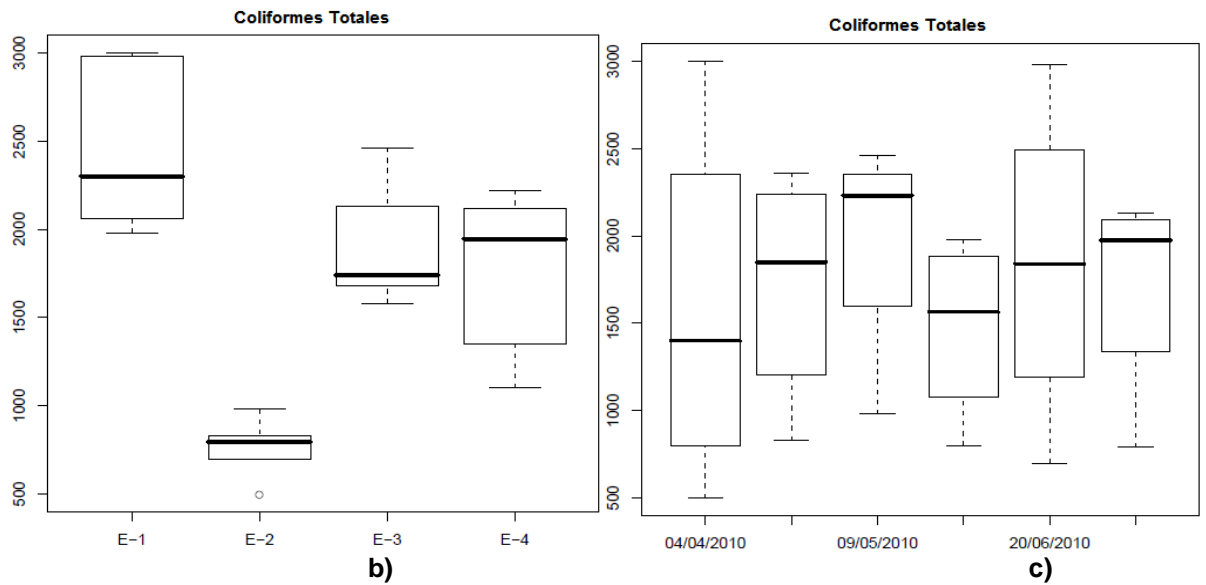
### **7.1.13 Coliformes Totales**

Para este parámetro, la estación E-1 presentó la mayor concentración con un valor de 3000 NMP/100 ml y la menor concentración en la estación E-2 con un valor de 500 NMP/100 ml. El promedio de este parámetro fue de 1718 NMP/100 ml. Al comparar las concentraciones reportadas con el Art. 42 del Decreto 1594 del 1984, se demuestra que los valores de la mayoría de las muestras procesadas de las estaciones E-1, E-3 y E-4 sobrepasan los límites establecido por la norma (1000 microorganismos /100 ml) y representan un riesgo potencial de adquirir enfermedades, ya sean dérmicas, gastrointestinales, etc. En la figura 20 se representa gráficamente la variación de este parámetro.

Como ya se menciona, la estación E-1 es la que presenta los valores más altos para esta variable, y por ende se encuentra en una situación crítica, esto se debe a que en el recorrido del Canal de la Escollera (Ubicación de la estación) se están haciendo vertimientos de aguas servidas sin tratamiento alguno, lo que se encuentra afectando la calidad del agua y con ello la calidad ambiental de la playa (Ver anexos fotográficos 2.3 y 2.4).



a)



b)

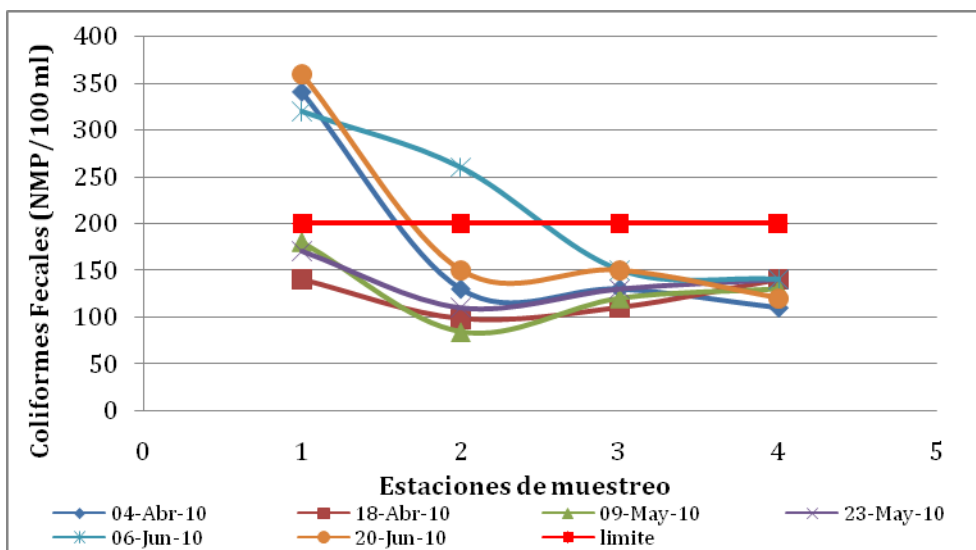
c)

**Figura No. 21: Variación y comportamiento temporal de los Coliformes Totales. a)** Variación en cada fecha y estación de muestreo. **b)** Comportamiento (realizado en Bloxplot) por estación **c)** Comportamiento por fecha de muestreo.

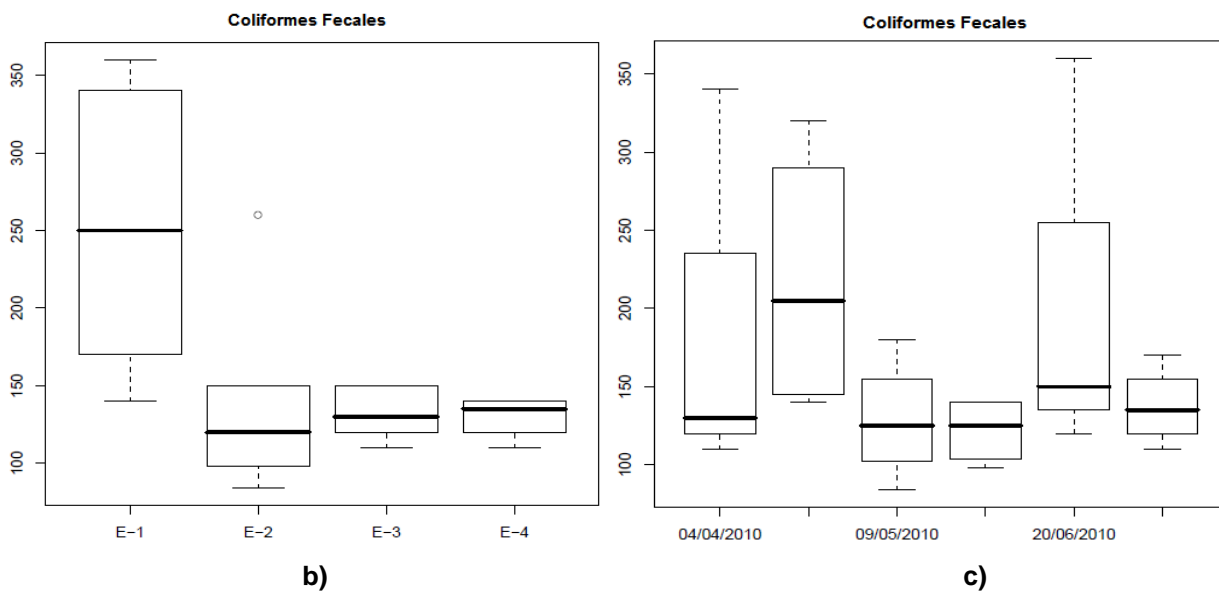
#### **7.1.14 Coliformes Fecales**

Los resultados obtenidos para cada punto de muestreo son los indicados en la Figura 21.

Los resultados reportaron un promedio de 652 NMP/100 ml. El valor más alto se presentó en la estación E-1 con una concentración de 340 NMP/100 ml y el más bajo reportado en la estación E-2 con un valor de 84 NMP/100 ml, encontrándose esta variable sobrepasando los límites admisibles dentro del decreto 1594 de 1984 (200 NMP/100 ml) en las estaciones E-1 y E-2 con valores promedios de 300 NMP/100 ml.



a)



b)

c)

**Figura No. 22: Variación y comportamiento temporal de los Coliformes Fecales. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.**

En el caso de El Rodadero, la estación más crítica, según los límites para *Coliformes Totales*, es la E-1, ya que sobrepasa los límites admisibles para esta variable en casi un 200%. Este comportamiento se explica en buena parte por las características de ubicación de cada estación.

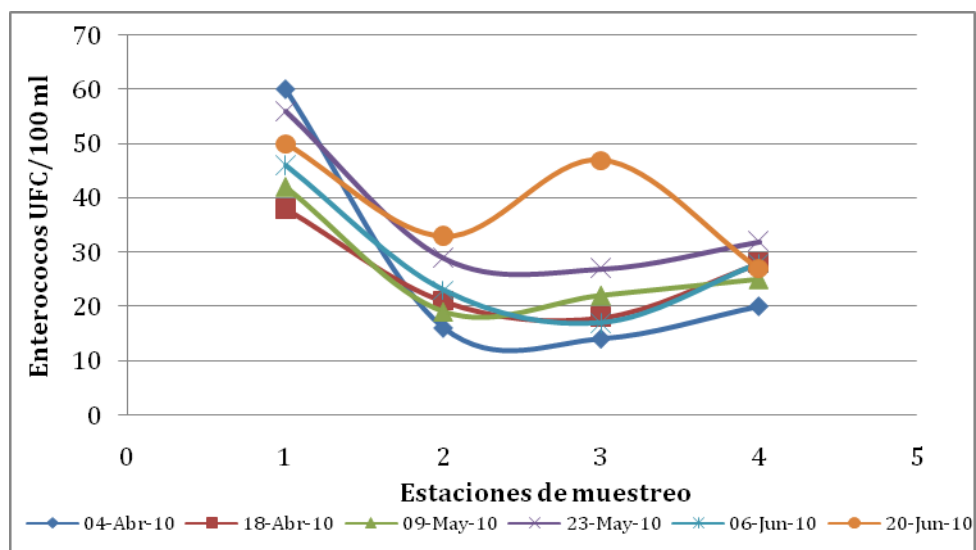
Otros países también han establecido algunos límites admisibles para Coliformes en sus costas. Y en términos generales, la estación que sobrepasa los límites de la norma nacional también sobrepasa los propuestos en otros sitios del mundo. Por ejemplo, La Florida ha establecido un límite para Coliformes Totales menor a 1000 NMP/100 ml y Ecuador un límite para Coliformes Fecales de 200 NMP/100 ml. Ambos sobrepasados por la estación E-1, por lo que se debe prestar mayor atención, ya que se pueden presentar consecuencias ambientales para la playa.

Valores tan altos de patógenos fecales en varias estaciones de la playa deberían ser un llamado de atención para un mejor manejo de las aguas de baño. La alta carga de turistas tiene un impacto relevante sobre la calidad de su agua costera, que es la primera fuente de ingresos para la población, sea por turismo y la actividad pesquera en la zona.

### **7.1.15 Enterococos**

Los Enterococos en un estudio de calidad ambiental indican la presencia o ausencia de organismos patógenos, revelándose como causa de infecciones nosocomiales (*Escherichia Coli*) y de una variedad de infecciones adquiridas en la comunidad, además de ser intrínsecamente resistentes a un número de agentes antimicrobianos. La estación E-1 reportó los valores más altos para este parámetro encontrándose con valores entre 38 y 60 UFC/100 ml. Y los más bajos los obtuvo la estación E-3 con un valor de 14 UFC/100 ml (figura 23). El promedio total de este parámetro se encuentra en 31 UFC/100 ml.

Aunque los valores que arrojan las pruebas para los Enterococos no son alarmantes para la playa se deben tomar preocupaciones ya que estos son resistentes a condiciones adversas a condiciones de temperatura, pH, y salinidad, lo que puede ser una de las razones por la cual en la estación E-1 reportó un valor más alto.



a)

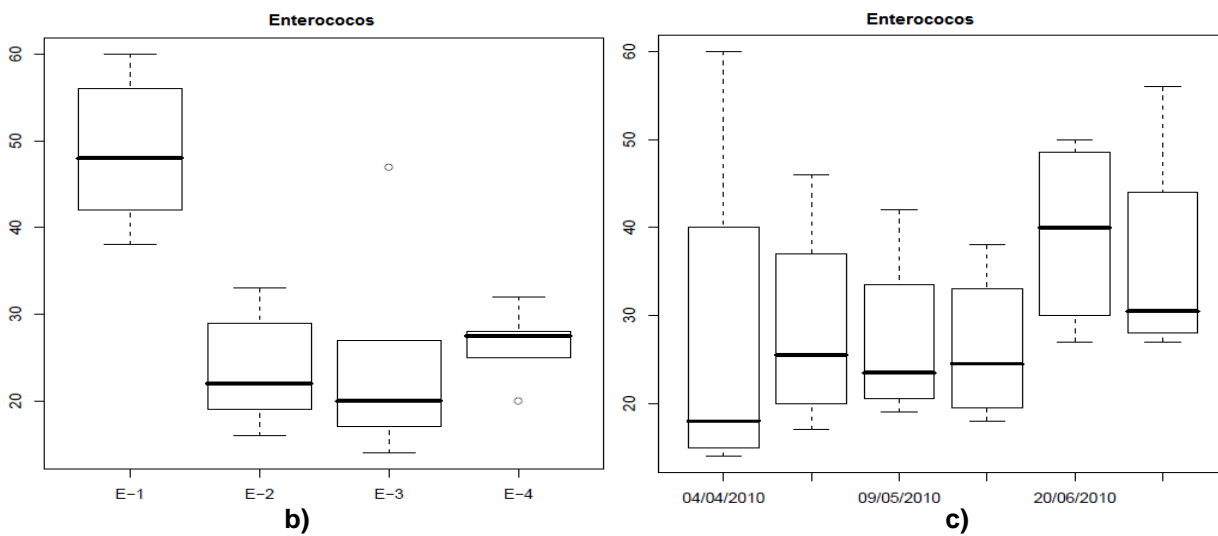


Figura No. 23: Variación y comportamiento de los Enterococos presentes en el agua de baño. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

## 7.2 CONCENTRACIONES PARA LOS PARAMETROS O VARIABLES DE LA ARENA DE LA PLAYA

Para determinar la calidad ambiental de una playa turística es importante tener en cuenta la arena de la misma. En la tabla 12 se muestra la composición analizada en la arena de la playa de El Rodadero.

**Tabla No. 12.** Composición físico-química y microbiológica de la arena de la playa de El Rodadero

Fecha	04-Abr-10				18-Abr-10				09-May-10				23-May-10				06-Jun-10				20-Jun-10			
PARAMETROS	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
Olores desagradable %	1	0.5	2	0.5	2	0.5	0	1	1	0	1	1	2	1	0	1	2	0.5	0.5	1	1	0.5	1	1
Residuos Solidos (kg/m <sup>2</sup> )	0.045	0.054	0.048	0.024	0.022	0.033	0.021	0.032	0.028	0.035	0.084	0.040	0.041	0.05	0.086	0.060	0.04	0.055	0.078	0.047	0.046	0.068	0.074	0.07
Coliformes Totales NMP/ml	500	2400	40	20	700	300	800	240	600	1300	980	600	700	1500	230	30	600	630	160	440	800	1650	760	320
Coliformes Fecales NMP/ml	20	70	20	20	20	100	140	60	30	90	240	40	30	80	150	50	20	90	30	60	31	110	130	30
Enterococos UFC/ml	24	160	16	48	62	35	29	16	50	32	30	24	44	68	26	32	52	120	35	52	60	96	27	24

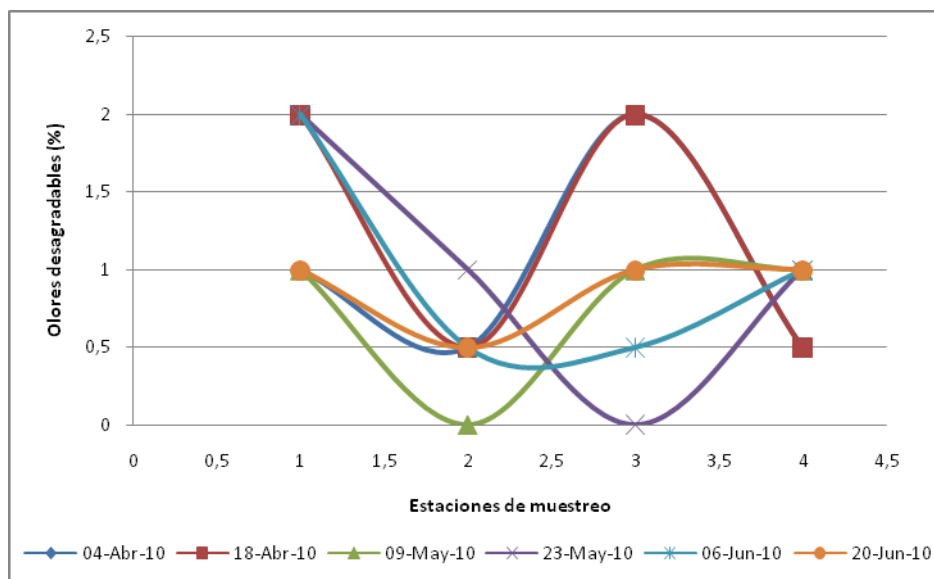
**Fuente:** Elaboración propia

### **7.2.1 Olores desagradables**

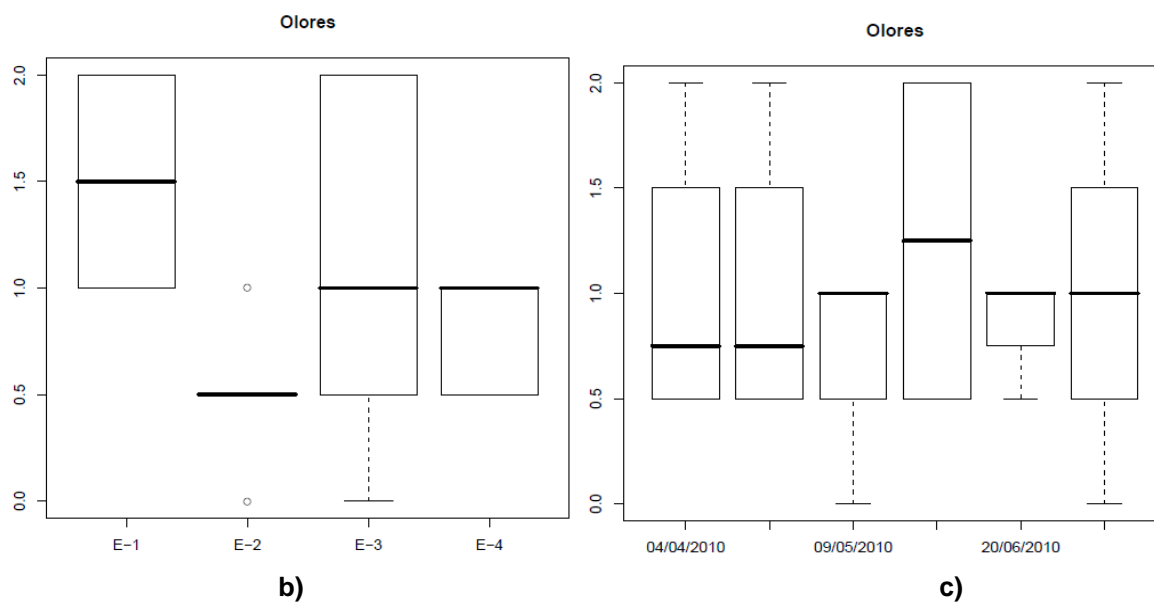
Los olores desagradables son percepciones olfativas que son incómodas para la mayoría de las personas, siendo la mayoría como mínimo el 50% de la población afectada (Botero, 2002).

Esta variable medida en la zona de playa, arrojó resultados muy bajos, debido a que en la playa se presentan muy pocos olores, sin embargo, los valores más altos los obtuvo la estación E-1 con valores promedios de 2% y los más bajos en la estación E-2 con valores entre 0 y 1% (figura 24).

Estos olores se presentaron en las zonas cercanas donde se encuentran los baños públicos que están dentro de la playa, debido a las pocas condiciones de higiene que se manejan para estos.



a)

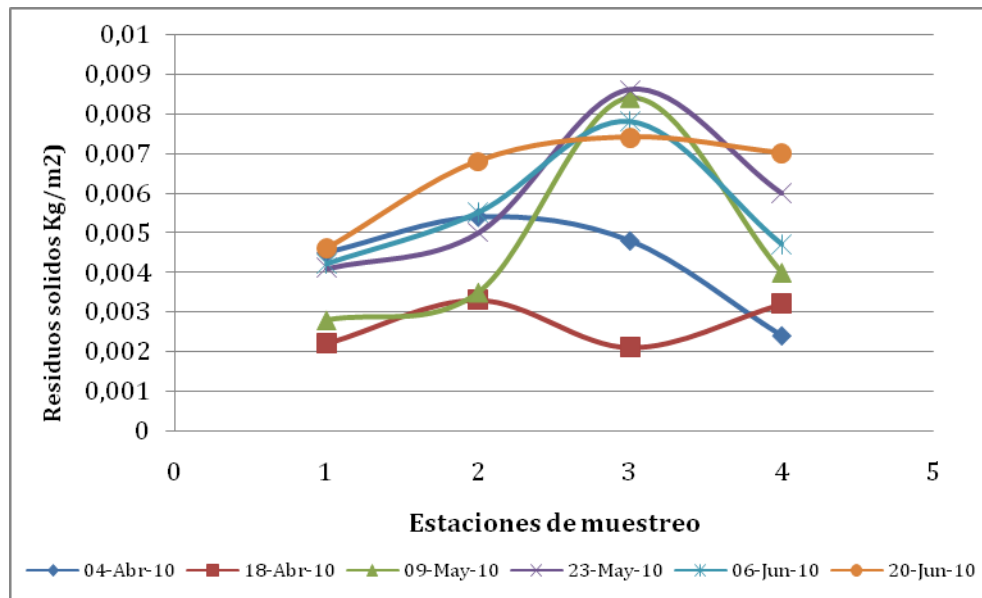


**Figura No. 24: Variación y comportamiento temporal de los Olores Desagradables presentes en la zona de playa. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.**

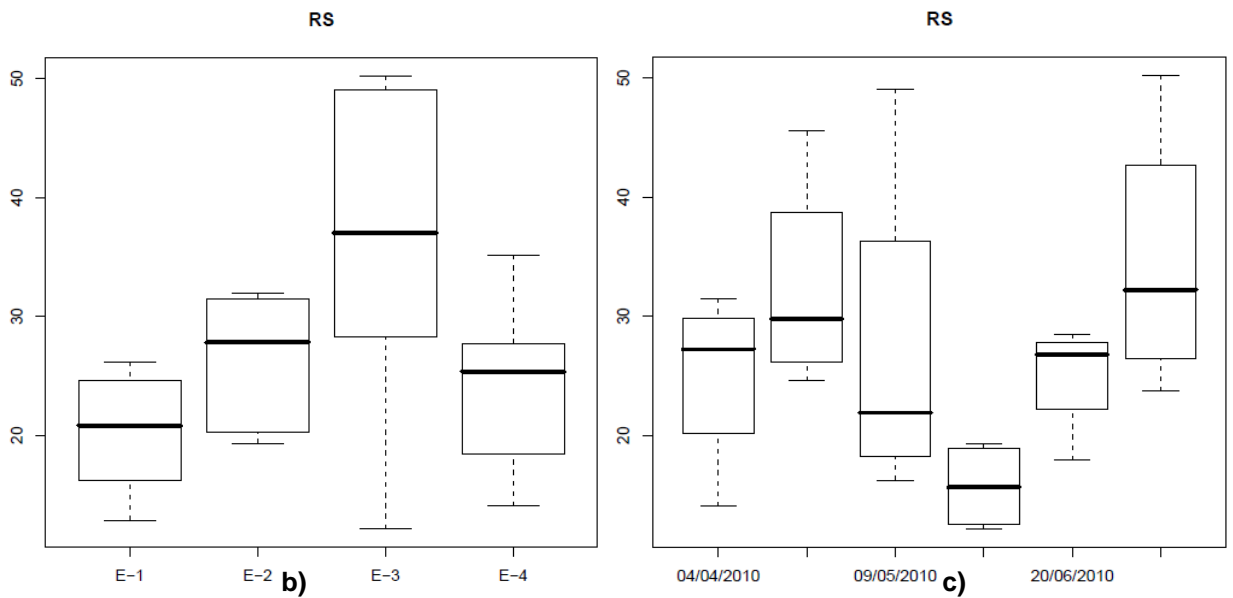
### **7.2.2 Residuos Sólidos**

Los residuos sólidos presentes en la arena son unos de los factores más importantes al momento de determinar la calidad ambiental de una zona turística, teniendo en cuenta que además, se genera contaminación de tipo visual lo que llevaría a que el interés del lugar hacia el turista sea opaco. La figura 25 muestra como varían las concentraciones de residuos sólidos encontrados en la arena de la playa. Los valores oscilan entre 0,0021 – 0,0046 Kg/m<sup>2</sup>. Encontrándose la estación E-3 con el valor más representativo de 0,0086 Kg/m<sup>2</sup> y el más bajo en estación E-1 con 0,0021 Kg/m<sup>2</sup>.

El aumento de los residuos sólidos en la playa se debe a la falta de recipientes de disposición temporal y a la actitud cultural de la población turística.



a)

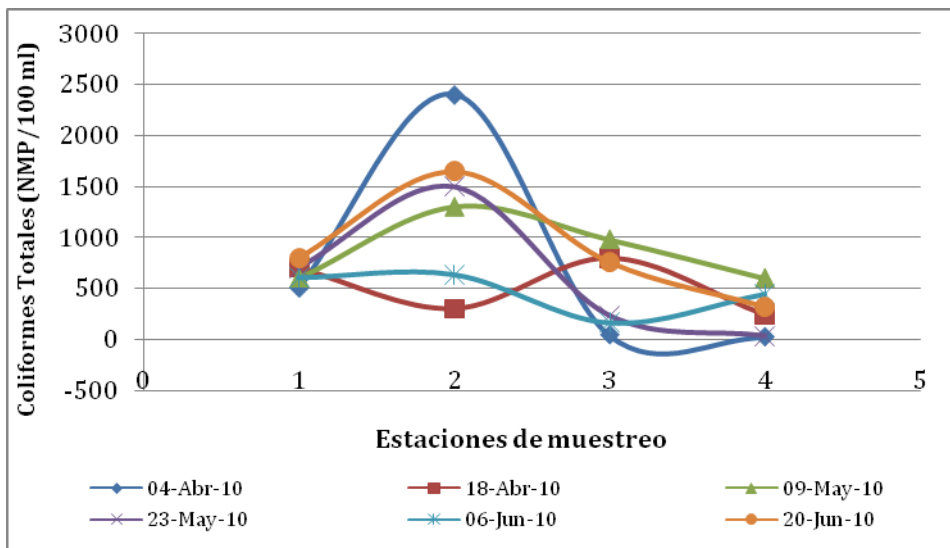


**Figura No. 25: Variación y comportamiento temporal de los Residuos Sólidos presentes en la zona de playa. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo**

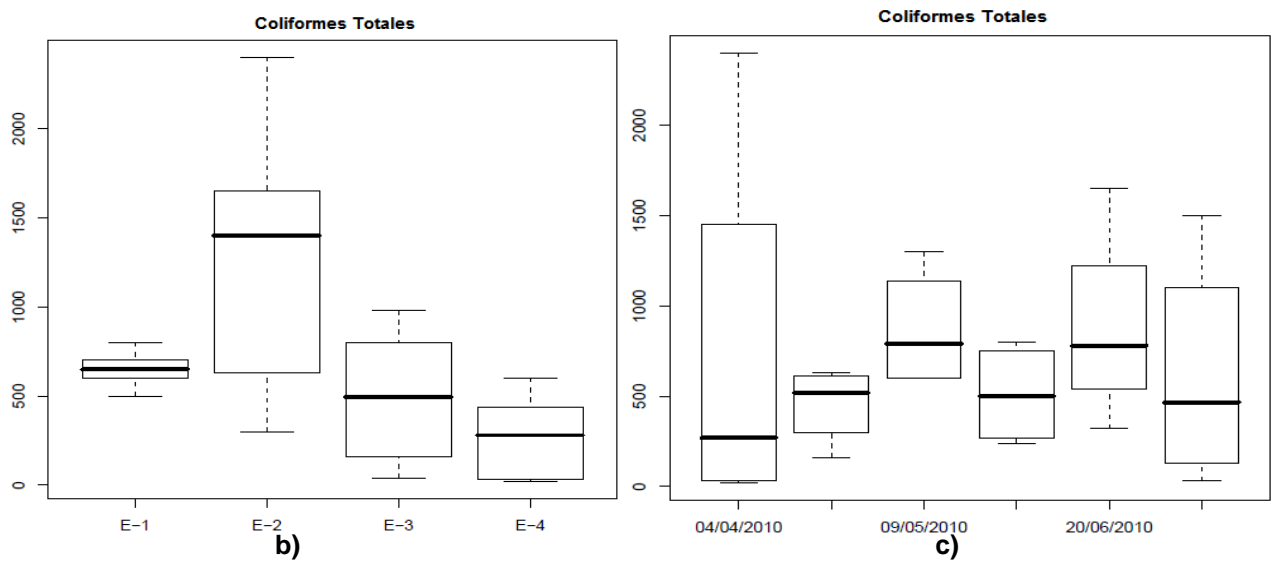
### **7.2.3 Coliformes Totales**

En la arena de la playa, los Coliformes Totales presentaron un valor mayor de NMP que los Coliformes Fecales y los Enterococos, en todos los muestreos realizados (Figura 25). Se observa que para coliformes totales, en la estación se presentó el máximo valor de 2400 NMP/100 ml durante el muestreo del 4/4/2010, justo antes del asueto de la semana mayor, y su valor mínimo en el muestreo del mes del 23/05/2010, con 20 NMP/100 ml.

Sin embargo, el promedio que se obtuvo en la arena de la playa para los Coliformes Totales fue de 624 NMP/100 ml. En este parámetro la mayor concentración se presentó en la estación E-2 y la menor concentración con un valor de en la estación E-4.



a)

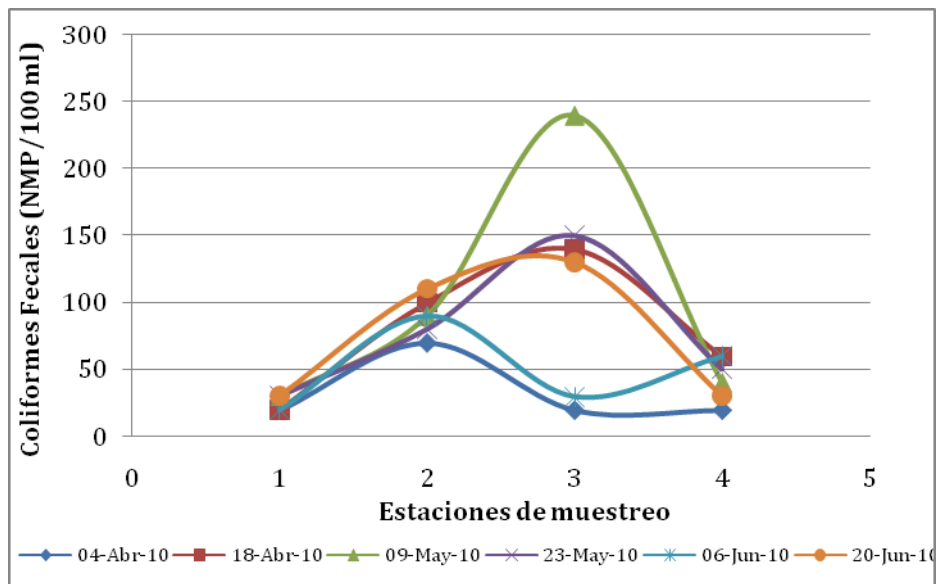


**Figura No. 26: Variación y comportamiento temporal de los Coliformes Totales presentes en la arena de la playa. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.**

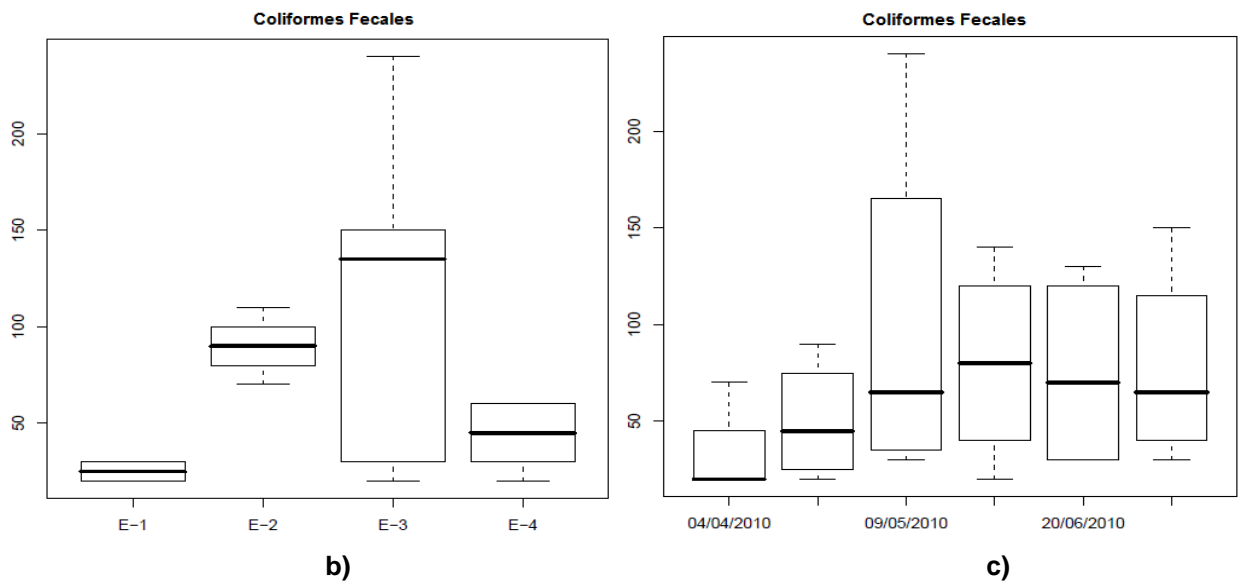
#### **7.2.4 Coliformes Fecales**

Las playas arenosas son ambientes costeros que pueden recibir aguas servidas ricas en heces humanas y materia orgánica.

Para todas las estaciones se presentó un promedio de 69,16 NMP/100 ml. El valor más alto se presentó en el punto E-3 con un concentración de 240 NMP/100 ml y el más bajo reportado en la estación E-1 con un valor de 20 NMP/100 ml (figura 26).



a)



b)

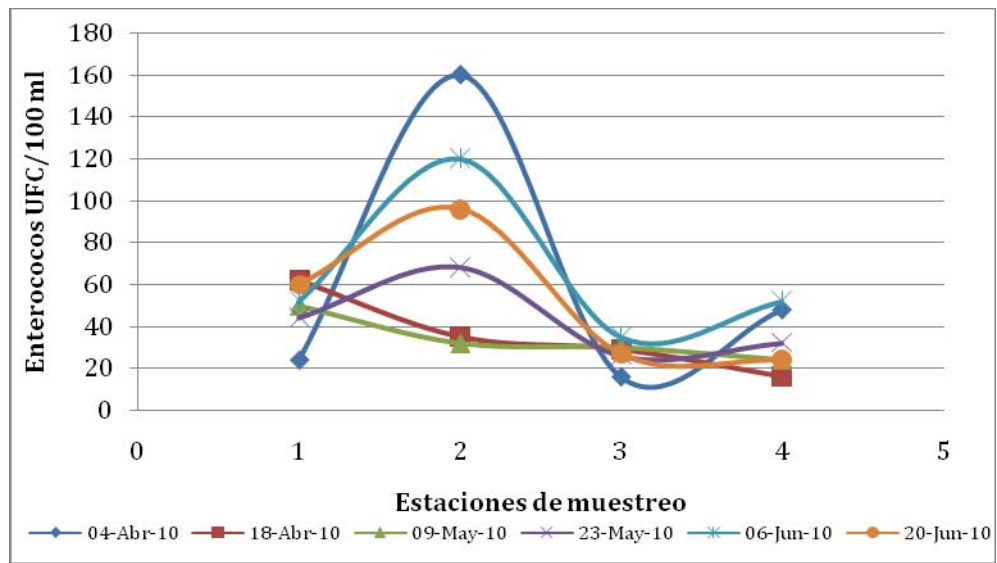
c)

**Figura No. 27: Variación y comportamiento temporal de los Coliformes Fecales presentes en la arena de la playa. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.**

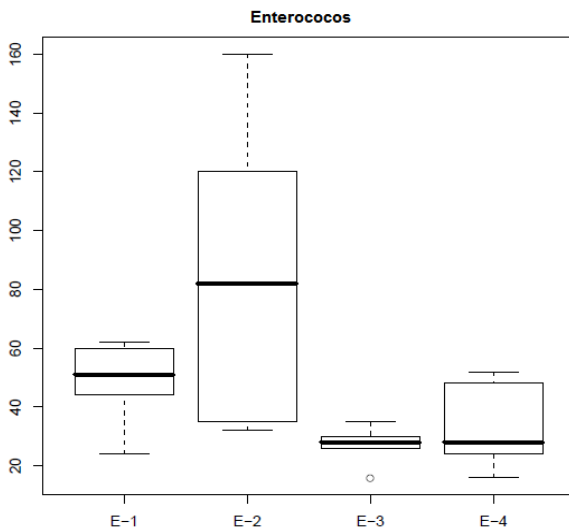
### **7.2.5 Enterococos**

En la arena de playa, para los Enterococos se reportaron valores promedios entre 48 UFC/100 ml para todas las estaciones. La figura 27 muestra la variación de los Enterococos.

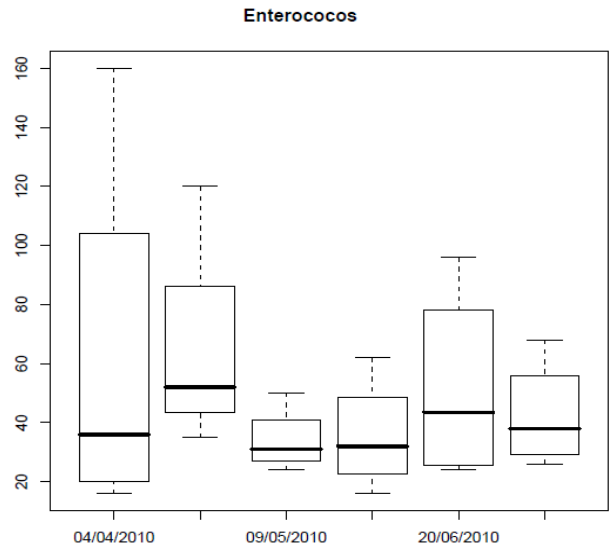
En las estaciones E-3 y E-4 los valores obtenidos oscilaron entre 20 y 120 UFC/100 ml, reportando el valor más bajo en la primera toma de muestras para la estación E-3 con un valor de 16 UFC/100 ml y el de más incidencia en la estación E-2 con una concentración de 160 UFC/100 ml.



a)



b)



c)

Figura No. 28: Variación y comportamiento temporal de los Enterococos presentes en la arena de la playa. a) Variación en cada fecha y estación de muestreo. b) Comportamiento por estación c) Comportamiento por fecha de muestreo.

### 7.3 Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas –ICAPTU-

Las zonas costeras están sujetas en la mayor parte del mundo a un incremento en la presión debido al aumento en el desarrollo y utilización de los recursos naturales y a los impactos producidos por los cambios globales. La playa es el activo más importante de los recursos costeros y de ahí la competencia con otros destinos.

La siguiente tabla, muestra los datos de entrada que se utilizaron en el modelo, donde se tuvieron en cuenta variables como la temperatura, SST, oxígeno disuelto, Residuos sólidos flotantes y Coliformes Fecales, para el agua de baño; Residuos Sólidos, Olores desagradables y Coliformes Fecales, para arena de la playa; carga turística y control institucional (ver anexos 1). Para ello, se tomó un promedio general de cada uno de los parámetros utilizados en la playa.

**Tabla No. 13. Datos de entrada al modelo matemático del ICAPTU**

<b>DATOS DE ENTRADA DEL MODELO</b>		
<b>INDICADOR AGUA LITORAL</b>		
Temperatura	22,75	°C
Sólidos Suspendidos Totales	64,88	mg/l
Oxígeno Disuelto	5,41	mg/l
Residuos Sólidos Flotantes	0,05	kg/m <sup>3</sup>
Coliformes Fecales	163	NMP/100ml
<b>INDICADOR ARENA DE PLAYA</b>		
Residuos Sólidos	0,005	kg/m <sup>2</sup>
Olores Desagradables	0,97	%
Coliformes Fecales	69	NMP/100 ml
<b>INDICADOR CARGA TURISTICA</b>		
Carga Turística	8,6	m <sup>2</sup> /vis
<b>INDICADOR CONTROL INSTITUCIONAL</b>		
Vendedores que cumplen con las normas mínimas de calidad turística	6,85	%
Uso eficiente de las zonas de la playa	0,1	# contrav.

Los resultados arrojados por este índice, confirman los reportes de las variables estudiadas, la playa de El Rodadero, se encuentra apta para uso de recreación y turismo, pero se deben tener en cuenta consideraciones muy específicas para su mejoramiento. El dato que reporta el índice se encuentra en un rango de 0.45, lo que la estipula como playa “amarilla”, indica, es una playa que se encuentra en precaución, principalmente para turistas o usuarios que presenten alguna lesión dérmica, teniendo en cuenta que algunos resultados de los muestreos, arrojan altas concentraciones de contaminantes microbiológicos.

## 8 CONCLUSIONES

Actualmente en Colombia, el problema de la contaminación en las playas se presenta de manera generalizada, a causa de los vertimientos de aguas residuales y residuos sólidos en los ambientes marinos y costeros, así como también en otros ecosistemas acuáticos; problemática que se ve magnificada si se tiene en cuenta la falta de tratamiento de los desechos líquidos y sólidos a lo largo de la geografía nacional. A la par del desarrollo urbanístico se ha hecho notable la carencia de colectores pluviales y mejoramiento del alcantarillado para las aguas residuales generadas, las cuales se vierten directamente a los cuerpos de agua y al canal de la Escollera.

Según los resultados arrojados por la REDCAM, 2003, los valores de coliformes en la gran mayoría de las playas turísticas del Caribe colombiano sobrepasan los límites permisibles por la legislación colombiana para aguas de contacto primario, al contrario de lo que sucede en playas ubicadas en áreas con poca intervención de asentamientos urbanos.

En este caso, las aguas marino-costeras de la playa, presentaron buenas condiciones en todos los parámetros fisicoquímicos de las aguas marinas, Sin embargo, se deben tener en cuenta la concentración de nutrientes, sólidos suspendidos, grasas y coliformes, presentaron las concentraciones más altas durante el estudio, con valores entre 0,34 mg/l; 112 mg/l; 0,18 mg/l y 3000 NMP/100 ml, respectivamente.

Por ello, la calidad ambiental en tres (3) de las estaciones no evidencia graves problemas de contaminación, tanto a nivel del agua de baño como la arena de la playa, probablemente por la dinámica de las corrientes y por el poder de dilución y depuración del agua de mar; no obstante, se debe considerar que con el tiempo y

existiendo descargas residuales muy puntuales sin tratamiento y permanentes, se podría estar provocando una contaminación mucho más severa principalmente en la estación E-1.

Esta estación, reporto los niveles más altos, destacándose las concentraciones de coliformes totales (importantes en la determinación de la calidad ambiental de la playa), con un máximo de 3000 NMP/100 ml, considerándose de gran importancia ambiental, ya que es una zona muy concurrida por los bañistas, debido a su atractivo turístico por el canal de la Escollera; estas altas concentraciones se deben a que en las laderas del canal, existen vertimientos de aguas residuales no tratadas, además de la ausencia de alcantarillado y de vertimientos de residuos sólidos, lo que lleva a que esta sea la estación más crítica dentro de la playa.

Teniendo en cuenta esta situación, es notable que en nuestro país se la ha puesto poca atención sobre la estimación de las bacterias, no hay una ley específica para el uso de las playas y los límites permisibles de estas; sin embargo, se cuenta el *Decreto 1594 de 1984*, donde se exponen las reglamentaciones concernientes a los usos del agua y los residuos líquidos. Además, se definen los usos o destinación del recurso agua según su prioridad, dentro de los cuales encontramos: Consumo humano y domestico, Preservación de flora y fauna, Agrícola, Pecuario, Recreativo, Industrial, Transporte (Art. 29, Capítulo III), lo que no es suficiente para la preservación de los espacios turísticos y costeros.

Por otra parte, es de resaltar que la actividad turística ejerce una gran influencia en la calidad de la playa y su mayor aporte se ve reflejado en las épocas de alta influencia, en este caso para las fechas de 04/04/2010 y 20/06/2010, debido a que la afluencia de turistas es de vital importancia al momento de estudiar la calidad ambiental, por lo que podría existir mayor contaminación dentro de la zona costera.

Por ello, la calidad ambiental de la playa El Rodadero, se considera de contaminación media, es decir, es apta para uso de recreación y turismo, a pesar que muchos variables se encuentran con valores altos, principalmente en la estación E-1, aunque cabe destacar que se deben tomar precauciones para que no existan mayores riesgos de contaminación.

De esta manera, al utilizar el índice de calidad ambiental en playas turísticas se confirma que la zona de estudio evidencia problemas de contaminación, teniendo en cuenta los resultados obtenidos mediante el decreto y según lo descrito por el autor del índice y el resultado arrojado por el modelo, El Rodadero se clasifica como playa “amarilla” (anexo 1.16) una playa en precaución, que a pesar de tener problemas de contaminación a los que se les debe tener consideración, es una playa que puede ser utilizada para tal uso, pero en la que se deben tener precauciones, principalmente personas que cuenten con algún tipo de infecciones subdermicas.

Finalmente, la calidad ambiental de la playas turísticas depende en gran medida de la calidad de las aguas y la arena, ya que condicionan la supervivencia de las especies y de los ecosistemas, que a su vez reflejan la conservación o el deterioro en que se encuentran por causa de actividades o fenómenos tanto naturales como de tipo antrópicos (Garay *et al.*, 2001), por lo tanto, es importante cumplir con las directrices y normativas que existen para garantizar una buena calidad del agua, la arena y por ende del ecosistema, y de los usos que de este se deriven.

## 9 RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS

- Realizar los monitoreos en épocas seca y época de lluvias, para la obtención de mejores resultados.
- Es necesario que haya un seguimiento de la metodología de aplicación de la determinación de la calidad ambiental de la playa en estudio, con el fin de minimizar los daños provocados por una inadecuada aplicación de la política medioambiental en la zona.
- Es necesario llevar a cabo las propuestas de actuación, para iniciar un proceso hacia una gestión sostenible y eficiente de la playa El Rodadero.
- Sería necesaria una legislación más estricta, la cual garantice una mayor protección y un uso sostenible de las zonas costeras de Colombia.
- Realizar una modelación, donde se monitoreen las variables que implican importancia en la calidad ambiental de playa, para establecer los impactos que podrían causar a la playa y el ecosistema en general.

## BIBLIOGRAFÍA

Bioservice. 2001. Monitoreo de la Calidad de Agua de Mar y Sedimentos marinos de la Bahía de Santa Marta. Septiembre, 2001. Sociedad Portuaria de Santa Marta. BIOSERVICE, LTDA. Consultorías y estudios ambientales. Santa Marta.

Blanco, K. 2007. Evaluación de la Calidad del Agua de la Bahía de Santa Marta utilizando Indicadores Microbiológicos (Coliformes Totales y Fecales). Tesis de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad del Magdalena. Santa Marta.

Botero, C. 2002. Propuesta de un modelo para medir la calidad ambiental en playas turísticas. Tesis de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle, Bogotá. 108 pp. En línea en <http://www.dimar.mil.co/playas/index.htm>

Botero, et al. 2008. Certificación de Playas Turísticas. Protocolo de muestreo y análisis de parámetros ambientales en playas turísticas. Colombia

Banach G.; Córdón S.; Torrents A. Estudio de la calidad ambiental de la Bahía de Cárdenas para un futuro Manejo Integrado de Zonas Costeras. Universidad de Girona – Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. Cuba. 2009.

Dadon, José R. Playas y Balnearios de Calidad. Gestión Turística y Ambiental. 2005. En línea en <http://www.turismosustentable.org/contenido-programa.php?id=25>

Ferrer, Ángela. Certificación de playas limpias de acuerdo a la NMX-AA-120-SCFI-2006: caso de estudio Playa El Médano, Los Cabos, Baja California Sur, México. 2008.

Chavarri, R. 1989, Coastal Managements; the Costa Rica Experience. En Williams A. T. Morgan R. (1995). Beach Awards and Rating Systems. Shore & Beach.

\_\_\_\_\_. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano: Informe Técnico 2004. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Santa Marta: INVEMAR, 2004. 298 p.

\_\_\_\_\_. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano: Informe Técnico 2005. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Santa Marta: INVEMAR, 2005. 304 p.

\_\_\_\_\_. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano: Informe Técnico 2006. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Santa Marta: INVEMAR, 2006. 321 p.

\_\_\_\_\_. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano: Informe Técnico 2007. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Santa Marta: INVEMAR, 2007. 162 p.

\_\_\_\_\_. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano: Informe Técnico 2008. Red de vigilancia para la

conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Santa Marta: INVEMAR, 2008. 296 p.

\_\_\_\_\_. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano: Informe Técnico 2009. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Santa Marta: INVEMAR, 2009. 185 p.

Micallef A, Williams AT. (2004). Application of a novel approach to beach classification in the Maltese islands. *Ocean and Coastal Management*; vol.47

Garay Tinoco, et al. 2003. Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos y Contaminantes Marinos: Aguas, Sedimentos y Organismos. INVEMAR: Santa Marta, 117 pp. (Serie Documentos Generales; No. 13)

Herrera, A; Suarez, P. 2005. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad del agua costera. Asociación Interciencia. Venezuela. pp. 171 – 176.

Urs Holdings. Normas de calidad de aguas marinas y costeras. Autoridad Nacional dl Ambiente. Panamá. 2005. Pag. 1-120.

IDEAM. 2004. Guía para el monitoreo y seguimiento del agua. En línea en <http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/guia.pdf>

Lalli, C. M., Parsons, T. R. 1997. *Biological Oceanography an Introduction*. 2nd edition. The Open University Press, Oxford.

MINISTERIO DE SALUD. República de Colombia. Decreto 1594 de 1984. Disposiciones sanitarias sobre aguas.

Mora Alvarado, D. Programa “Bandera Azul Ecológica”: antecedentes, objetivos, elementos metodológicos y beneficios de su aplicación en Costa Rica. 1996-2000

Miravet, M. et al. 2009. Índice numérico cualitativo para medir la calidad de las aguas costeras cubanas de uso recreativo. Instituto de Oceanología. Cuba.

OMS, 1998. Guía para Ambientes Seguros en Aguas Recreativas Vol. 1: Aguas Costeras y Aguas Dulces. Versión preliminar para consulta Octubre de 1998. Organización Mundial de la Salud.

Ponce, M<sup>a</sup> Dolores. 2004. La calidad ambiental como factor competitivo de los destinos tradicionales de sol y playa. Universidad de Murcia. España. pp. 91 – 105.

\_\_\_\_\_. REDCAM – Red de monitoreo de la Calidad Ambiental Marina. [Base datos en línea]. [Consultado 31 jul. 2010]. En línea en <http://siam.invemar.org.co/siam/redcam/index.htm>

Ramos – Ortega et al 2008. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. Universidad del Magdalena. Colombia.

Secretaría de Turismo de Argentina (SECTUR), (2005). Gestión Turística y Ambiental: Directrices y Guía de Evaluación. Una publicación de la Secretaría de Turismo de la Nación y la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

STANDARD METHODS, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA – AWWA – WPCF. Washington, D.C. 20 Edition.

Vidal, Luis *et al.* Estudio de la calidad de agua en la Bahía de Santa Marta, un análisis histórico y geoestadístico dirigido a un plan de monitoreo: Informe final. Santa Marta: Convenio DADMA – Universidad del Magdalena, 2005. 192 p.

Yepes P. V. (1999). Las playas en la gestión sostenible del litoral. Cuadernos de turismo. No. 4. pp. 89-110.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Tablas de datos de las variables físico-químicas y microbiológicas monitoreadas en el agua de baño

*Anexo 1.1. Datos de pH del agua de baño de El Rodadero*

Unidades de pH									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	8.14	8.19	8.16	8.15	8.14	8.05	8.14	8.19	8.05
E-2	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.12	8.15	8.16	8.12
E-3	8.16	8.18	8.16	8.16	8.15	8.08	8.15	8.18	8.08
E-4	8.14	8.20	8.14	8.15	8.15	8.13	8.15	8.2	8.13

**Anexo 1.2. Datos de temperatura del agua de baño de El Rodadero**

Temperatura °C									
ESTACIONES	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	26.2	28.2	20.0	19.0	20.0	21.0	22.4	28.2	19.0
E-2	26.2	28.2	21.0	20.0	20.0	21.0	22.73	28.2	20.0
E-3	26.2	28.0	21.0	20.0	21.0	21.0	22.87	28.0	20.0
E-4	26.0	27.9	21.0	21.0	21.0	21.0	22.98	27.9	21.0

**Anexo 1.3. Datos de Oxígeno Disuelto del agua de baño de El Rodadero**

Oxígeno Disuelto mg/l									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	5.2	5.2	5.27	5.25	5.42	5.43	5.30	5.43	5.30
E-2	5.3	5.3	6.46	5.59	5.21	5.36	5.54	6.46	5.54
E-3	5.0	5.3	4.8	5.63	5.5	5.45	5.28	5.63	5.28
E-4	4.9	5.5	5.47	5.4	6.2	5.59	5.51	6.2	5.51

**Anexo 1.4. Datos de Salinidad del agua de baño de El Rodadero**

Salinidad %									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	36.7	35.9	35.4	36.5	35.1	35.8	35.9	36.7	35.1
E-2	36.8	35.5	35.9	36.7	35.0	35.1	35.83	36.8	35.0
E-3	36.9	35.7	36.1	36.2	36.0	35.3	36.03	36.9	35.3
E-4	36.6	35.60	35.7	36.4	35.3	35.4	35.83	36.6	35.3

**Anexo 1.5. Datos de Conductividad del agua de baño de El Rodadero**

Conductividad $\mu\text{s/ml}$									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	49.5	49.3	49.7	48.9	49.0	49.5	49.32	49.7	48.9
E-2	48.8	48.6	48.7	48.90	49.1	48.7	48.80	49.1	48.6
E-3	48.9	48.9	48.8	49.00	48.9	49.0	48.92	49.0	48.8
E-4	48.9	48.6	48.8	48.70	48.8	48.9	48.78	48.9	48.6

**Anexo 1.6. Datos de Color del agua de baño de El Rodadero**

Unidades de Color									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	10	10	5	12	17	6	10.00	17.0	5.0
E-2	20	20	10	10	16	12	14.67	20.0	10.0
E-3	20	15	15	15	15	15	15.83	20.0	15.0
E-4	20	15	15	14	15	17	16.00	20.0	14.0

**Anexo 1.7. Datos de Nitritos del agua de baño de El Rodadero**

Nitritos µg/l									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	0.08	0.06	0.11	0.08	0.10	0.08	0.09	0.11	0.06
E-2	0.11	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.11	0.09
E-3	0.16	0.12	0.15	0.15	0.12	0.09	0.13	0.16	0.09
E-4	0.21	0.18	0.17	0.20	0.11	0.11	0.16	0.21	0.11

**Anexo 1.8. Datos de Fosfatos del agua de baño de El Rodadero**

Fosfatos µg/l									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
E-2	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.08
E-3	0.10	0.12	0.11	0.12	0.12	0.10	0.11	0.12	0.10
E-4	0.11	0.10	0.14	0.13	0.11	0.12	0.12	0.14	0.10

**Anexo 1.9. Datos de Sólidos Suspendidos Totales del agua de baño de El Rodadero**

Sólidos Suspendidos Totales									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	18	29	81	35	29	32	37.33	81.00	18.00
E-2	28	77	94	69	18	49	55.83	94.00	18.00
E-3	84	86	108	95	46	75	82.33	108.00	46.00
E-4	91	98	112	102	37	64	84.00	112.00	37.00

**Anexo 1.10. Datos de Turbiedad del agua de baño de El Rodadero**

<b>Turbiedad UNT</b>									
<b>ESTACION</b>	<b>Fecha de muestreo</b>						<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
	<b>04-Abr-10</b>	<b>18-Abr-10</b>	<b>09-May-10</b>	<b>23-May-10</b>	<b>06-Jun-10</b>	<b>20-Jun-10</b>			
<b>E-1</b>	1.87	1.95	2.95	1.97	1.97	1.86	2.10	2.95	1.86
<b>E-2</b>	1.91	2.56	2.48	2.36	1.86	2.36	2.26	2.56	1.86
<b>E-3</b>	2.34	2.44	2.66	2.58	2.24	2.49	2.46	2.66	2.24
<b>E-4</b>	2.84	2.51	2.19	2.63	2.82	2.52	2.59	2.84	2.19

**Anexo 1.11. Datos de Tensoactivos del agua de baño de El Rodadero**

<b>Tensoactivos mg/l</b>									
<b>ESTACION</b>	<b>Fecha de muestreo</b>						<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
	<b>04-Abr-10</b>	<b>18-Abr-10</b>	<b>09-May-10</b>	<b>23-May-10</b>	<b>06-Jun-10</b>	<b>20-Jun-10</b>			
<b>E-1</b>	0.05	0.07	0.09	0.09	0.06	0.09	0.08	0.09	0.05
<b>E-2</b>	0.08	0.08	0.11	0.10	0.08	0.07	0.09	0.11	0.07
<b>E-3</b>	0.10	0.011	0.10	0.11	0.05	0.05	0.07	0.11	0.01
<b>E-4</b>	0.10	0.09	0.09	0.10	0.09	0.08	0.09	0.10	0.08

**Anexo 1.12.** Datos de Residuos Sólidos Flotantes del agua de baño de El Rodadero

Residuos Sólidos Flotantes Kg/m <sup>3</sup>									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	0.05	0.003	0.06	0.015	0.01	0.09	0.04	0.09	0.00
E-2	0.04	0.005	0.01	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.01
E-3	0.05	0.005	0.09	0.09	0.01	0.07	0.05	0.09	0.01
E-4	0.05	0.004	0.08	0.12	0.06	0.01	0.05	0.12	0.00

**Anexo 1.13.** Datos de Coliformes Totales en el agua de baño

Coliformes Totales NMP/100 ml									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	3000	1980	2240	2060	2360	2980	2437	3000	1980
E-2	500	800	980	790	830	700	767	980	500
E-3	1700	1780	2460	2130	1580	1680	1888	2460	1580
E-4	1100	1350	2220	1890	2120	2000	1780	2220	1100

**Anexo 1.14. Datos de Coliformes Fecales en el agua de baño**

<b>Coliformes Fecales NMP/100 ml</b>									
<b>ESTACION</b>	<b>Fecha de muestreo</b>						<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
	<b>04-Abr-10</b>	<b>18-Abr-10</b>	<b>09-May-10</b>	<b>23-May-10</b>	<b>06-Jun-10</b>	<b>20-Jun-10</b>			
<b>E-1</b>	340	140	180	170	320	360	252	360	140
<b>E-2</b>	130	98	84	110	260	150	139	260	84
<b>E-3</b>	130	110	120	130	150	150	132	150	110
<b>E-4</b>	110	140	130	140	140	120	130	140	110

**Anexo 1.15. Datos de Enterococos en el agua de baño**

<b>Enterococos UFC/100 ml</b>									
<b>ESTACION</b>	<b>Fecha de muestreo</b>						<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
	<b>04-Abr-10</b>	<b>18-Abr-10</b>	<b>09-May-10</b>	<b>23-May-10</b>	<b>06-Jun-10</b>	<b>20-Jun-10</b>			
<b>E-1</b>	60	38	42	56	46	50	49	60	38
<b>E-2</b>	16	21	19	29	23	33	24	33	16
<b>E-3</b>	14	18	22	27	17	47	24	47	14
<b>E-4</b>	20	28	25	32	28	27	27	32	20

**Anexo 1.16. Datos de Olores desagradables en la zona de la playa**

Olores desagradables %									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	1	2	1	2	2	1	1,5	2	1
E-2	0,5	0,5	0	1	0,5	0,5	0,5	1	0
E-3	2	2	1	0	0,5	1	1,1	2	0
E-4	0,5	0,5	1	1	1	1	0,8	1	0,5

**Anexo 1.17. Datos de Residuos sólidos en la zona de la playa**

Residuos sólidos Kg/m <sup>2</sup>									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	0,0045	0,0022	0,0028	0,0041	0,0042	0,0046	0,0037	0,0046	0,0022
E-2	0,0054	0,0033	0,004	0,0050	0,0055	0,0068	0,0049	0,0068	0,0033
E-3	0,0048	0,0021	0,0084	0,0086	0,0078	0,0074	0,0065	0,0086	0,0021
E-4	0,0024	0,0032	0,0040	0,0060	0,0047	0,007	0,0046	0,01	0,0024

**Anexo 1.18.** Datos de Coliformes Fecales en la arena de la playa

Coliformes Fecales NMP/100 ml									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	20	20	30	30	20	30	25	30	20
E-2	70	100	90	80	90	110	90	110	70
E-3	20	140	240	150	30	130	118	240	20
E-4	20	60	40	50	60	30	43	60	20

**Anexo 1.19.** Datos de Coliformes Totales en la arena de la playa

Coliformes Totales NMP/100 ml									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	500	700	600	700	600	800	650	800	500
E-2	2400	300	1300	1500	630	1650	1297	2400	300
E-3	40	800	980	230	160	760	495	980	40
E-4	20	240	600	30	440	320	275	600	20

**Anexo 1.20. Datos de Enterococos en la arena de la playa**

Enterococos UFC/100 ml									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr-10	18-Abr-10	09-May-10	23-May-10	06-Jun-10	20-Jun-10			
E-1	24	62	50	44	52	60	49	62	24
E-2	160	35	32	68	120	96	85	160	32
E-3	16	29	30	26	35	27	27	35	16
E-4	48	16	24	32	52	24	33	52	16

**Anexo 1.21. Datos de Control Institucional de El Rodadero**

Vendedores %									
ESTACION	Fecha de muestreo						Promedio	Máximo	Mínimo
	04-Abr	18-Abr	09-May	23-May	06-Jun	20-Jun			
E-1	3,5	3,9	4,1	4,8	4,8	5,25	4,4	5,25	3,5
E-2	7,5	4,4	5	6,3	7,3	9	6,6	9	4,4
E-3	6,4	4,3	6,4	8,3	8,5	8,8	7,1	8,8	4,3
E-4	11	7	10	10	9	9	9,3	11	7

**Anexo 1.22. Datos de Carga Turística**

<b>Carga Turística m2/vis</b>									
<b>ESTACION</b>	<b>Fecha de muestreo</b>						<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
	<b>04-Abr</b>	<b>18-Abr</b>	<b>09-May</b>	<b>23-May</b>	<b>06-Jun</b>	<b>20-Jun</b>			
<b>E-1</b>	10,71	12,41	16,10	12,11	14,50	12,97	13,1	16,1	10,71
<b>E-2</b>	4,21	5,99	5,08	5,15	4,54	8,03	5,5	8,03	4,21
<b>E-3</b>	4,02	6,10	3,73	3,92	4,24	7,38	4,9	7,38	3,73
<b>E-4</b>	12,42	12,3	11,27	9,78	10,69	8,87	10,9	12,42	8,87

**Anexo 1.23. Datos de entrada para cálculo del índice de calidad ambiental en playas turísticas –ICAPTU-**

DATOS DE ENTRADA DEL MODELO		
<i>Incluya los datos acerca de la playa medida en las casillas verdes</i>		
Nombre de la playa	El Rodadero	
Municipio donde está ubicada	Santa Marta	
Institución que realiza la medición	Universidad del Magdalena	
Fecha de medición	Abril - Junio 2010	
<i>Incluya en las casillas azules el valor obtenido en la medición de cada parámetro en las unidades indicadas.</i>		
		<b>Casilla de verificación</b>
INDICADOR AGUA LITORAL		
Temperatura	22,75 °C	Valor Aceptado
Sólidos Suspendidos Totales	64,88 mg/l	Valor Aceptado
Oxígeno Disuelto	5,41 mg/l	Valor Aceptado
Residuos Sólidos Flotantes	0,05 kg/m3	Valor Aceptado
Coliformes Fecales	163 nmp/100ml	Valor Aceptado
INDICADOR ARENA DE PLAYA		
Residuos Sólidos	0,005 kg/m2	Valor Aceptado
Olores Desagradables	0,97 %	Valor Aceptado
Coliformes Fecales	69 nmp/gr	Valor Aceptado
INDICADOR CARGA TURISTICA		
Carga Turística	8,6 m2/vis	Valor Aceptado
INDICADOR CONTROL INSTITUCIONAL		
Vendedores que cumplen con las normas mínimas de calidad turística	6,85 %	Valor Aceptado
Uso eficiente de las zonas de la playa	0,1 # contrav.	Valor Aceptado
<div style="background-color: #808080; color: #00FF00; padding: 10px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">CALCULAR</div>		

**Anexo 1.24.** Resultados de la calidad ambiental de la playa El Rodadero

El **ICAPTU** para la playa *El Rodadero* del municipio de *Santa Marta*  
en la medición del día *Abril - Junio 2010* realizada por *Universidad del Magdalena*

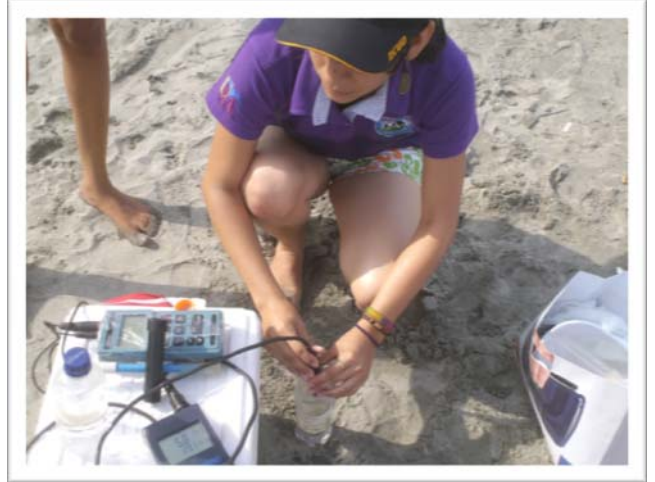
AS

0.45

Luego esta playa se encuentra en estado de **PRECAUCION - PLAYA EN AMARILLO**



## ANEXO 2. REGISTRO FOTOGRAFICO



**Anexo 2.1.** Toma de muestras de agua de baño y arena de la playa



**Anexo 2.2.** Toma de muestras de Capacidad de Carga



**Anexo 2.3.** Residuos Sólidos en los bordes del Canal de la Escollera



**Anexo 2.4.** Vertimiento de aguas servidas al canal de la Escollera



**Anexo 2.4.** Vertimiento de aguas servidas al canal de la Escollera




**Anexo 2.5.** Residuos Sólidos en la zona de estudio




**Anexo 2.6.** Afluencia turística en la playa de El Rodadero

### ANEXO 3. FORMATOS TOMAS DE MUESTRAS

#### Anexo 3.1. Formato toma de muestra de residuos sólidos en la arena de la playa



**GRUPO DE INVESTIGACION EN SISTEMAS COSTE**  
**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**  
**MEDICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**



Playa a muestrear: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Ubicación del transecto: \_\_\_\_\_ Ancho del transecto: \_\_\_\_\_

Hora inicial: \_\_\_\_\_ Hora final: \_\_\_\_\_

Tipo	Nivel	N1 (punto más cerca al camellón)	N2 (entre carpas)	N3 (punto más cercano a la orilla)
Papel				
Vidrio				
Metal				
Tela				
Icopor				
Madera				
Materia orgánica				
Plásticos				
Colilla de cigarrillo				
Otros				
<b>Total</b>				

**Anexo 3.2.** Formato toma de muestra de olores desagradables en zona de la playa



**ICAPTU**  
Indice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas

Indice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas

**ICAPTU**

Levantamiento del Indicador *Olores desagradables en las zonas de la playa*

Formato ICAPTU - OLOR1

Fecha \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_ Lugar \_\_\_\_\_

Condiciones climáticas (soleado, nublado, etc.) \_\_\_\_\_

Dirección del viento \_\_\_\_\_ Velocidad del viento \_\_\_\_\_

Persona que realiza el levantamiento \_\_\_\_\_



Cuadrante \_\_\_\_\_

**Pregunta : ¿Logra usted percibir en este momento alguno de los siguientes olores?**

OLOR	SI	NO	Observaciones
Orina			
Excrementos humanos			
Excrementos animales			
Huevo podrido			
Basura			
Leche cortada			
Amoniaco			
Gasolina			
Fósforo			
Gas propano			
Humo de vehiculos			
Humo de chimenea			
Quema de basura			
Otro			

Numero de olores presentes \_\_\_\_\_

**Anexo 3.3.** Formato toma de muestra densidad de usuarios o capacidad de carga en la playa

	<b>GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS COSTEROS</b>  <b>UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA</b> <b>MEDICIÓN DE CARGA TURÍSTICA</b>													
Playa a muestrear: _____ Fecha: _____ Sector de medición: _____ Ubicación: _____														
Ubicación del transecto: _____ Ancho del transecto: _____ Hora inicial: <u>10:00 a.m.</u> Hora media: <u>11:00 a.m.</u> Hora final: <u>12:00 m</u>  Tipo de visitantes: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Turistas</td> <td style="width: 20%;">Cant. Inicial _____</td> <td style="width: 20%;">Cant. Media _____</td> <td style="width: 20%;">Cant. Final _____</td> </tr> <tr> <td>Vendedores</td> <td>Cant. Inicial _____</td> <td>Cant. Media _____</td> <td>Cant. Final _____</td> </tr> <tr> <td>Autoridad</td> <td>Cant. Inicial _____</td> <td>Cant. Media _____</td> <td>Cant. Final _____</td> </tr> </table> Observaciones: _____ _____ _____			Turistas	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____	Vendedores	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____	Autoridad	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____
Turistas	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____											
Vendedores	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____											
Autoridad	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____											
Ubicación del transecto: _____ Ancho del transecto: _____ Hora inicial: <u>02:00 p.m.</u> Hora media: <u>03:00 p.m.</u> Hora final: <u>04:00 p.m.</u>  Tipo de visitantes: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Turistas</td> <td style="width: 20%;">Cant. Inicial _____</td> <td style="width: 20%;">Cant. Media _____</td> <td style="width: 20%;">Cant. Final _____</td> </tr> <tr> <td>Vendedores</td> <td>Cant. Inicial _____</td> <td>Cant. Media _____</td> <td>Cant. Final _____</td> </tr> <tr> <td>Autoridad</td> <td>Cant. Inicial _____</td> <td>Cant. Media _____</td> <td>Cant. Final _____</td> </tr> </table> Observaciones: _____ _____ _____			Turistas	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____	Vendedores	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____	Autoridad	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____
Turistas	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____											
Vendedores	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____											
Autoridad	Cant. Inicial _____	Cant. Media _____	Cant. Final _____											