

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE



**CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE CHIQUIMULILLA  
DENTRO DEL COMPLEJO DE HUMEDALES MARINO-COSTEROS  
IZTAPA, ESCUINTLA – LA CANDELARIA, TAXISCO, SANTA ROSA,  
GUATEMALA**

TESIS  
PRESENTADA AL COMITÉ DE LA MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEL MEDIO AMBIENTE

POR  
LICDA. IRENE FRANCO ARENALES

ASESOR DE TESIS: M.Sc. Pedro Julio García Chacón

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEL MEDIO AMBIENTE

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2,008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**HONORABLE JUNTA DIRECTIVA**

Decano: Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos  
Secretario: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas  
Vocal I: Inga. Glenda Patricia García Soria  
Vocal II: Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola  
Vocal III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón  
Vocal IV: Br. Milton De León Bran  
Vocal V: Br. Isaac Sultán Mejía

**JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL**  
**EXAMEN PRIVADO DE TESIS SEGÚN EL**  
**ACTA CORRESPONDIENTE**

Decano: Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos  
Secretario: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas  
Examinador: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Examinador: Ing. César Augusto Akú Castillo  
Examinador: Ing. Mario Francisco Rousselin Sandoval

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado.

**“CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE CHIQUIMULILLA  
DENTRO DEL COMPLEJO DE HUMEDALES MARINO-COSTEROS  
IZTAPA, ESCUINTLA – LA CANDELARIA, TAXISCO, SANTA ROSA,  
GUATEMALA”**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de  
Posgrado en junio 2,007

**LICDA. IRENE FRANCO ARENALES**



Centro de Estudios del Mar y Acuicultura  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala 28 de Octubre de 2,008

M.Sc. Ingeniero  
Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director  
Escuela de Post-Grado  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Ingeniero Pérez:

Respetuosamente me dirijo a usted para informarle por medio de la presente que he revisado y aprobado el Informe Final de Tesis **“Calidad del Agua Del Canal de Chiquimulilla dentro del Complejo de Humedales Marino-Costeros, Iztapa, Escuintla – La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala”**, realizado por la Licenciada Irene Franco Arenales.

El informe final de tesis cumple con los requisitos exigidos por el Reglamento de la Escuela de Post-grado y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

M.Sc. Pedro Julio García Chacón  
Asesor de Tesis

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
de Postgrado

Como Coordinador de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente, y revisor del trabajo de tesis titulado **CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE CHIQUIMULILLA DENTRO DEL COMPLEJO DE HUMEDALES MARINO-COSTEROS IZTAPA, ESCUINTLA-LA CANDELARIA, TAXISCO, SANTA ROSA, GUATEMALA** presentado por la Licenciada en Acuicultura **Irene Franco Arenales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. César Augusto Akú  
Escuela de Estudios de Postgrado

**César Aku Castillo**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 4,073

Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
de Postgrado

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de tesis titulado **CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE CHIQUIMULILLA DENTRO DEL COMPLEJO DE HUMEDALES MARINO-COSTEROS IZTAPA, ESCUINTLA-LA CANDELARIA, TAXISCO, SANTA ROSA, GUATEMALA** presentado por la Licenciada en Acuicultura **Irene Franco Arenales** apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.

Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
de Postgrado

Como Revisor de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente del trabajo de tesis titulado **CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE CHIQUIMULILLA DENTRO DEL COMPLEJO DE HUMEDALES MARINO-COSTEROS IZTAPA, ESCUINTLA-LA CANDELARIA, TAXISCO, SANTA ROSA, GUATEMALA** presentado por la Licenciada en Acuicultura **Irene Franco Arenales**, apruebo el presente trabajo de tesis y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in brown ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.



Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. D. Postgrado 033.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al trabajo de tesis de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente titulado: **CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE CHIQUIMULILLA DENTRO DEL COMPLEJO DE HUMEDALES MARINO-COSTEROS IZTAPA, ESCUINTLA- LA CANDELARIA, TAXISCO, SANTA ROSA, GUATEMALA**, presentado por la Licenciada en Acuicultura **Irene Franco Arenales** la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in dark ink, appearing to be 'M. Paiz Recinos', written over a large, empty oval shape.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, Octubre de 2008

/zpcm

## **AGRADECIMIENTOS**

Durante el desarrollo de esta investigación, se conto con la participación de las comunidades, instituciones y personas que fueron actores indispensables por lo cual se hace necesario reconocer y agradecer su colaboración.

Pobladores de las comunidades de: Iztapa, Puerto Viejo, Atitán, Atitancito, Conacaste, Guayabo, Las Morenas, Wiscoyol, Aldea el Chile, Santa Cecilia, Barrio El Morón y Colonia La Providencia, las cuales pertenecen al municipio de Iztapa, Escuintla. Y pobladores de Zunzo, Madre Vieja, Garitón y Candelaria, pertenecientes al municipio de Taxisco, Santa Rosa

A mi asesor M.Sc. Pedro Julio García Chacón, por el tiempo y dedicación que me brindo durante el desarrollo de esta investigación.

Al Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura por facilitar el uso de laboratorios y apoyar todas las gestiones realizadas durante el desarrollo de esta investigación.

A los estudiantes de quinto año 2,008 de la carrera de Licenciatura en Acuicultura por su colaboración en el trabajo de campo desarrollado.

## **DEDICATORIA**

- A DIOS** Por todas sus bendiciones y por permitirme alcanzar una meta más en mi vida.
- A MIS PADRES** Por su amor, su confianza, ejemplo y apoyo incondicional.
- A LUNNA** Por ser la razón y la luz de mi vida.
- ALLAN** Por su paciencia y por estar siempre a mi lado apoyándome y dándome fuerzas para seguir adelante.
- GABY** Por su apoyo de siempre, su cariño y por estar dispuesta siempre a darme una mano.
- A MI ABUELITA** Por su amor incondicional y su ejemplo de vida.
- MARGARITA**
- TODA MI FAMILIA** Por el ejemplo que siempre me han dado de lucha y perseverancia.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS.....	III
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	VI
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VIII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XII
HIPÓTESIS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV

### CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES.....	1
----------------------	---

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Humedales.....	5
3.1.1 Ecosistemas de Humedales.....	5
2.2 La Costa del Pacífico Guatemalteco.....	9
2.2.1 Recursos Marino Costeros del Sur de Guatemala.....	9
2.2.2 Recursos Hidrobiológicos.....	10
2.2.3 La Vulnerabilidad de la Zona Costera.....	11
2.2.4 Canal de Chiquimulilla.....	12
2.3 Calidad del Agua.....	12
2.3.1 Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos.....	14

### **CAPÍTULO III**

<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Esquema Metodológico.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Ubicación Geográfica.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Identificación de actividades de uso y extracción de los recursos         hidrobiológicos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4 Descripción de la fase de muestreo y análisis de laboratorio.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5 Diseño de Investigación.....</b>	<b>24</b>
<b>3.6 Métodos de Laboratorio.....</b>	<b>27</b>

### **CAPÍTULO IV**

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Identificación de las actividades de uso y extracción de los recursos         hidrobiológicos .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Calidad de Agua Canal de Chiquimulilla Iztapa – La Candelaria.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Calidad de Agua Laguna El Pimiento.....</b>	<b>66</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>81</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

1.	Actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos comunidades de Iztapa, Escuintla.....	33
2.	Amenazas y fuentes de presión para los recursos hidrobiológicos comunidades de Iztapa, Escuintla.....	34
3.	Actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos comunidades de Taxisco, Santa Rosa.....	35
4.	Amenazas y fuentes de presión para los recursos hidrobiológicos comunidades de Taxisco, Santa Rosa.....	36
5.	Temperaturas reportadas durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla Iztapa a la aldea la Candelaria.....	38
6.	Oxígeno disuelto reportado durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	40
7.	Saturación de oxígeno reportado durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	42
8.	pH reportado durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	44
9.	Transparencia reportada durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	46
10.	Salinidad reportada durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	49
11.	Profundidad del canal de Chiquimulilla reportada durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	50
12.	Nitritos NO <sub>2</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	53
13.	Nitratos NO <sub>3</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	56

<b>14.</b>	Amonio $\text{NH}_4$ reportados durante la época seca de Iztapa a la Candelaria.....	<b>58</b>
<b>15.</b>	Fosfatos $\text{FO}_4$ reportados durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	<b>60</b>
<b>16.</b>	Dureza reportada durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	<b>62</b>
<b>17.</b>	Georeferencia de los puntos de muestreo en la Laguna El Pimiento.....	<b>66</b>
<b>18.</b>	Temperatura reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>67</b>
<b>19.</b>	Oxígeno disuelto reportado durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>68</b>
<b>20.</b>	pH reportado durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento	<b>70</b>
<b>21.</b>	Salinidad reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>71</b>
<b>22.</b>	Conductividad Eléctrica reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>72</b>
<b>23.</b>	Nitritos $\text{NO}_2$ reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>73</b>
<b>24.</b>	Nitratos $\text{NO}_3$ reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>75</b>
<b>25.</b>	Fosfatos $\text{PO}_4$ reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>77</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1. Complejo de humedales marino- costera Iztapa – La Candelaria.....	19
2. Área de Estudio.....	20
3. Imagen satelital Laguna El Pimiento.....	20
4. Mapa de Puntos de Muestreo Canal de Chiquimulilla.....	23
5. Puntos de Muestreo Laguna El Pimiento.....	23

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

1.	Temperaturas reportadas durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla Iztapa a la aldea la Candelaria.....	39
2.	Oxígeno disuelto reportado durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	42
3.	pH reportado durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	44
4.	Transparencia reportada durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	46
5.	Salinidad reportada durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	49
6.	Profundidad del canal de Chiquimulilla reportada durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	51
7.	Perfil batimétrico Canal de Chiquimulilla Iztapa La Candelaria.....	51
8.	Nitritos NO <sub>2</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	53
9.	Nitratos NO <sub>3</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	56
10.	Fosfatos FO <sub>4</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	60
11.	Dureza reportada durante la época seca, transicional y lluviosa de Iztapa a la Candelaria.....	62
12.	Temperatura reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	67
13.	Oxígeno disuelto reportado durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	69
14.	pH reportado durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento .....	70

<b>15.</b>	Salinidad reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>71</b>
<b>16.</b>	Conductividad Eléctrica reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>72</b>
<b>17.</b>	Nitritos NO <sub>2</sub> reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>74</b>
<b>18.</b>	Nitratos NO <sub>3</sub> reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>75</b>
<b>19.</b>	Fosfatos PO <sub>4</sub> reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento.....	<b>77</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grados centígrados
cm	Centímetro
L	Litro
mg	Miligramos
NMP	Número más probable
NH <sub>3</sub>	Nitritos
NH <sub>4</sub>	Nitratos
O <sub>2</sub>	Oxígeno disuelto
PO <sub>4</sub>	Fosfatos
pH	Potencial de hidrógeno
ppm	partes por mil
uS	micro siemens

## GLOSARIO

**Ecosistema:** Sistema ecológico formado por interrelaciones entre factores ambientales abióticos y los organismos bióticos que lo integran.

**Recursos Hidrobiológicos:** Flora y fauna acuática, en cualquiera de sus estadios en su medio natural. Puede ser también denominada recurso pesquero o acuícola.

**Humedales:** Extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

**Estero:** Se define como un cuerpo de agua semicerrado que posee una conexión libre con el mar y el cual se diluye con agua dulce del drenaje terrestre.

**Laguna:** Corresponde a la categoría de aguas quietas o lenticas, cualquier extensión natural o artificial de agua estancada sea dulce o salada de menor extensión y profundidad que un lago.

**Calidad del Agua:** Se refiere a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas.

**Parámetros Físico-Químicos:** Características físicas y químicas de un cuerpo de agua.

**Eutrofización:** Enriquecimiento del agua con nutrientes (fósforo y nitrógeno) que estimula el crecimiento de los seres autótrofos acuáticos.

**Conservación:** Mantenimiento de los procesos ecológicos en los ecosistemas y mantenimiento de la diversidad que estos contienen. Actitud con la que se busca evitar la degradación de los ecosistemas naturales. Manejo adecuado del uso de los recursos naturales que incluye procesos políticos, sociales y económicos, donde el ambiente es protegido.

**Contaminación:** Introducir en un entorno elementos tales que perjudiquen la salud, el bienestar o la seguridad del ecosistema y los individuos que allí habitan.

**Contaminación del Agua:** Se define como la adición de sustancias extrañas que deterioran su calidad.

**Monitoreo:** Muestreo sistemático y análisis periódico de información en un tiempo determinado, que permite definir condiciones y establecer tendencias.

**Muestra:** Porción representativa de una sistema de interés.

**Muestreo:** Recolección de información en una serie de lugares previamente determinados.

## RESUMEN

El presente documento constituye el Informe Final del trabajo de tesis titulado “Calidad de Agua del Canal de Chiquimulilla dentro del Complejo de Humedales Marino-Costeros Iztapa, Escuintla La Candelaria, Taxisco, Santa”, tomando como comunidades clave para el desarrollo de la investigación: Iztapa, Puerto Viejo, Atitán, Atitancito, Conacaste, Guayabo, las cuales pertenecen al municipio de Iztapa, Escuintla; y las comunidades del Zunzo. Madre Vieja, Garitón y Candelaria, pertenecientes al municipio de Taxisco, Santa Rosa, todas ubicadas en las riveras del Canal de Chiquimulilla.

Se realizaron tres muestreos de calidad de agua en el Canal de Chiquimulilla en el tramo Iztapa La Candelaria en época seca, transición época seca – lluviosa y época lluviosa, así mismo se colectaron muestras para análisis microbiológico, específicamente coliformes fecales y coliformes totales.

Adicionalmente se realizaron dos muestreos en la Laguna El Pimiento para establecer de forma preliminar la calidad de agua presente en este cuerpo de agua, estos muestreos se realizaron en los meses de agosto 2007 y agosto octubre 2,008.

También se desarrollaron dos talleres comunitarios con el fin de identificar las actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos, estableciéndose que se dan 29 usos a los humedales costeros, de los cuales 7 son en el recurso hídrico, 6 en el manglar y 16 especies de interés son recursos pesqueros, por lo que la presión hacia el complejo de humedales es alta.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Describir el comportamiento estacional de los parámetros físico – químicos en el tramo del Canal de Chiquimulilla, Iztapa, Escuintla – La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa.

### **Objetivos Específicos:**

1. Determinar y evaluar el comportamiento de los parámetros físicos y químicos del agua en el Canal de Chiquimulilla, Iztapa – La Candelaria.
2. Establecer el grado de contaminación por coliformes totales y fecales del agua en el Canal de Chiquimulilla, Iztapa – La Candelaria.
3. Determinar y evaluar los parámetros físicos y químicos de la Laguna El Pimiento ubicada dentro del complejo de humedales Iztapa – La Candelaria.

## **HIPÓTESIS**

La calidad de agua del Canal de Chiquimulilla y la Laguna El Pimiento ubicados dentro del complejo de humedales marino – costero Iztapa, Escuintla – La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa se encuentra deteriorada por contaminación orgánica y efectos de agroquímicos utilizados en el área.

## INTRODUCCIÓN

Los humedales son considerados como parte de los ecosistemas más productivos del mundo y representan una importancia vital tanto para la biodiversidad y el equilibrio ecológico como para las comunidades humanas que dependen de los beneficios que estos proveen.

Los humedales son zonas en las que el agua es el principal factor que controla el medio, la vida animal y vegetal relacionada con él. Se dan en los lugares donde la capa freática se halla en o cerca de la superficie de la tierra o donde la tierra está cubierta de agua poco profunda.

Los estuarios en particular son ecosistemas muy productivos donde gran cantidad de organismos tienen su hábitat, algunos de estos tienen una significativa importancia comercial, y representan un medio de subsistencia para muchas comunidades. También sirven de criaderos para peces, anidación y paso de aves migratorias, constituyen sitios de reproducción, entre otros.

Guatemala es un país privilegiado que posee una importante riqueza hídrica a lo largo de todo su territorio, cuenta con numerosos sistemas hidrológicos continentales y con dos vertientes oceánicas: la vertiente del Pacífico y la vertiente del Atlántico o Caribe y Golfo de México. En general cuenta con 252 sitios distribuidos en lagos, lagunas, lagunetas, pantanos, pozas, aguadas, ríos y zonas marino-costeras, según el Inventario Nacional de Humedales de Guatemala.

El Canal de Chiquimulilla es un cuerpo de agua de aproximadamente 120 kilómetros de longitud y atraviesa los municipios de La Gomera, San José, Iztapa pertenecientes al Departamento de Escuintla y Taxisco, Guazacapán, Chiquimulilla, del departamento de Santa Rosa

El área del complejo de humedales marino-costeros comprendida entre el municipio de Iztapa, Escuintla y la Aldea La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa además de poseer importantes y significativas zonas de bosque de manglar, posee un sistema de lagunas internas, incluyendo propiamente el Canal de Chiquimulilla.

Esta área en particular está sujeta constantemente a una alta presión debido a su cercanía con áreas urbanas y asentamientos humanos que dependen directa e indirectamente de los recursos hidrobiológicos que el ecosistema provee como una fuente constante de ingresos y de alimentos. Y principalmente la alta presión que están generando las actividades agropecuarias, las cuales traen como consecuencia la contaminación de las aguas y en general el uso desordenado e irresponsable de los recursos hidrobiológicos, lo cual de no ser atendido inmediatamente provocará la destrucción y extinción de estos ecosistemas únicos e irremplazables.

Este proyecto de investigación tuvo como objetivo principal describir los principales parámetros físico – químicos y bacteriológicos del agua, en el tramo del Canal de Chiquimulilla, dentro del complejo de humedales marino-costeros Iztapa – La Candelaria, como ecosistemas frágiles de alto valor de generación de vida y con fines de gestión sustentable.

## CAPITULO I

### 1. ANTECEDENTES

Euroconsult de Holanda, en colaboración de Delft Hydraulics de Holanda y ASIES de Guatemala (1995), realizó el proyecto “Rehabilitación y Manejo del Canal de Chiquimulilla” para el Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas de Guatemala y el Ministerio de Relaciones Exteriores de Holanda. En el informe final enumeran y analizan los límites físicos, legales, institucionales y socioeconómicos que inhiben al desarrollo sustentable del área a lo largo del canal, recomendando así, acciones e inversiones para evitar impactos negativos resultado del desarrollo.

Por otra parte existe la iniciativa del Corredor Biológico Mesoamericano -CBM-, el cual fue concebido para conectar áreas protegidas y otras áreas silvestres a través de “*corredores de hábitats naturales o restaurados*”, inicia desde el Darién en Panamá y se prolonga hasta la Selva Maya y cinco estados del sureste de México. La iniciativa del Corredor Biológico Mesoamericano, como un nuevo instrumento de cooperación regional, fue avalada por los Jefes de Estado de la región. Acordando promover la construcción del Corredor, como un sistema de ordenamiento territorial compuesto de áreas naturales bajo regímenes de administración especial, las cuales son interconectadas.

En Guatemala existe una propuesta de ubicación geográfica de los corredores prioritarios para la conservación. En la región de la Costa Sur se identifican como prioritarios: 1) El Corredor de Manglares a lo largo de la zona litoral y 2) Los cauces de los principales ríos que nacen en la cadena volcánica y desembocan en el Océano Pacífico.

El proyecto “Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Asociados a los Manglares del Pacífico Guatemalteco” INAB – UICN – UE, en el año 1999, identificó cuatro grandes áreas problemáticas para la zona del litoral del pacífico de Guatemala, siendo éstas, el cambio en el uso de la tierra, la marginalidad socioeconómica, las políticas inapropiadas y la ausencia en el manejo de los recursos naturales disponibles; afirmando así que la pobreza es el principal problema en la región y la causa fundamental de la presión sobre los recursos naturales.

García (2000) realizó la investigación titulada “Bases ecológicas de las funcionalidades del ecosistema manglar del pacífico de Guatemala”, la cual tuvo como objetivo la determinación de bases ecológicas, que permitieran establecer los indicadores que se deben aplicar para la generación de las directrices de uso y gestión de manglares en el pacífico guatemalteco. Los resultados evidencian un claro conocimiento de la evolución del ecosistema, la cual se ha encaminado al deterioro de los recursos naturales en el área. En el documento se proponen los indicadores de gestión ambiental para manglares entre estos se mencionan la cobertura de bosque, biomasa total, biomasa por especies, calidad del agua, calidad de suelo, caudales, sedimentación, cantidad y calidad de poblaciones, entre otras.

García (2,001), publicó la tesis de maestría “Directrices de Gestión Ambiental en el Ecosistema Manglar y otros Medios Naturales del Parque Nacional Sipacate-Naranjo”, con el objetivo de generar las directrices de gestión ambiental para ser aplicadas en el Parque Nacional Sipacate - Naranjo. La propuesta proporciona información sobre la gestión y uso de los medios naturales que se deberían realizar dentro del parque.

En forma general las directrices consisten en la zonificación del área utilizando el criterio biótico y geomorfológico, propuesta de un programa básico de

actuación que incluyen las directrices para un plan de uso público, plan de investigación y manejo, programa de adquisiciones, concesiones y ampliaciones, plan forestal, ordenamiento pesquero, salinero, aprovechamiento ganadero y turístico-recreativo.

En el año 2,002 se publicó el Inventario Nacional de los Humedales de Guatemala con la colaboración del Gobierno de Noruega – UICN / Mesoamericana - CBMA - Escuela de Biología USAC – CONAP. Este plantea como objetivos el desarrollo de un proceso que permita hacer un inventario nacional de humedales y elaborar el documento de consulta, así como establecer lineamientos para la caracterización de humedales y contar con un instrumento para orientar la toma de decisiones sobre conservación y manejo de los humedales. Concluye que en general todos los humedales de Guatemala requieren de protección, investigación y manejo.

En el año 2,002 el Corredor Biológico Costa Sur Canal de Chiquimulilla fue impulsado por FUNDAECO, pretendiendo unificar los manglares, estuarios y lagunas remanentes de la región, los cuales constituyen un corredor migratorio ecológico y ecológico funcional. El documento técnico recopila información referente a los valores ecológicos, principales problemas para la conservación y las recomendaciones pertinentes para la gestión.

Martínez 2,006 publicó la tesis de licenciatura titulada “Determinación de la calidad físico-química del agua del canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico”, acá se plantea la necesidad de generar estudios sobre la calidad físico química del agua en esta área, debido a que los estudios realizados no están actualizados y debido a que esta área constituye una zona de manejo especial en donde se busca mantener un equilibrio entre la relación hombre naturaleza. En esta investigación se concluye que de

acuerdo a los datos obtenidos, los valores de los diferentes parámetros evaluados en el área de estudio son característicos de este tipo de sistema, y recomienda un monitoreo continuo de calidad de agua, ya hay valores significativos en determinados parámetros que pueden afectar las actividades de conservación en el área.

Gutiérrez 2,007 publicó la tesis de licenciatura “Determinación de la eutrofización del canal de Chiquimulilla durante la época lluviosa en el sector de la Avellana a Monterrico, Guatemala” planteando como objetivo principal la determinación del grado de eutrofización en esta área, y evaluando la factibilidad y conveniencia del uso del agua en este tramo del canal para acuicultura. Concluyendo que durante la época lluviosa el proceso de eutrofización aumenta por la escorrentía y el ingreso de aguas de los afluentes de las barras. E indicando que la actividad acuícola es factible y recomienda precaución durante los meses de mayo y junio ya que los niveles de nitrógeno tóxico podrían elevarse a niveles letales para la acuicultura.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEORÍCO**

#### **2.1 HUMEDALES**

La Convención sobre los Humedales o Convención Ramsar define los humedales como “Extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Tabilo, 1999).

Esta definición abarca una gran cantidad de humedales con características muy distintas. Cada humedal está formado por una serie de componentes físicos, químicos y biológicos, como suelos, agua, especies de flora, fauna y nutrimentos. Los procesos entre estos componentes y dentro de cada uno de ellos permiten que el humedal desempeñe funciones, como el control de inundaciones y la protección contra tormentas, permitiendo también la vida silvestre, pesquerías y recursos forestales (Tabilo, 1999).

Estos ecosistemas cumplen funciones de protección contra inundaciones, y tormentas, mantenimiento de la calidad de agua, medio de transporte acuático, oportunidades de recreación y turismo, estabilización de la línea costera, retención de sedimentos y nutrimentos, además de brindar oportunidad de investigación y educación. También poseen características intangibles como la biodiversidad y el patrimonio cultural (Aguilar, 1998).

**2.1.1 Ecosistemas de Humedales:** Dentro de estos se mencionan los criptohumedales, estuarios, manglares, costas abiertas, llanuras de

inundación, pantanos de agua dulce, lagos, turberas, bosques de inundación. (UICN, 1992)

### **Estuarios:**

Este sistema esta constituido por la mezcla gradual de agua dulce y agua de mar. Ecológicamente, es la manifestación de un proceso de mezcla. El agua dulce se mueve hacia afuera en superficie y se mezcla progresivamente con agua de mar., generándose como compensación una corriente profunda de agua marina en dirección al río. (Margalef, 1983)

Un estuario también se define como un cuerpo de agua semicerrado que posee una conexión libre con el mar y el cual se diluye con agua dulce del drenaje terrestre.

Los estuarios están limitados a las desembocaduras de los ríos y la zona de mareas marinas, presentan a menudo áreas salinas, pero el tamaño de ellas depende de la cantidad de agua dulce aportada, los estuarios en contraste con las lagunas se caracterizan por ser poiquilotérmicos y por la inestabilidad de los factores ambientales. (Roldán, 1992)

En estos ecosistemas se observan dos factores ambientales de gran importancia, las mareas, la cantidad y ritmo de flujo de agua dulce. Aquí los nutrientes de la tierra se mezclan en el estuario con el flujo de las mareas, resultando este lugar muy fértil y productivo. Los estuarios son dinámicos debido al gran flujo e intercambio entre el ambiente terrestre y marino. Esta interacción entre dos tipos de agua trae como consecuencia variaciones en la salinidad del sistema. En algunos estuarios se ha encontrado que el agua de mar y el agua dulce se mezclan tan bien, que es homogénea, mientras que en otros sitios se forman dos capas, la superior de agua dulce y la inferior de agua salada por ser ésta más densa. Pese a que las condiciones físicas a menudo

son difíciles y la diversidad de las especies es consecuentemente baja, las condiciones alimenticias son con todo tan favorables que la región está repleta de vida. En estas condiciones podemos observar que algunos organismos se adaptan, por tener unas tolerancias amplias a la salinidad y temperatura, mientras que otros no pueden subsistir en este medio y mueren. En estos lugares podemos encontrar especies que son endémicas (especies confinadas a la zona), mientras que otras solo vienen a desovar o a pasar una parte de su ciclo de vida. Para estos animales cualquier impedimento que obstruya su acceso al estuario puede implicar una alteración en su ciclo de vida, imposibilitando así la reproducción de generaciones futuras. (Departamento de recursos naturales de Estados Unidos, 1985)

Los estuarios poseen a menudo tres tipos de productores que realizan el proceso de fotosíntesis; macrófitos (algas, hiervas marinas y hierbas de pantanos), micrófitos bénticos (algas y otros tipos de plantas unidas al fondo) y fitoplancton (algas microscópicas). También podemos encontrar comunidades de plantas asociadas al lugar como bosques pantanosos, pantanos, manglares y plantas flotantes. (Departamento de recursos naturales de Estados Unidos, 1985)

**La importancia de los estuarios radica en:**

- Son áreas de alta productividad debido a la gran cantidad de nutrientes que le llegan provenientes de la tierra y el mar, quedando estos atrapados en el lugar.
- Estos sistemas poseen poca profundidad lo que permite la fácil penetración de la luz solar a través de la columna de agua, promoviendo así una fotosíntesis más activa.

- En períodos en que el flujo de agua dulce es mayor de lo normal los estuarios ayudan a remover sedimentos y contaminantes de las corrientes y aguas de desagüe, manteniendo de esta manera las aguas costaneras más limpias.
- Exportan grandes cantidades de materia orgánica disuelta y particulada hacia las aguas de la costa.
- Son conocidos hábitat de un gran número de especies marinas de importancia comercial (camarones, jareas, cangrejos, moluscos).
- Son viveros naturales en donde pasan parte de su vida innumerables especies de peces, crustáceos y moluscos.
- Sirven de refugio para muchas aves acuáticas nativas.
- Son áreas que pueden retener grandes volúmenes de agua, brindando protección contra inundaciones.

**Los estuarios pueden ser afectados por los siguientes factores:**

- La rápida industrialización y el aumento poblacional resulta en alteraciones significativas en este sistema.
- La deforestación de nuestras zonas estuarinas.
- Contaminación de las aguas estuarinas por descargas de afluentes domésticos e industriales, aguas calientes, derrames de petróleo y otros.
- La excesiva sedimentación afecta la salud del sistema.

- Estructuras para controlar el movimiento del agua dulce, tales como las presas, las bombas y otras, afectan el equilibrio del sistema.

(Departamento de recursos naturales de Estados Unidos, 1985)

## **2.2 LA COSTA DEL PACÍFICO GUATEMALTECO**

La zona costera es la franja de tierra seca y el espacio de océano adyacente (agua y tierras sumergidas) donde los procesos terrestres y los usos de la tierra afectan directamente a los procesos y usos oceánicos (Fundaeo, 2002).

La zona costero-marino comprende varios conceptos incluyendo los sistemas socioeconómicos implicados y los sistemas naturales como estuarios, cuencas, lagunas costeras y área oceánicas. Cada uno de estos sistemas posee propiedades especiales, como es el caso de los bosques de manglar, los sistemas de lagunas y el canal de Chiquimulilla, elementos que integran el gran ecosistema de la costa Sur de Guatemala (Fundaeo, 2002).

La costa o el litoral del Pacífico, se caracteriza por una extensa planicie que abarca aproximadamente 253 kilómetros de longitud a lo largo del océano y una plataforma continental de 12,300 Km<sup>2</sup>. Existen algunos ecosistemas importantes en esta área como los humedales de Manchón Guamuchal, el Canal de Chiquimulilla, las Lagunas de Sipacate-Naranja y los Humedales de Monterrico (Fundaeo, 2002).

### **2.2.1 Recursos Marino Costeros del Sur de Guatemala**

La costa Pacífica de Guatemala tiene una amplia representación de ambientes sedimentarios. La existencia de una cordillera transísmica, relieves abruptos, climas tropicales y lluviosos, favorecen la erosión y el consecuente suministro de abundantes sedimentos terrígenos a la zona costera (Fundaeo, 2002).

La formación geológica en la que se encuentra el área es la Planicie Costera del Pacífico, el área se ubica dentro de la región fisiográfica denominada Llanura Costera del Pacífico (Fundaeo, 2002).

Los suelos en los manglares se caracterizan por ser profundos, con elevada composición arcillosa, (casi siempre compacta, con poca aireación y sin estructura) formados por la deposición de partículas de arcilla, limo, materia orgánica y mínimas fracciones de arena de mar, con gran cantidad de sodio debido a la influencia del agua de mar (Fundaeo, 2002).

La vegetación en los manglares del Pacífico está compuesta por una mezcla de árboles, hierbas, lianas y epifitas. Esta vegetación muestra diversos grados de adaptación al ambiente salino e inundado. El núcleo principal del bosque, tanto en climas secos o lluviosos, está compuesto por especies de los géneros *Rhizophora* y *Avicennia* (Fundaeo, 2002).

La fauna asociada a los manglares es muy diversa y está poco estudiada. El bosque está habitado por una variedad de insectos, aves, mamíferos y reptiles. La avifauna de estos bosques incluye más de 160 especies, de las cuales más del 25% de ellas son migratorias. En la distribución de las aves dentro del manglar es posible determinar patrones espaciales (Fundaeo, 2002).

Varias de estas especies están amenazadas por lo que se incluyen en la Lista Roja Oficial de Fauna Silvestre para Guatemala y en el tratado de CITES. En el área es muy común la cacería de aves acuáticas, tanto por parte de comunitarios para el consumo local, como por personas ajenas al lugar o comerciantes (Fundaeo, 2002).

### **2.2.2 Recursos Hidrobiológicos:**

Las familias típicas de peces representativas del medio ambiente lagunar-estuarino y la plataforma continental adyacente en las costas del Pacífico,

pertenecen a las familias: *Clupeidae*, *Dasyatidae*, *Trigilidae*, *Engraulidae*, *Lutjanidae*, *Gerreidae*, *Pomadasydae*, *Tetraodontidae*, *Arridae*, *Bothidae*, *Soleidae*, *Carangidae*, *Serranidae*, *Gobiidae*, *Sciaenidae* y *Synodontidae*. Las aguas costeras e interiores en la Costa Sur son ricas en fauna hidrobiológica, por lo tanto, es importante considerar que muchas de estas especies se reproducen en el estuario, en donde transcurre la etapa larval y juvenil (Fundaecco, 2002).

### **2.2.3 La Vulnerabilidad de la Zona Costera:**

La zona costera no puede dividirse en partes aisladas para ser conservadas independientemente de su entorno. Las áreas marino-costeras están vinculadas por sus zonas de influencia terrestre y acuática, que involucran las actividades humanas que en ella se desarrollan. Es casi seguro que cualquier actividad que altere un ecosistema en tierra, en algún momento, tendrá un impacto en el nivel inferior inmediato, el que finalmente será percibido en el mar (Fundaecco, 2002).

Las áreas costero-marinas del Sur de Guatemala son muy vulnerables a los impactos generados en sus porciones terrestre y marina. Esto se debe al manejo actual de los recursos marinos, tanto como el manejo que hacen las poblaciones, la agroindustria y la industria en las partes altas y medias de la Vertiente del Pacífico (Fundaecco, 2002).

La costa sur de Guatemala es un área económicamente importante para el país donde las actividades productivas vinculadas a la agroindustria, la ganadería y la existencia de puertos marítimos, han generado una alta concentración humana y el desarrollo de centros urbanos de importancia. Estas condiciones han ocasionado un severo impacto sobre los ecosistemas originales, los cuales tenían hábitats similares a los existentes actualmente en el departamento de El Petén (Fundaecco, 2002).

#### **2.2.4 Canal de Chiquimulilla:**

El canal de Chiquimulilla se extiende unos 120 kilómetros casi paralelos a la línea de costa. Representa un importante hábitat de especies de animales y plantas, sirve de drenaje a cinco cuencas y una sub-cuenca y es el medio de comunicación entre varias comunidades (Fundaeo, 2002).

Este canal está siendo objeto de continua destrucción, producto de la deforestación de la zona de mangle, la contaminación por insecticidas, agroquímicos y aguas servidas. La presión sobre las especies animales ha llevado casi a la desaparición de mamíferos como el mapache y la comadreja. De igual forma se ha reportado una reducción de las especies de peces, crustáceos y moluscos. Resulta de suma importancia señalar que este canal es el medio de subsistencia económica para más de 10,000 familias de las comunidades aledañas (Fundaeo, 2002).

### **2.3 CALIDAD DE AGUA**

El término calidad del agua es relativo, y se refiere a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Es un término que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada. (Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007)

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc. (Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007)

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por instituciones como la Organización Mundial de la Salud -O.M.S.-, la Organización Panamericana de la Salud -O.P.S.-, La Agencia de Protección Ambiental -EPA- por sus siglas en inglés y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro. (Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007)

Los cuerpos de agua presentan características hidrográficas diferenciales que deben ser consideradas al evaluar la calidad de sus aguas. Las características físico – químicas del agua, son determinadas por las condiciones existentes en la cuenca hidrológica (climáticas, geomorfológicas y geoquímicas) y varían espacial y temporalmente. En zonas tropicales existen otras variables que influyen en la calidad de agua como la temperatura, la estacionalidad y la altitud (Brugnoli, 1999).

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre substratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidad apreciable la sílice. (Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007)

La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la

cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos, y la pérdida de calidad será menor. Por otra parte, la temperatura tiene relevancia, ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de la temperatura. (Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007)

El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presenta sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua. Las aguas hipersalinas o muy sulfurosas, por ejemplo, no se pueden usar como agua potable o de riego. En estos casos, con frecuencia, el carácter del agua la hace indicada para un uso reservado a la conservación, pues suelen albergar comunidades naturales raras. (Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007)

Los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoniac, compuestos fenólicos, hidrocarburos derivados del petróleo, cloro residual, cinc total y cobre soluble. (Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007)

### **2.3.1 Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos:**

- **Temperatura:** Influye directamente sobre las necesidades de oxígeno de los organismos acuáticos y afecta los procesos físico – químicos, biológicos y las concentraciones de otras variables (oxígeno, nitrógeno, etc.). A mayor temperatura, menor contenido de gases disueltos, mayor respiración ocasionando mayor consumo de oxígeno y descomposición de materia orgánica, incremento del fitoplancton y turbidez (Brugnoli, 1999).

- **Oxígeno:** El oxígeno disuelto es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos. La difusión de este en un ecosistema acuático se lleva a cabo por medio de la circulación y movimiento del agua provocados por diferencia de densidad de las capas de agua o por los vientos (Roldán, 1992).

El contenido de oxígeno varía estacional y diariamente en relación con la actividad biológica, la temperatura, salinidad, altitud o turbulencia. La presencia de concentraciones en determinados rangos de oxígeno disuelto, denota buena calidad en las aguas y su ausencia indica sistemas anaeróbicos por contaminación o procesos biológicos (Brugnoli, 1999).

- **Potencial Hidrógeno (pH):** Se define como la concentración de iones hidrógeno concentrados en el agua. Una alteración en el pH del medio acuático provoca grandes cambios con respecto a otros aspectos fisicoquímicos del agua, debido a que el ambiente químico para los organismos acuáticos está fuertemente influenciado por el pH (Wheaton, 1982).

- **Conductividad Eléctrica:** Mide la cantidad total de iones en el agua, por lo que se relaciona con la salinidad. A través de la conductividad se puede conocer mucho del metabolismo de un ecosistema acuático, así como, la magnitud de la concentración iónica (los iones responsables de la conductividad son los macro nutrientes como el calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, cloruros y sulfatos), la variación diaria de la conductividad que proporciona información acerca de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, la detección de fuentes de contaminación y la naturaleza geoquímica del terreno (Roldán, 1992).

- **Salinidad:** Se define como la cantidad total de material sólido en gramos contenido en un kg. de agua de mar cuando todo el carbonato ha sido convertido en óxidos, el bromo y el yodo reemplazados por el cloro y toda la materia orgánica completamente oxidada. La salinidad de las aguas naturales varía de básicamente cero a más de 40 partes por mil (Wheaton, 1982).
- **Dureza:** La dureza del agua está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella. Se consideran aguas poco productivas aquellas que poseen menos de  $10\text{mg.l}^{-1}$  de calcio; aguas medianamente productivas las que poseen valores entre  $10$  y  $25\text{mg.l}^{-1}$  y aguas muy productivas las que poseen valores superiores a los  $25\text{mg.l}^{-1}$ . Las aguas con bajos valores de dureza se llaman también “aguas blandas” y biológicamente son poco productivas, por el contrario, aguas con altos valores de dureza se denominan “duras” y por lo regular son muy productivas (Roldán, 1992).
- **Fósforo:** El fósforo es utilizado por los organismos para la transferencia de energía dentro de la célula, para algunos sistemas enzimáticos y para otras funciones celulares. Este se encuentra en varias formas en los sistemas acuáticos siendo los más importantes: fósforo inorgánico soluble, fósforo orgánico soluble y fósforo orgánico en partículas. Las reacciones químicas del fósforo son dependientes del pH por lo que se considera que la química del fósforo en los sistemas acuáticos es muy variable (Wheaton, 1982). El fósforo es el elemento biogénico que juega el papel más importante en el metabolismo biológico, es el menos abundante y al mismo tiempo es el factor más limitante en la productividad primaria. La forma más importante es la de ortofosfato pues es la manera como las plantas acuáticas y el fitoplancton pueden absorberlo (Roldán, 1992).

- **Nitrógeno:** El nitrógeno es un elemento necesario en la estructura de las proteínas, para realizar funciones como la fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, formación de genes y crecimiento. Este se encuentra en varias formas en los cuerpos de agua siendo las más comunes el nitrato ( $\text{NO}_3$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), amonio ( $\text{NH}_4$ ), nitrógeno como gas libre ( $\text{N}_2$ ) y en formas orgánicas como aminoácidos y proteínas. La conversión de una forma a otra ocurre por reacciones químicas pero generalmente son resultado de acciones biológicas (Wheaton, 1982).

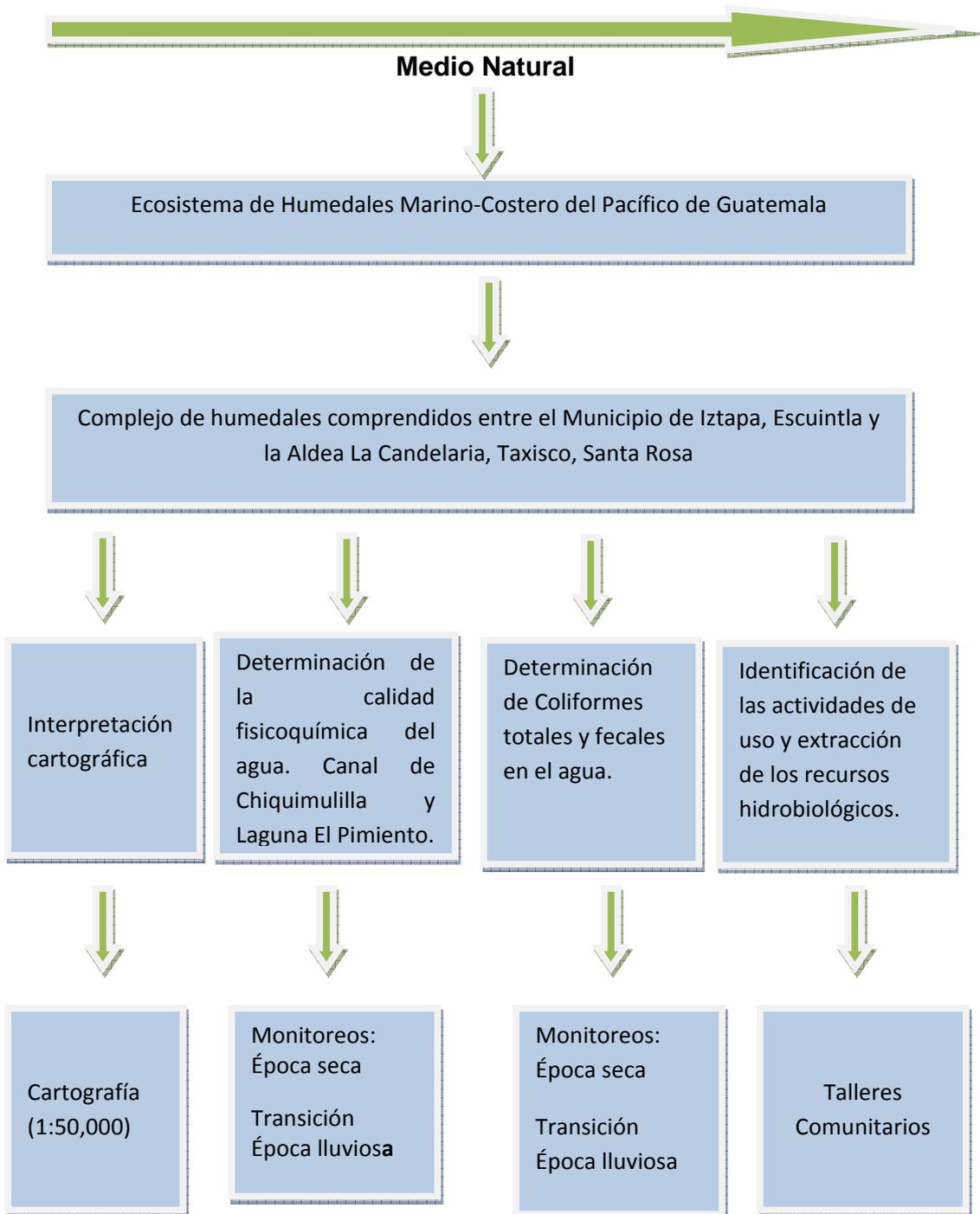
De todas estas formas de nitrógeno, los nitratos y el ion amonio son los más importantes para los ecosistemas acuáticos, ya que constituyen la fuente principal para los organismos residentes en este medio (Roldán, 1992).

El nitrato es reducido a nitrito, en condiciones anaeróbicas y el nitrito puede ser oxidado a nitrato. Ambas especies, son incluidas para las determinaciones de calidad del agua para consumo humano y detección de impactos orgánicos o de origen industrial. Elevadas concentraciones de nitrato pueden indicar contaminación orgánica o efectos de fertilizantes, así como, altas concentraciones de nitrito indican la presencia de efluentes industriales y baja calidad de agua (Brugnoli, 1999).

- **Microbiología:** Una elevada proporción de los riesgos para la salud humana, son las enfermedades causadas por microorganismos. La mayoría provienen de aguas negras o servidas, que contienen vertidos domésticos y elevadas cargas de heces humanas y de animales terrestres. Los coliformes fecales, son bacterias que existen en las heces. En si no son contaminantes ya que existen en el tracto digestivo del ser humano, sin embargo, en determinadas cantidades causan enfermedades por la presencia de otros organismos patógenos, como *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, *Escherichia coli*, *Leptospira sp.*, o *Adenovirus*. (Brugnoli, 1999)

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Esquema Metodológico



### 3.2 Ubicación Geográfica

El área de estudio se localizo en la costa del pacífico guatemalteco en el área del Canal de Chiquimulilla, comprendida desde el Municipio de Iztapa, Escuintla hacia la aldea La Candelaria, Municipio de Taxisco Departamento de Santa Rosa. Abarcando un área de aproximadamente diecisiete kilómetros.

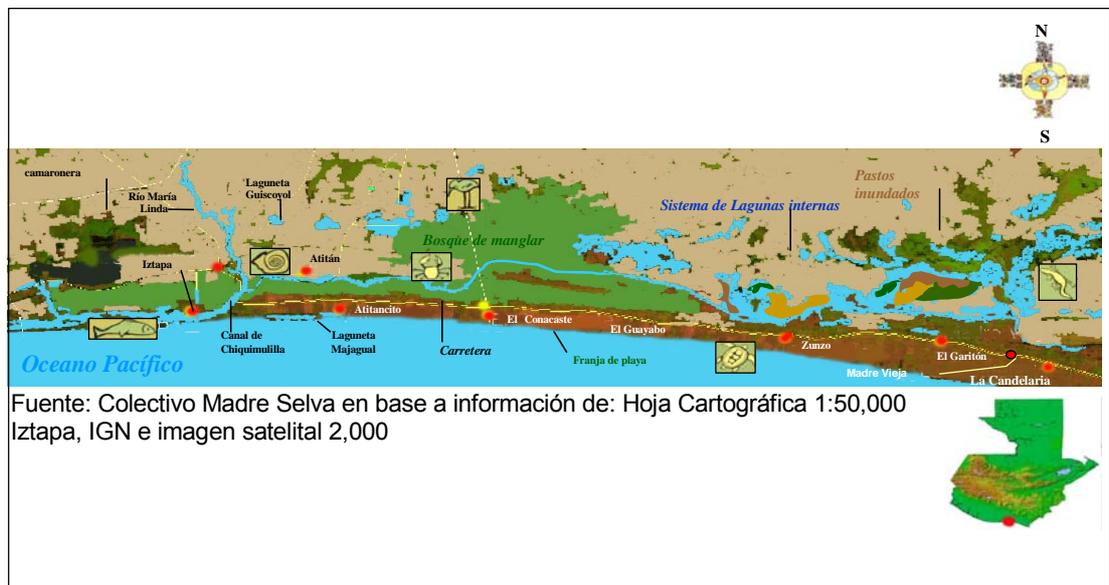
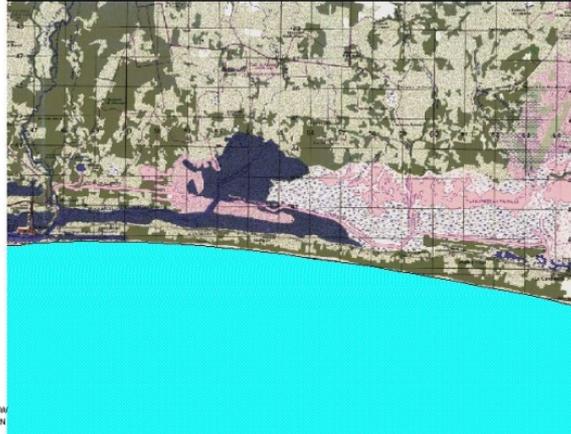


Ilustración 1. Complejo de humedales marino- costera Iztapa – La Candelaria  
Fuente: Colectivo Madre Selva

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
DIGI/CEMA-USAC



USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL COMPLEJO DE HUMEDALES  
MARINO-COSTEROS COMPRENDIDOS ENTRE EL MUNICIPIO DE IZTAPA  
ESCUINTLA Y LA ALDEA LA CANDELARIA, TAXISCO, SANTA ROSA  
MEDIANTE VALORACIÓN ECONÓMICA DE SERVICIOS AMBIENTALES  
Y FACTORES DEL MODELADO



Puerto de Iztapa : 90.72 LW  
13.03 LN

Aldea La Candelaria: 90.56 LW  
13.02 LN

OpenStreetMap

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA -CEMA-  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN -DIGI-  
PROGRAMA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Ilustración No. 2: Área de estudio  
Fuente: Proyecto DIGI / CEMA / USAC 07

## LAGUNA EL PIMIENTO



600 0 600 1200 Kilometers



Ilustración No. 3: Imagen Satelital Laguna El Pimiento  
Fuente: Proyecto DIGI / CEMA / USAC 07

### **3.3 Identificación de Actividades de Uso y Extracción de los Recursos Hidrobiológicos:**

Se llevaron a cabo dos Talleres Participativos con el fin de identificar las actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos desde el área de Iztapa, Escuintla a la aldea la Candelaria, Taxisco. Los talleres se realizaron con las comunidades que tienen una relación directa con el humedal. Estas comunidades se encuentran actualmente organizadas en comités de desarrollo. También fueron invitados a la actividad representantes municipales.

El primer taller se llevo a cabo con representantes de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES) de las comunidades de: Iztapa, Atitán, Atitancito, Conacaste y Guayabo, las cuales pertenecen al municipio de Iztapa. El segundo taller se realizó igualmente con representantes de los Consejos comunitarios de desarrollo de las comunidades de: Zunzo, Madre Vieja, Garitón y Candelaria, las cuales pertenecen al municipio de Taxisco.

Cada taller estuvo conformado por tres etapas:

- La primera etapa inició con una exposición sobre el tema de humedales a forma de introducir a los participantes en la discusión.
- En la segunda etapa se dieron instrucciones de trabajo y se dividirán en grupos por comunidad a los participantes para discutir los siguientes aspectos: uso actual de los recursos hidrobiológicos, actividades de extracción de los recursos hidrobiológicos e identificación fuentes de presión y amenazas del ecosistema.

- En la tercera etapa se elaboraron papelógrafos con las conclusiones de la actividad y se realizará una plenaria para socializar los resultados y hacer un resumen de lo discutido en cada grupo.

### **Verificación de las actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos:**

Se realizó un recorrido completo del área en estudio con el fin de verificar la información obtenida a través de los talleres comunitarios sobre el uso y extracción de los recursos hidrobiológicos. Durante este recorrido se utilizará la técnica de observación para documentará la información a través de fotografías y descripción de las actividades identificadas.

### **3.4 Descripción de la fase de muestreo y análisis de laboratorio**

#### **Calidad del Agua:**

Por medio de la utilización de la Hoja Cartográfica 20571 Iztapa a escala 1:50,000 y una visita de reconocimiento del área se definieron los puntos de muestreo a lo largo del Canal de Chiquimulilla comprendidos desde el Municipio de Iztapa hacia la Aldea La Candelaria, Taxisco midiendo está área aproximadamente 17km.

Así mismo por medio de la utilización de una imagen satelital se definieron cuatro puntos de muestreo en la Laguna El Pimiento.

Los puntos de muestreo se seleccionarán considerando las características hidrográficas del área y por la proximidad de fuentes puntuales de contaminación.

PUNTOS DE MUESTREO  
CALIDAD DE AGUA EPOCA SECA.

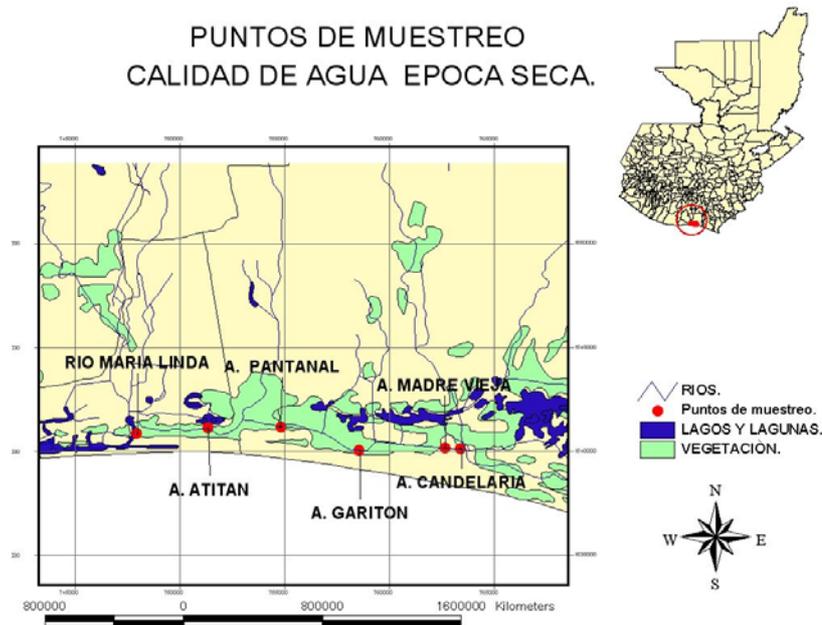


Ilustración No. 4 Mapa de Puntos de Muestreo Canal de Chiquimulilla  
Fuente: Hoja cartográfica 1:50,000 Iztapa

PUNTOS DE MUESTREO EN LA  
LAGUNA EL PIMIENTO

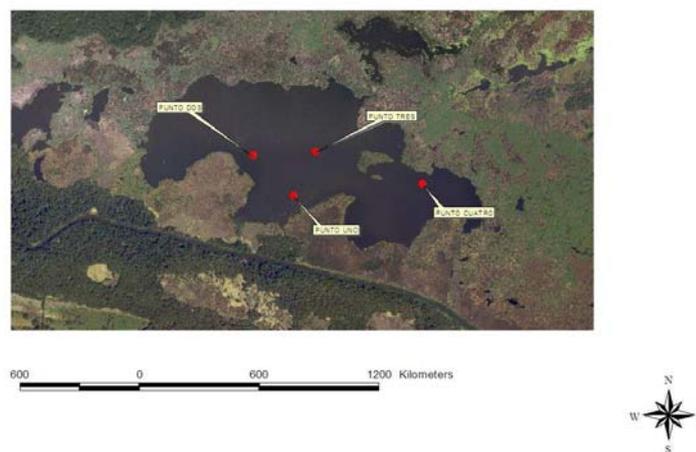


Ilustración No. 5 Ubicación Puntos de Muestreo Laguna El Pimiento  
Fuente: Proyecto DIGI / CEMA / USAC 07

### **3.5 Diseño de Investigación:**

#### **Canal de Chiquimulilla Iztapa – La Candelaria:**

Investigación descriptiva de 12 parámetros de calidad fisicoquímica del agua, con mediciones que se realizaron en época seca, transición época seca a lluviosa y época lluviosa se seleccionarán 6 puntos de muestreo en el canal de Chiquimulilla partiendo de Iztapa hacia La Candelaria.

Parámetros físico-químicos que se evaluarán:

Físicos *in situ*:

Temperatura

Oxígeno disuelto

Porcentaje de saturación de oxígeno

pH

Transparencia

Salinidad

Profundidad

Químicos:

Nitritos

Nitratos

Fosfatos

Dureza

Amonio

**Laguna El Pimiento:**

Investigación descriptiva de 10 parámetros de calidad fisicoquímica del agua, con mediciones que se realizaron en época lluviosa en los meses de octubre 2,007 y agosto 2,008, se seleccionarán 4 puntos de muestreo.

*Físicos in situ:*

Temperatura

Oxígeno disuelto

pH

Salinidad

Conductividad

*Químicos:*

Nitritos

Nitratos

Fosfatos

Para la determinación de temperatura, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, pH, salinidad y conductividad del agua se utilizó una sonda multiparamétrica LaMotte. De acuerdo al siguiente procedimiento:

Lavado del electrodo con agua destilada utilizando para ello una pizeta. Se sumerge el electrodo, asegurándose de que todo el electrodo este hundido, se recomienda sumergirlo treinta centímetros de profundidad. Se deja que el valor en la pantalla se estabilice y se registra en la hoja de datos.

La transparencia se determinará con la utilización del disco de Secchi, este es un disco blanco con franjas negras de 20 cm de diámetro. Se deja descender en el agua, pendiente de una cuerda medida en cm, anotando la profundidad a la cual se deja de observar el disco.

Utilizando una ecosonda se realizará el perfil batimétrico y longitudinal del tramo del Canal de Chiquimulilla, Iztapa – La Candelaria.

Las muestras de agua para análisis en laboratorio se recolectarán de acuerdo al siguiente procedimiento:

Cada botella se debe lavar previamente en el laboratorio utilizando detergente no iónico libre de fosfatos, ácido clorhídrico al 3% y agua destilada para eliminar todo tipo de sustancia que pudiera alterar la muestra. Cada botella se acondiciona previamente con tres lavados con el agua del punto de muestreo, procurando no alterar los sedimentos en cada lavado. Se llenó la botella sumergiéndola contra corriente, sin dejar burbujas de aire. Se almacenaron con hielo las botellas y se transportaron para su análisis en laboratorio.

El análisis de los parámetros químicos del agua a excepción de la dureza, se realizó en el Laboratorio De Calidad del Agua del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, utilizando el equipo Hach modelo DR-890 con los reactivos correspondientes para cada variable. A continuación una breve descripción del procedimiento que se siguió, de acuerdo, al manual del equipo

### 3.6 Métodos de laboratorio:

#### Nitritos NO<sub>2</sub>:

- Programación del equipo para la lectura de la variable nitritos
- El tubo de lectura se lleno con 10ml de muestra
- Se añadió el contenido del sobre del reactivo NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillow, se agita hasta disolver.
- Debe pasar un periodo de 15 minutos antes de la lectura
- Luego de pasado estos 15 minutos se lleno otro tubo con 10ml de la muestra el blanco.
- Se coloco este tubo en el colorímetro para una lectura de 0.000mg/l NO<sub>2</sub>- N
- A continuación se sustituyo por el tubo que contiene la muestra preparada y se leyó el resultado.

#### Nitratos NO<sub>3</sub>:

- Programación del equipo para la lectura de la variable nitratos
- El tubo de lectura se lleno con 10ml de muestra
- Se añadió el contenido del sobre del reactivo NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow, se agita hasta disolver.
- Debe pasar un periodo de reacción de un minuto.
- Seguido de una segunda señal que marca el equipo deben pasa otros 5 minutos antes de la lectura de la muestra.
- Luego se lleno otro tubo con 10ml de la muestra el blanco.
- Se coloco este tubo en el colorímetro para una lectura de 0.000mg/l NO<sub>3</sub>- N
- A continuación se sustituye por el tubo que contiene la muestra preparada y se leyó el resultado.

#### Amonio NH<sub>4</sub>:

- Programación del equipo para la lectura de la variable amonio
- El tubo se lleno con 10ml de agua desionizada
- Llenar un segundo tubo con 10ml de agua de la muestra.
- Se añadió el contenido del sobre del reactivo Ammonia Salicylate Reagent Powder Pillow, a cada uno de los tubos, agitándose hasta disolver.
- Debe pasar un periodo de reacción de tres minutos.
- Luego de esto se añadió el contenido del sobre del reactivo Ammonia Cyanurate Reagent Powder Pillow a cada tubo, se agita hasta disolver.
- Seguido de una segunda señal que marca el equipo deben pasa otros 15 minutos antes de la lectura de la muestra.
- Se colocó el blanco en el colorímetro para una lectura de 0.00 mg/l NH<sub>4</sub>- N
- A continuación se sustituyo por el tubo que contiene la muestra preparada y se leyó el resultado.

#### Fosfatos PO<sub>4</sub>:

- Programación del equipo para la lectura de la variable fosfatos
- El tubo de lectura se lleno con 10ml de muestra
- Se añadió el contenido del sobre del reactivo Phos Ver 3 Phosphate Powder Pillow, agitándose hasta disolver durante 15 segundos.
- Debe pasar un periodo de reacción de dos minutos.
- Luego se lleno otro tubo con 10ml de la muestra el blanco.
- Se colocó este tubo en el colorímetro para una lectura de 0.00 mg/l PO<sub>4</sub>
- A continuación se sustituyo por el tubo que contiene la muestra preparada y se leyó el resultado.

Dureza:

- Se tomó 50 ml de la muestra
- Agregándole un ml de la solución amortiguadora de amonio
- Se añadió 8 gotas de indicador de hidrolilamina (negro de ericromo)
- Titular con la solución de EDTA hasta que el punto final vire, que es el color rojo vino a azul.
- Para calcular la dureza total expresada como mg/l de CaCO<sub>3</sub> se aplico la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{ml gastados}) (M) (1000)}{\text{volumen de la muestra en ml}} = \text{mg/l de CaCO}_3$$

M = es la molaridad del EDTA = 0.01 molar

### **Calidad Bacteriológica del Agua**

Paralelo a esto se tomaron 3 muestras para análisis bacteriológico (coliformes totales y coliformes fecales) del tramo del Canal de Chiquimulilla Iztapa – La Candelaria, las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos durante el periodo de la presente investigación se evalúan en función de las condiciones que prevalecieron durante cada muestreo y en cada uno de los puntos muestreados.

El primer muestreo se llevó a cabo en la época seca, cuando las temperaturas alcanzan valores mayores, y este tramo del Canal de Chiquimulilla presenta una disminución en el nivel del agua.

El segundo muestreo se realizó en la transición de la época seca a la época lluviosa, pudiéndose observar ya variaciones en la mayoría de los parámetros evaluados. Y por último el tercer muestreo se efectuó en la época lluviosa, observándose una disminución en los valores de temperatura y un incremento en el nivel del agua del canal, observándose variaciones significativas en los diferentes parámetros.

Es importante mencionar que el primer punto de muestreo fue en la desembocadura del río María Linda al canal, esto implica un aporte importante de agua dulce al canal, así como de material disuelto y en suspensión. Los puntos ubicados en El Pantanal, El Garitón, Madre Vieja y Candelaria, son influenciados por poblaciones asentadas a la orilla del canal y por actividades agropecuarias como el cultivo de caña de azúcar.

Los bosques de manglar abarcan los puntos de la Desembocadura del río María Linda, Atitán, El Pantanal y Garitón, los puntos restantes de Madre Vieja y Candelaria se caracterizan por una vegetación en la que predomina el tul principalmente, ninfa y carrizo.

Paralelo a esto se realizaron dos muestreos durante la época lluviosa en los meses de octubre 2,007 y agosto 2,008 en la Laguna El Pimiento ubicada dentro de este complejo de humedales marino costeros Iztapa – La Candelaria, la vegetación que rodea esta laguna la constituye principalmente el tul, carrizo, ninfa y otras variedades de macrófitas.

Esta laguna proporciona recursos pesqueros a las comunidades ubicadas en sus inmediaciones constituyéndose en una fuente de sustento económico y de seguridad alimentaria.

Actualmente esta laguna costera se encuentra fuertemente presionada principalmente por la contaminación producto de las actividades agropecuarias, lo cual se evidencia en los resultados obtenidos.

#### **4.1 Identificación de las actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos:**

Como puede apreciarse en el cuadro 1, de acuerdo al taller realizado con representantes de los Comités Comunitarios de Desarrollo COCODES, de las comunidades de: Iztapa, Puerto Viejo, Atitán, Atitancito, Conacaste, Guayabo, Las Morenas, Wiscoyol, Aldea el Chile, Santa Cecilia, Barrio El Morón y Colonia La Providencia; en los recursos hídricos, se dan 7 usos del agua, de los cuales 4 significan extracción del recurso hídrico los cuales se dan en el canal mareal de Chiquimulilla, en las lagunas costeras que son sistemas de humedales salinos principalmente y desarrollados en depresiones geomorfológicas de gran importancia para la recarga hídrica y como ecosistemas que albergan diferentes especies de flora y fauna.

En el recurso manglar, el uso es principalmente de naturaleza doméstica, considerando 6 usos principales constituidos por la provisión de energía a través de leña, la construcción de viviendas, agricultura y muebles.

El recurso pesquero está asociado directamente a la extracción de especies de interés comercial representado por 16 especies que incluyen peces, moluscos y crustáceos.

Cuadro No.1 Actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos Iztapa, Puerto Viejo, Atitán, Atitancito, Conacaste, Guayabo, Las Morenas, Wiscoyol, Aldea el Chile, Santa Cecilia, Barrio El Morón y Colonia La Providencia

RECURSOS HÍDRICOS	MANGLAR	RECURSOS PESQUEROS
Pesca Turísticos Comercio Transporte. Riego para cultivos Abastecimiento de agua. Bebederos de ganado	Leña, construcción de casas, postes de cerco, decoración. Barrera natural. Construcción de muebles	pargo robalo, mojarra tilapia. liceta. bagre juilín Guabina Machorra. . Pupo. . Abulón. . Concha burro . Concha gorila. . Camarón pilero, blanco . Cangrejo de rio, cholón, . Jaiba.

Fuente: Taller comunitario

Al mismo tiempo identificaron las amenazas y fuentes de presión que afectan a estos recursos:

Cuadro No. 2 Amenazas y fuentes de presión para los recursos hidrobiológicos Iztapa, Puerto Viejo, Atitán, Atitancito, Conacaste, Guayabo, Las Morenas, Wiscoyol, Aldea el Chile, Santa Cecilia, Barrio El Morón y Colonia La Providencia

<b>RECURSOS HÍDRICOS</b>	<b>RECURSO MANGLAR</b>	<b>RECURSO PESCA</b>
<b>Canal – Río – Lagunas</b>		
<b>Amenazas</b>	<b>Amenaza</b>	<b>Amenazas</b>
Deforestación	Tala inmoderada para venta de madera y construcción	Pesca excesiva
Contaminación doméstica e industrial	Construcción de camaronera	Contaminación del medio ambiente, químicos
Basura	Contaminación por químicos	Pesca excesiva
Perdida de fauna y flora		
Inundaciones		
<b>Fuentes de Presión</b>	<b>Fuentes de Presión</b>	<b>Fuentes de Presión</b>
Camaroneras	Fincas cañeras	Cooperativas pesqueras
Cañeras	El hombre	Industrias de químicos
Cooperativas pesqueras e industriales	Corrupción de autoridades	Fincas Cañeras
El hombre		

Fuente: Taller comunitario

En el cuadro 3 se aprecian los resultados del Segundo Taller Comunitario  
 Lugar: Restaurante La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa

Participantes: Representantes de los Comités Comunitarios de Desarrollo  
 COCODES, de las comunidades de: Zunzo, Madre Vieja, Garitón y  
 Candelaria.

En estas comunidades se reportan tres usos del recurso hídrico, uno para el  
 recurso mangle y 13 especies pesqueras de interés y sujetas de extracción.

Cuadro No.3 Actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos, Zunzo,  
 Madre Vieja, Garitón y Candelaria

RECURSOS HÍDRICOS	MANGLAR	RECURSOS PESQUEROS
Pesca Turismo Recreación.	Construcción de casa y ranchos.	Bagre Pargo mojarra Guapote, Guabina Vieja. Pez sapo Machorra. Concha burro Cangrejo nazareno Cangrejo azul. Tortugas Iguanas.

Fuente: Taller comunitario

De igual forma se identificaron las amenazas y fuentes de presión que afectan a estos recursos:

Cuadro No. 4 Amenazas y fuentes de presión para los recursos hidrobiológicos  
Zunzo, Madre Vieja, Garitón y Candelaria

<b>RECURSOS HÍDRICOS</b>	<b>RECURSO MANGLAR</b>	<b>RECURSO PESCA</b>
<b>Canal – Río – Lagunas</b>		
<b>Amenazas</b>	<b>Amenaza</b>	<b>Amenazas</b>
Deforestación	Tala excesiva	Sobrepesca
Contaminación doméstica e industrial	Deforestación	Contaminación del medio ambiente,
Basura	Contaminación	Pesca de juveniles
Inundaciones	Destrucción de hábitats	
<b>Fuentes de Presión</b>	<b>Fuentes de Presión</b>	<b>Fuentes de Presión</b>
Camaroneras	Fincas cañeras	Contaminación
Cañeras	Habitantes de la comunidad	Habitantes de la comunidad
Pescadores	Chaleteros	Fincas Cañeras

Fuente: Taller comunidades

## **4.2 Calidad de Agua Canal De Chiquimulilla Iztapa – La Candelaria:**

### **Temperatura:**

La temperatura afecta los procesos físico químicos, biológico y las concentraciones de otras variables, a mayor temperatura, menor contenido de gases disueltos, mayor respiración, provocando mayor consumo de oxígeno y descomposición de la materia orgánica, incremento del fitoplancton y con ello de la turbidez.

En este estudio se obtuvo un valor promedio de 29.59°C en época seca, en la transición época seca a lluviosa un promedio de 29.98°C y en la época lluviosa un promedio de 27.20°C.

Durante la época seca se registro la temperatura más alta con un valor de 30.07°C en el punto ubicado en Atitán y la menor con un valor de 27.97°C en el punto ubicado en la desembocadura del río Marial Linda.

En la época de transición son evidentes las variaciones en la temperatura, puesto que las mismas variaciones en la precipitación hacen variar la temperatura del agua presentándose un rango de 2.83 °C, como puede apreciarse en la figura 3

Como puede apreciarse en el cuadro 5 y figura 6, las temperaturas fueron mas constantes durante la época lluviosa presentando un rango de 1.36 grados, siendo la mínima de 26.34 °C en la desembocadura del Río María Linda y la máxima en la estación o punto de muestreo del Pantanal con una temperatura de 27.7 °C.

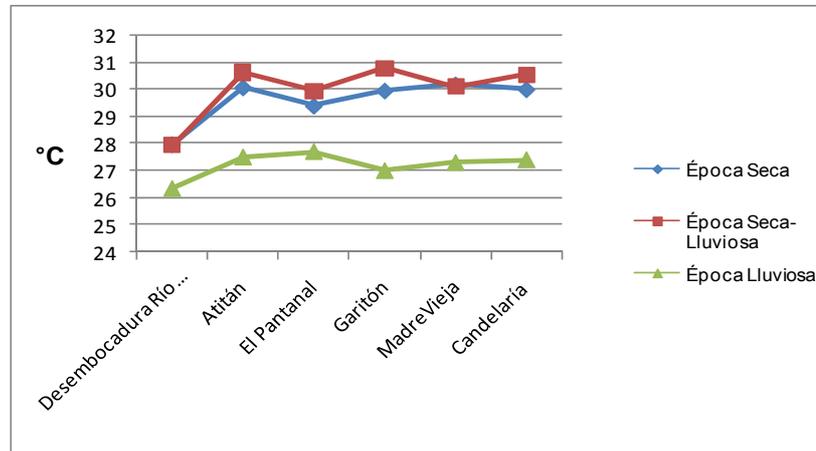
Cuadro No. 5 Temperaturas reportadas durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a La Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA-LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 /04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
	°C	°C	°C
Desembocadura Río María Linda	27.97	27.94	26.34
Atitán	30.07	30.62	27.50
El Pantanal	29.39	29.93	27.70
Garitón	29.95	30.77	27.00
Madre Vieja	30.18	30.09	27.30
Candelaria	30.00	30.54	27.40

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 1 Temperaturas reportadas durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria.

### Oxígeno disuelto:

La presencia de oxígeno en concentraciones adecuadas es esencial para toda forma de vida acuática ya que se relaciona directamente con el metabolismo de todos los organismos aeróbicos. La cantidad de oxígeno presente en el agua está determinado por dos procesos uno el suministro de oxígeno atmosférico y el de los procesos fotosintéticos.

Los mayores valores de oxígeno reportados durante los tres muestreos corresponden a la desembocadura del río María Linda, el cual a su ingreso aporta oxígeno al agua del canal.

Como puede verse en el cuadro 6 y figura 7, el oxígeno se mantuvo en concentraciones altas en la desembocadura del Río María Linda con hasta 6.15 mg/l (partes por millón), no así en el resto de puntos de muestreo donde el oxígeno estuvo en concentraciones muy bajas principalmente en la época seca. Las bajas concentraciones pueden deberse al incremento de la

temperatura y al alto consumo por parte de microorganismos y a la poca producción por parte de los organismos fotosintéticos.

Es importante mencionar que en todos los puntos de muestreo se encuentran poblados que descargan aguas negras al canal por ausencia de drenajes o sistemas de letrización adecuados, así como áreas agrícolas que de igual forma descargan directamente al canal sus desechos.

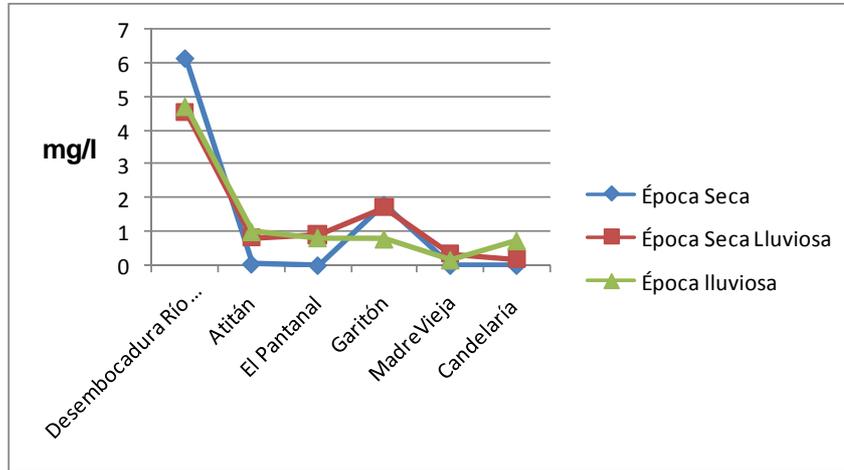
Cuadro No. 6 Oxígeno Disuelto reportado durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a La Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA – LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
	mg/l	mg/l	mg/l
Desembocadura Río María Linda	6.15	4.55	4.71
Atitán	0.04	0.81	0.99
El Pantanal	0.00	0.90	0.81
Garitón	1.8	1.73	0.77
Madre Vieja	0.00	0.34	0.15
Candelaria	0.00	0.18	0.72

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 2 Oxígeno Disuelto reportado durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**Saturación de Oxígeno:**

En el cuadro 7, se puede apreciar el comportamiento de la saturación de oxígeno, la cual tiene relación con el oxígeno disuelto siendo mayor en la desembocadura del Río María Linda, con hasta un 78.4% en la época seca y un 58% en la época de transición.

Cuadro No. 7 Porcentaje de Saturación de Oxígeno reportado durante la época seca, transicional y lluviosa tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a La Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA -LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07
	%	%
Desembocadura Río María Linda	78.4	58.3
Atitán	0.5	10.9
El Pantanal	0.00	12.00
Garitón	1.8	23.30
Madre Vieja	0.00	4.50
Candelaria	0.00	2.40

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria

### **Potencial Hidrógeno (pH):**

El pH, afecta diferentes procesos biológicos y químicos, este parámetro en los cuerpos de agua debe encontrarse en un intervalo de 6 a 8.5. El pH del agua se encuentra en relación directa con el equilibrio carbónico y la actividad de los microorganismos acuáticos, este puede variar debido a la fotosíntesis, a las concentraciones de carbonatos y la disponibilidad de nutrientes así como la actividad bacteriana entre otros factores.

Una acidez creciente produce cambios drásticos y fatales para la mayoría de las especies y disminuye considerablemente la productividad primaria, lo que se puede evidenciar con la poca producción de clorofila *a* en aguas ácidas y por el incremento de la transparencia Secchi. Bajo condiciones ácidas, desaparecen la mayoría de los invertebrados acuáticos y se produce un cambio de bacterias a poblaciones de hongos, disminuyéndose la descomposición de la celulosa y la concentración de oxígeno. (Roldán, 1992).

Durante el primer muestreo en la época seca se registra un valor promedio de pH 7.77, manteniéndose constante en todos los puntos muestreados con un registro menor de 7.53 y el mayor de 8.23; en el segundo muestreo correspondiente a la transición época seca – lluviosa se reporta un promedio de pH 7.76, con un intervalo de 7.43 a 8.14 y por último en el tercer muestreo correspondiente a la época lluviosa se registró un promedio de pH 8.36, con un mínimo de 7.8 y un máximo de 8.78.

Para este caso en particular podemos observar en el cuadro 8 y figura 8 que el comportamiento del pH, está dentro de rangos normales de neutro a alcalino, lo que permite el desarrollo de la mayoría de organismos así como el normal comportamiento de los minerales.

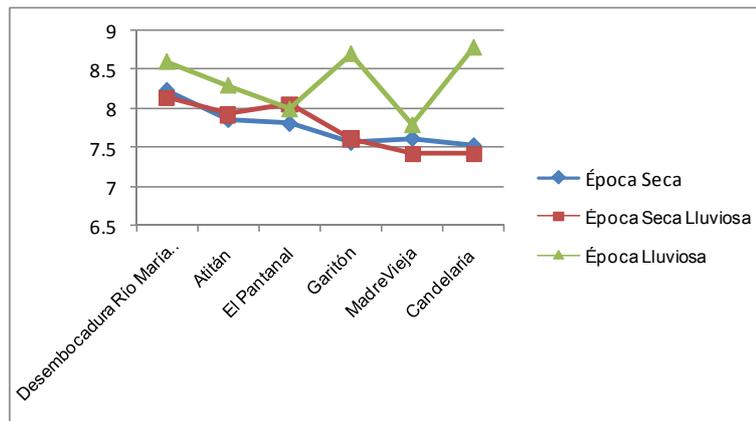
Cuadro No. 8 pH reportado durante la época seca, transicional y lluviosa tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a La Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA-LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
Desembocadura Río María Linda	8.23	8.14	8.6
Atitán	7.86	7.93	8.3
El Pantanal	7.81	8.06	8.00
Garitón	7.57	7.62	8.7
Madre Vieja	7.62	7.43	7.8
Candelaria	7.53	7.43	8.78

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No.3 pH reportado durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**Transparencia:**

La concentración de sustancias determina la transparencia del agua. La materia en suspensión puede ser arcillas, limos, fangos, partículas orgánicas o inorgánicas y plancton. Este parámetro varía estacionalmente e inclusive diariamente interfiriendo con la productividad primaria afectando la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto.

Durante la época seca se registro un valor promedio de 21.66 cm de disco Secchi, para la transición época seca – lluviosa se encontró un valor promedio de 18.5 cm de disco Secchi. Y por último para el tercer muestreo en época lluviosa se obtuvo un valor promedio de 15.66 cm de disco Secchi.

En el cuadro 9 y figura 9, se puede ver que el comportamiento de los suspendidos, permite un coeficiente de extinción de luz que deja visibilidad mayor en época seca y menor en transición y lluviosa, siendo menor la visibilidad en el Río María Linda con 12 centímetros de disco secchi, ya que el mismo siempre está transportando sólidos disueltos.

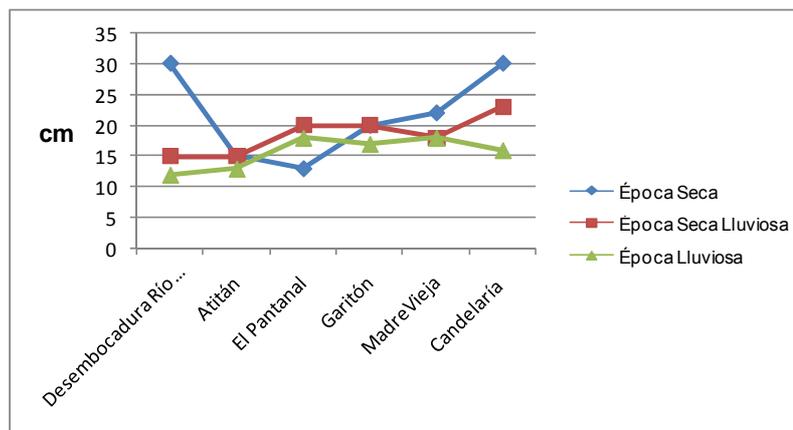
Cuadro No. 9 Transparencia reportada durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a la Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA – LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
	<b>Cm</b>	<b>Cm</b>	<b>Cm</b>
Desembocadura Río María Linda	30	15	12
Atitán	15	15	13
El Pantanal	13	20	18
Garitón	20	20	17
Madre Vieja	22	18	18
Candelaria	30	23	16

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 4 Transparencia reportada durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**Salinidad:**

La salinidad es el resultado de la combinación de diferentes sales que se encuentran disueltas en el agua, siendo las principales los cloruros, carbonatos y sulfatos. La salinidad es un factor ecológico que influye sobre los organismos que viven en los cuerpos de agua.

Los estuarios están sujetos a fluctuaciones importantes de salinidad, las que están determinadas por el lugar del estuario donde se haga la medición, la profundidad y la forma del estuario, las aportaciones de agua dulce, la evaporación superficial, los cambios de mareas y la influencia de las aguas de escorrentía.

Según los datos registrados en este estudio la salinidad promedio para la época seca se registro en 9.98 ppm, el valor más bajo se obtuvo en el primer punto de muestreo que corresponde a la desembocadura del río María Linda con 0.37 ppm, el valor de salinidad más alto se registro en el punto de muestreo Madre Vieja con 17.99 ppm. Para el segundo muestreo realizado en la transición época seca – lluviosa los valores de salinidad decrecieron significativamente registrando un valor promedio de 0.63 ppm, con un valor mínimo registrado para el punto de muestreo Madre Vieja de 0.15ppm y un valor máximo en el punto de muestreo Atitán con 1.56 ppm. Por último, en el muestreo realizado en la época lluviosa se registro una salinidad promedio de 0.85 ppm. Con un valor máximo para el punto Madre vieja de 1.95 ppm y un mínimo registrado para el punto El Garitón de 0.27 ppm.

De acuerdo con el cuadro 10 y figura 10, la salinidad en época seca no superó las 18 partes por mil lo cual es un tercio de la salinidad del mar, de tal manera que se considera que los aportes de aguas dulces son permanentes y las mareas no llegan a realizar aportes significativos de agua salada que pudieran poner en riesgo la supervivencia de algunas especies como el mangle. De igual forma en los demás muestreos las variaciones de salinidad podrían estar influenciadas por la ubicación de los puntos de muestreo, las aportaciones de agua dulce y de agua de escorrentía, los sistemas de mareas que aporten agua salada al canal, y las precipitaciones.

Existe un factor de concentración de la salinidad durante la época seca, el cual se va disminuyendo durante la época lluviosa debido a la disolución de sales. La excepción se presenta únicamente en el punto de la desembocadura del río María Linda en el cual la concentración de la salinidad es menor que durante la época lluviosa, esto puede explicarse debido a que durante la época seca, el río es más limpio que durante la época lluviosa, ya que no lleva sales disueltas provenientes del sedimento y los fertilizantes que hacen que se incremente el valor de salinidad en este punto, precisamente durante la época lluviosa.

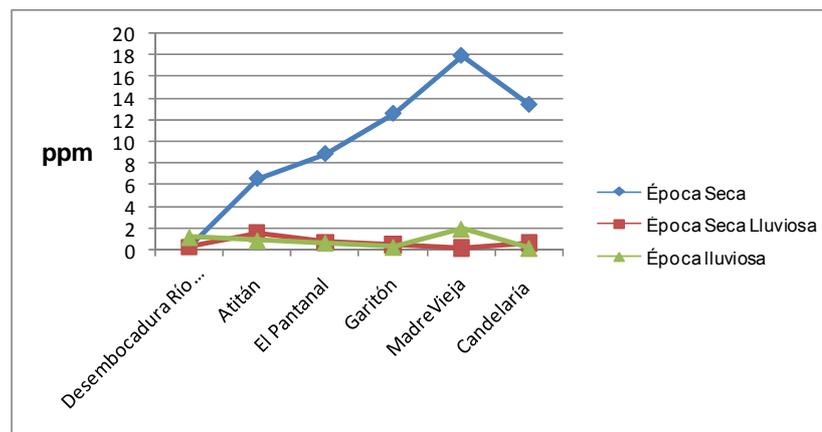
Cuadro No. 10 Salinidad reportada durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a la Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA – LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
	ppm	ppm	ppm
Desembocadura Río María Linda	0.37	0.28	1.17
Atitán	6.58	1.56	0.86
El Pantanal	8.88	0.71	0.65
Garitón	12.62	0.46	0.27
Madre Vieja	17.99	0.15	1.95
Candelaria	13.45	0.64	0.17

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 5 Salinidad reportada durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**Batimetría del canal de Chiquimulilla:** Se realizaron mediciones de profundidad durante los tres muestreos, obteniéndose un valor promedio para la época seca de 1.48m, para la transición época seca – lluviosa se registro un valor promedio de 1.43m y para la época lluviosa un valor promedio de 2.04m, producto de la precipitación y de los aportes por escorrentía. Como puede apreciarse en el cuadro 11, figuras 11 y 12, el canal mareal de Chiquimulilla, presenta variaciones batimétricas que van desde 1.4 a 1.5 metros en época seca y de 1.7 a 2.44 metros en época lluviosa. Es importante señalar que a juzgar por el resultado de la batimetría se puede decir que el lecho del cause del canal mareal es inestable ya que en un mismo sitio se pueden encontrar variaciones de profundidad.

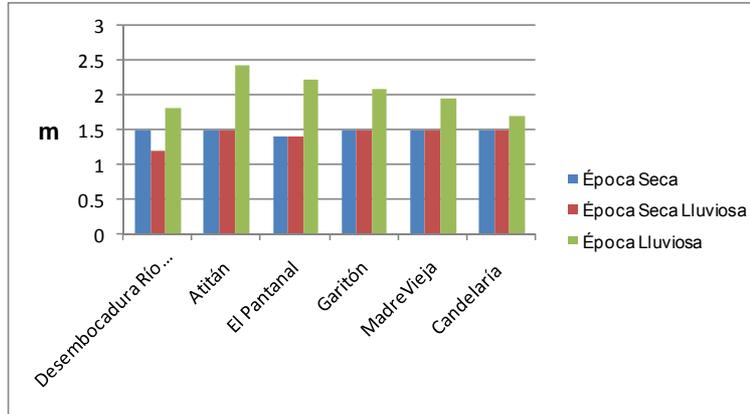
Cuadro No. 11 Profundidad del canal de mareal de Chiquimulilla, reportada durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo Iztapa la Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

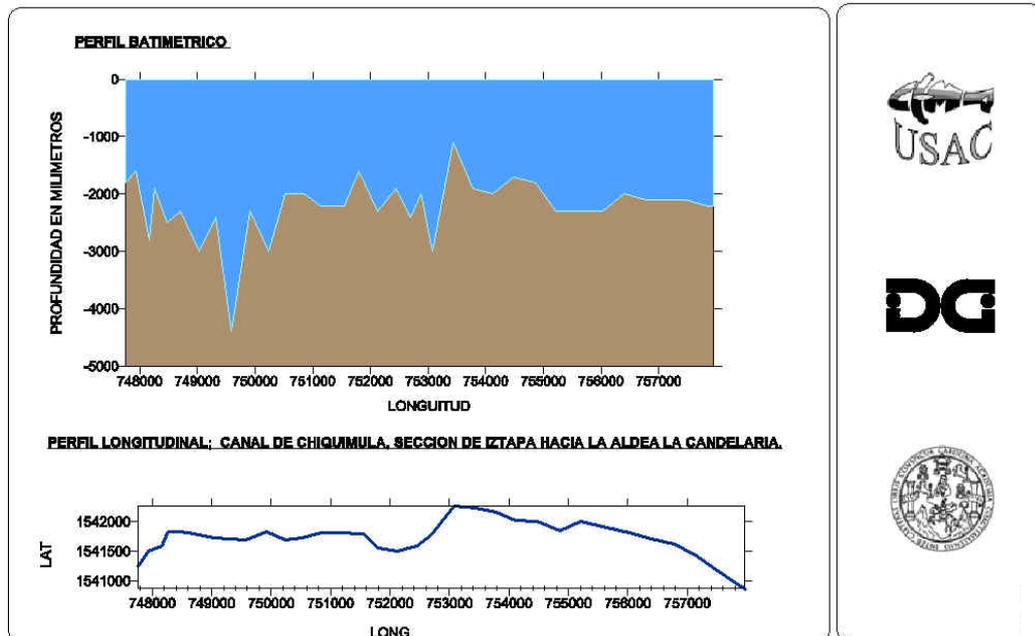
PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA – LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
	M	M	M
Desembocadura Río María Linda	1.5	1.2	1.82
Atitán	1.5	1.5	2.44
El Pantanal	1.4	1.4	2.23
Garitón	1.5	1.5	2.1
Madre Vieja	1.5	1.5	1.95
Candelaria	1.5	1.5	1.7

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 6 Profundidad reportada durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**PERFIL BATIMETRICO DEL CANAL DE CHIQUIMULLA, SECCION IZTAPA HACIA LA ALDEA LA CANDELARIA.**



Gráfica No. 7 Perfil Batimétrico canal de Chiquimullilla tramo Iztapa La Candelaria

**Nitritos (NO<sub>2</sub>):**

Los nitritos son poco estables químicamente puesto ya que constituyen un estado intermedio entre el amonio y los nitratos en el proceso de oxido – reducción. (Martínez, 2006).

Su aparición depende principalmente de una vía oxidativa mediada por bacterias del género nitrosomonas que convierten el amonio en nitrito consumiendo el oxígeno disuelto en el agua, con las repercusiones que esto tiene en la vida acuática, principalmente en los peces y otros organismos aeróbicos. Por ello la aparición de nitrito en un cuerpo de agua es posterior a los picos de máxima aparición de amonio en descargas contaminantes fluctuantes. Las concentraciones de nitrito son del orden de 0.001mg/l y raramente exceden 1.0 mg/l.

Elevadas concentraciones indican la presencia de efluentes industriales y baja calidad del agua. (Brugnoli, 1999)

En el caso del canal de Chiquimulilla, en el área de estudio, para la época seca se registró un promedio de 0.018mg/l NO<sub>2</sub>, para la época de transición seca – lluviosa se obtuvo un promedio de 0.066mg/l NO<sub>2</sub> y por último en la época lluviosa se registró un promedio de 0.029mg/l NO<sub>2</sub>.

Los valores más altos pueden estar asociados a vertidos de origen doméstico o agrícola, sin embargo, de acuerdo con el cuadro 12 y figura 13 se puede decir que las concentraciones encontradas, no se consideran tóxicas.

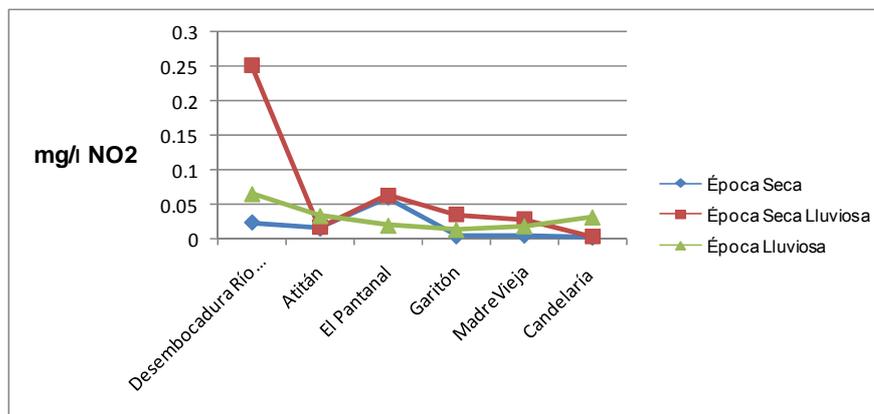
Cuadro No. 12 Nitritos NO<sub>2</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a la Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA – LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
	mg/l	mg/l	mg/l
Desembocadura Río María Linda	0.024	0.252	0.065
Atitán	0.015	0.017	0.033
El Pantanal	0.060	0.063	0.019
Garitón	0.004	0.034	0.013
Madre Vieja	0.005	0.028	0.018
Candelaria	0.002	0.003	0.031

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 8 Nitritos NO<sub>2</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**Nitratos (NO<sub>3</sub>):**

Aunque los nitratos son un producto normal del metabolismo humano, el agua con altas concentraciones en nitratos representa un riesgo para la salud, especialmente en los niños. Si se bebe agua con elevadas concentraciones de nitratos la acción de determinados microorganismos en el estómago puede transformar los nitratos en nitritos, que al ser absorbido en la sangre convierte a la hemoglobina en *metahemoglobina*. La *metahemoglobina* se caracteriza por inhibir el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque la formación de *metahemoglobina* es un proceso reversible, si puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños ("síndrome del bebé azul"). Pero también los nitratos pueden formar *nitrosaminas* y *nitrosamidas* compuestos que pueden ser cancerígenos.

Tanto los nitratos como los nitritos son parámetros incluidos para la determinación de la calidad del agua para consumo humano y detección de impactos orgánicos o de origen industrial. Las concentraciones de nitrato no deberían de exceder de 0.1mg/l NO<sub>3</sub>, valores superiores a 5.0mg/l NO<sub>3</sub>, pueden indicar contaminación orgánica o efectos de fertilizantes. (Brugnoli, 1999)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) fija el límite de nitrato en el agua de consumo humano en 50 mg/l de nitrato (como N). En cambio, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Norteamérica (EPA) sitúa este límite en 10 mg/l de nitrato. Por su parte, la Comunidad Europea y siguiendo sus directrices, el Ministerio de Sanidad español fijan los niveles máximos permitidos de nitratos en 50mg/l de N (Directiva 91/676/CEE)

Durante la realización de este estudio se obtuvo un valor promedio de 13.28mg/l NO<sub>3</sub> durante la época seca, con un máximo registrado en los puntos Atitán y Madre Vieja con un valor de 16.20 mg/l NO<sub>3</sub> y un valor mínimo de 9.50 mg/l NO<sub>3</sub> para el punto El Garitón; para la época de transición seca - lluviosa se registró un valor promedio de 11.15 mg/l NO<sub>3</sub>, ubicándose el valor mínimo de 5.90 mg/l NO<sub>3</sub> en el punto Madre Vieja y el valor máximo de 20.90 mg/l NO<sub>3</sub> en el punto de muestreo desembocadura del río María Linda. En el último muestreo realizado durante la época lluviosa se obtuvo un valor promedio de 7.68 mg/l NO<sub>3</sub>, con un valor máximo de 19.4 mg/l NO<sub>3</sub> en la desembocadura del río María Linda y un valor mínimo de 3.20 mg/l NO<sub>3</sub> para el punto de muestreo El Pantanal.

La presencia de altas concentraciones de nitratos en el agua en este tramo del canal puede deberse a varias causas, como lo son el agua de escorrentía, la descomposición de materia vegetal y sobre toda las descargas de agroquímicos nitrogenados. Las aguas naturales superficiales no deberían contener más de 10mg/l. (Martínez, 2006), sin embargo en la mayoría de puntos muestreados durante las tres épocas se reportan valores que superan los límites recomendados.

Como puede observarse en el cuadro 13 y figura 14, los niveles de concentración de nitratos en las aguas del canal de Chiquimulilla están arriba de lo que establece la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Norteamérica (EPA), como agua de consumo humano y aguas naturales y conservación.

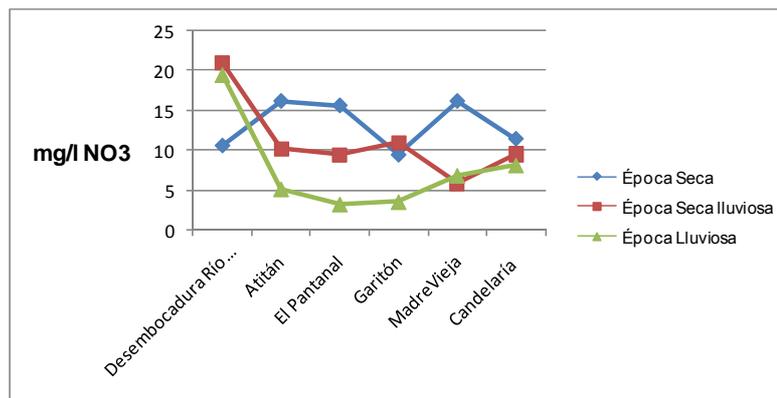
Cuadro No. 13 Nitratos NO<sub>3</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a la Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA – LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
	mg/l	mg/l	mg/l
Desembocadura Río María Linda	10.65	20.90	19.4
Atitán	16.20	10.20	5.10
El Pantanal	15.65	9.45	3.20
Garitón	9.50	10.95	3.50
Madre Vieja	16.20	5.90	6.80
Candelaria	11.50	9.50	8.10

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 9 Nitratos NO<sub>3</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**Amonio (NH<sub>4</sub>):**

El amonio es un catión monovalente formado a partir de la molécula amoníaco (NH<sub>3</sub>) en la que el nitrógeno, que es el átomo central, cede su par de electrones libres a un protón formando un enlace covalente dativo, originando así la molécula de amonio: NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. El amonio es la forma del nitrógeno con más bajo estado de oxidación.

El amonio es aportado al sistema como resultado de procesos industriales o descargas de aguas negras. Para efectos de conservación se recomienda un límite máximo permisible en 0.02 mg/l, sin embargo para sistemas estuarinos ricos en vegetación en donde el medio acuático interacciona con bosques de manglar y tulares la comparación de los valores de amonio con respecto al límite permisible antes mencionado es relativo y no puede aseverarse algún estado de contaminación.

La agencia de protección medioambiental –EPA- por sus siglas en inglés ha señalado que a partir de valores de 0.083 mg/l se desarrollan condiciones no favorables para ciertos peces. (Martínez, 2006)

La presencia de este compuesto en este tramo del canal de Chiquimulilla puede provenir del proceso de putrefacción que sufre la materia orgánica y/o por descargas puntuales de origen doméstico y agrícola.

De acuerdo a los resultados observados en el cuadro no. 14 en todos los puntos se supera el límite máximo permisible para efectos de conservación sin embargo estos resultados no necesariamente pueden ser reflejo de una seria contaminación si no producto de una interacción del medio natural. Según lo señalado por la EPA, algunos de estos valores observados pudieran tener efectos negativos en algunas especies de peces, por lo cual es importante monitorear más de cerca esta forma de nitrógeno.

Cuadro No.14 Amonio NH<sub>4</sub> reportado durante la época seca, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a la Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA
	13 / 04 / 07
	mg/l
Desembocadura Río María Linda	0.063
Atitán	0.064
El Pantanal	0.08
Garitón	0.08
Madre Vieja	0.08
Candelaria	0.08

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria

#### **Fosfatos (PO<sub>4</sub>):**

El fósforo es un elemento esencial para el mantenimiento de la vida acuática y es considerado como un factor limitante. Sin embargo un exceso en el mismo podría incrementar las tasas metabólicas, provocando disminución en la concentración de oxígeno disuelto y desencadenando un proceso eutrófico. (Martínez, 2006)

Es un anión indicador de contaminación, indican la presencia de residuos de detergentes y fertilizantes. Según Martínez 2006, existen recomendaciones para el valor de fosfatos que debe tener un cuerpo de agua destinado a la preservación el cual es de 0.025mg/l.

Durante los monitoreos se obtuvo un valor promedio durante la época seca de 1.58mg/l PO<sub>4</sub>, con un valor máximo de 2.14mg/l PO<sub>4</sub> para el punto Atitán y un valor mínimo de 1.12 mg/l PO<sub>4</sub> para el punto Madre Vieja; durante la época de transición seca-lluviosa se registró un valor promedio de 1.61mg/l PO<sub>4</sub>, con un valor máximo de 2.12mg/l PO<sub>4</sub>, para el punto Atitán y un valor mínimo de 1.17mg/l PO<sub>4</sub> para el punto Madre Vieja y por último un valor promedio durante la época lluviosa de 1.71mg/l PO<sub>4</sub>, registrándose el valor máximo de 2.21mg/l PO<sub>4</sub> en el punto Atitán y el valor mínimo de 1.23mg/l PO<sub>4</sub> en el punto Madre Vieja.

Es importante resaltar que durante los tres muestreos los valores más altos de fosfatos se registraron en el mismo punto Atitán, lo que podría indicar descargas puntuales y constantes de compuestos producto de actividades agrícolas y domésticas.

Como se puede observar en el cuadro 15 y figura 15 todos los valores reportados para fosfatos sobrepasan el valor máximo recomendado, presentando los valores más altos en época lluviosa, posiblemente por escorrentía y por descargas puntuales de agroquímicos, ya que en esa área se han expandido los cultivos de caña.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente -EPA- por sus siglas en inglés, no ha normado estos valores para agua superficiales o estuarinas pero señala que a partir de 0.05 mg/l se encuentra en un estado de eutrofización. En general todos los valores reportados están por encima de las recomendaciones, esta área está fuertemente amenazada por las descargas provenientes principalmente de la actividad agropecuaria, por lo que es de suma importancia darle seguimiento a estos monitoreos.

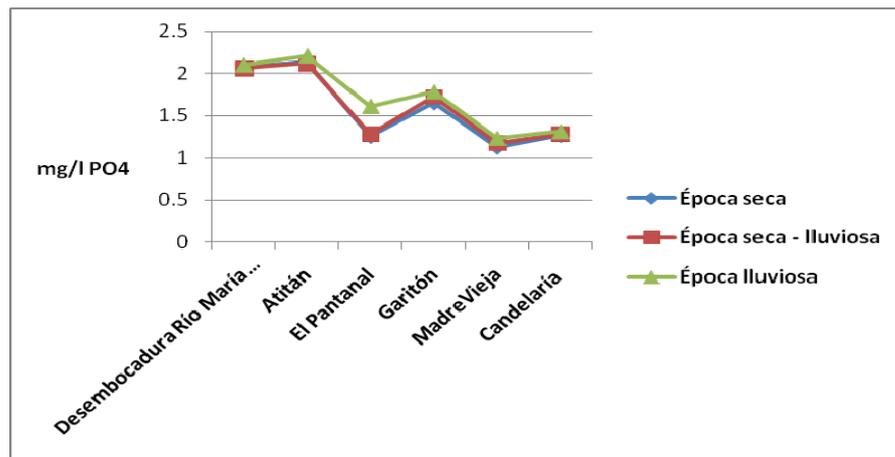
Cuadro No.15 Fosfatos PO<sub>4</sub> reportados durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a la Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA-LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	mg/l	mg/l	mg/l
Desembocadura Río María Linda	2.08	2.06	2.10
Atitán	2.14	2.12	2.21
El Pantanal	1.25	1.28	1.61
Garitón	1.65	1.72	1.78
Madre Vieja	1.12	1.17	1.23
Candelaria	1.26	1.28	1.31

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 10 Fosfatos reportado durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**Dureza:**

Corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio, es decir, que la dureza da un parámetro de la cantidad de calcio presente en el medio y da una aproximación del agrado de mineralización que tiene el agua. Se considera que un agua es dura cuando supera el valor de 120mg CaCO<sub>3</sub> /l estando fuertemente mineralizada. (Martínez, 2006)

De igual forma la agencia de protección medioambiental -EPA-, por sus siglas en inglés ha establecido que un agua que se encuentre entre 150 a 300mg/l de CaCO<sub>3</sub> es dura.

Durante la época seca se registró un valor promedio de 147.88mg/l CaCO<sub>3</sub>, con un valor máximo de 196.15mg/l CaCO<sub>3</sub> en el punto de muestreo Madre Vieja y un valor mínimo de 102.52mg/l CaCO<sub>3</sub> en el punto El Pantanal. Durante la transición época seca – lluviosa se registro un promedio de 161.59mg/l CaCO<sub>3</sub>, con un valor máximo de 198.34mg/l CaCO<sub>3</sub> en el punto Candelaria y un valor mínimo de 112.11mg/l CaCO<sub>3</sub> en el punto desembocadura del río María Linda. Por último en la época lluviosa se registró un valor promedio de 206.48mg/l CaCO<sub>3</sub>, con valor máximo de 265.90mg/l CaCO<sub>3</sub> para los punto desembocadura del río María Linda y Candelaria y un valor mínimo de 156.40 mg/l CaCO<sub>3</sub> en el punto Garitón.

De acuerdo a los valores observados en el cuadro 16 y figura 16, de CaCO<sub>3</sub> durante los tres muestreos y en los diferentes puntos, hay presencia de aguas duras fuertemente mineralizadas, posiblemente por arrastres de sedimentos y características propias del suelo.

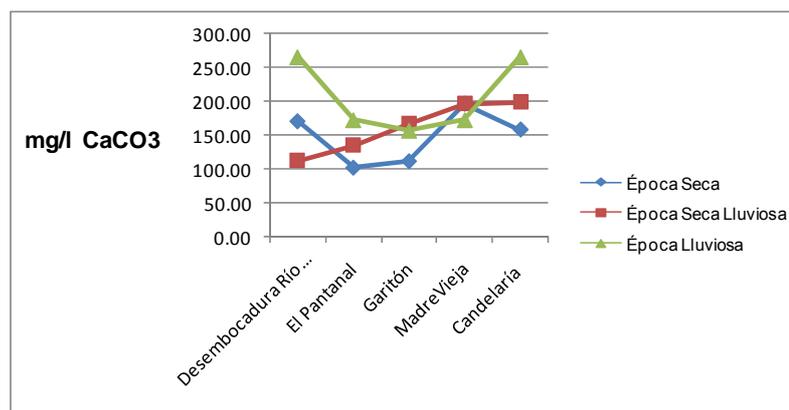
Cuadro No.16 Dureza CaCO<sub>3</sub> reportada durante la época seca, transicional y lluviosa, tramo canal de Chiquimulilla de Iztapa a la Candelaria.

**Latitud:** 747971 E

**Longitud:** 1541639 N

PUNTO DE MUESTREO	ÉPOCA SECA	ÉPOCA SECA – LLUVIOSA	ÉPOCA LLUVIOSA
	13 / 04 / 07	12 / 05 / 07	25 / 10 / 07
	mg/l	mg/l	mg/l
Desembocadura Río María Linda	170.40	112.11	265.90
El Pantanal	102.52	135.13	172.10
Garitón	112.00	166.17	156.40
Madre Vieja	196.15	196.20	172.10
Candelaria	158.35	198.34	265.90

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria



Gráfica No. 11 Dureza reportada durante la época seca, transicional y lluviosa, de la comunidad de Iztapa a la aldea la Candelaria

**Microbiología:**

Los análisis microbiológicos son importante no solamente por la potabilidad del agua para usos domésticos, agrícola o industrial, sino también por la salud ambiental de un ecosistema, ya que muestras que presenten valores elevados de coliformes totales, indican entra de aguas negras al ecosistemas y por lo tanto riesgo de eutrofización. (Roldán, 1992)

La mayoría de microorganismos patógenos provienen de aguas negras que contienen vertidos domésticos y elevadas cargas de heces humanas o animales.

Se realizaron tres muestreos para análisis bacteriológico específicamente coliformes totales y coliformes fecales, estas muestras fueron enviadas para su análisis al Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

En los reportes se evidencia una fuerte contaminación por bacterias coliformes totales y fecales en los diferentes puntos muestreados. (Anexo 6 al 12)

Los puntos de muestreo para este análisis, están fuertemente influenciados por asentamientos humanos, las mayoría de las aguas domésticas provenientes de estas poblaciones se descargan directamente al canal, debido a que en la mayoría de estos lugares no se cuenta con sistemas de letrización adecuados y eficientes y mucho menos drenajes, por lo que esta situación se refleja en los resultados obtenidos durante los muestreos, una contaminación intensa de coliformes totales y fecales, esto pone en riesgo no únicamente la salud humana sino la del ecosistema.

**Muestro I: 13 / 04 / 2,007**

Punto I: Desembocadura del Río María Linda □ 16,000 NMP de gérmenes coliformes totales y □ 16,000 NMP de gérmenes coliformes fecales.

Punto II: Garitón □ 16,000 NMP de gérmenes coliformes totales y □ 16,000 NMP de gérmenes coliformes fecales.

Estos resultados indican que en ambos puntos existe contaminación muy intensa la cual hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales, según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

**Muestreo II: 13 / 07 / 2,007**

Punto I: Desembocadura del Río María Linda ≥ 16,000 NMP de gérmenes coliformes totales y 2,800 NMP de gérmenes coliformes fecales.

Punto II: Garitón ≥ 16,000 NMP de gérmenes coliformes totales y 330 NMP de gérmenes coliformes fecales.

Punto III: La Candelaria ≥ 16,000 NMP de gérmenes coliformes totales y 330 NMP de gérmenes coliformes fecales.

En los puntos muestreados se evidencia una calidad bacteriológica que precisa la aplicación de métodos habituales de tratamiento como coagulación, filtración o desinfección; según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

**Muestreo III: 25 / 10 / 2,007**

Punto I: Desembocadura del Río María Linda □ 160,000 NMP de gérmenes coliformes totales y □ 160,000 NMP de gérmenes coliformes fecales.

Punto II: La Candelaria □ 160,000 NMP de gérmenes coliformes totales y □ 160,000 NMP de gérmenes coliformes fecales.

Estos resultados indican que ambos puntos muestreados existe contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales, según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

### 4.3 Calidad de agua Laguna El Pimiento:

Cuadro No. 17 Georeferencia de los puntos muestreados en la Laguna El Pimiento

PUNTO DE MUESTREO	OCTUBRE 2,007		AGOSTO 2,008	
	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD
1	755318E	1542455N	13°56.315	90°37.792
2	755679E	1542455N	13°56.499	90°38.01
3	756275E	1542343N	13°56.596	90°37.569
4	756148E	1542049N	13°56.396	90°37.330

Fuente: Monitoreo calidad de agua canal de Chiquimulilla tramo Iztapa La Candelaria

#### Temperatura:

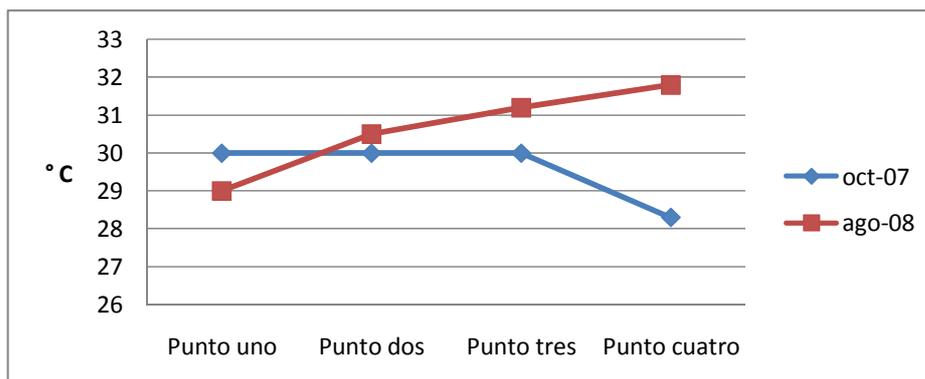
La temperatura afecta los procesos físico químicos, biológico y las concentraciones de otras variables, a mayor temperatura, menor contenido de gases disueltos, mayor respiración, provocando mayor consumo de oxígeno y descomposición de la materia orgánica, incremento del fitoplancton y con ello de la turbidez.

Durante los monitoreos en época lluviosa realizados en la Laguna El Pimiento se reporto un promedio de 29.57°C para el mes de octubre 2007 y de 30.62°C para el mes de agosto de 2,008, manteniendo un comportamiento constante en los puntos muestreados.

Cuadro No. 18. Temperatura reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

PUNTO DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	13/10/07	8 / 08 / 08
			°C	°C
1	13°56.315	90°37.792	30	29
2	13°56.499	90°38.01	30	30.5
3	13°56.596	90°37.569	30	31.2
4	13°56.396	90°37.330	28.3	31.8

Fuente: Monitoreo calidad de agua Laguna El Pimiento



Gráfica No. 12 Temperatura reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

### Oxígeno:

La concentración de oxígeno está relacionada directamente con el metabolismo de todos los organismos aeróbicos. La cantidad de oxígeno presente en el agua está determinado por dos procesos uno el suministro de oxígeno atmosférico y los procesos fotosintéticos.

Con respecto a las concentraciones de oxígeno reportadas, como se puede observar en la figura 18 en el muestreo de octubre 2007 se registró un

promedio de 2.605 mg/l y en agosto de 2,008 un promedio de 2.982 mg/l, en los puntos muestreados.

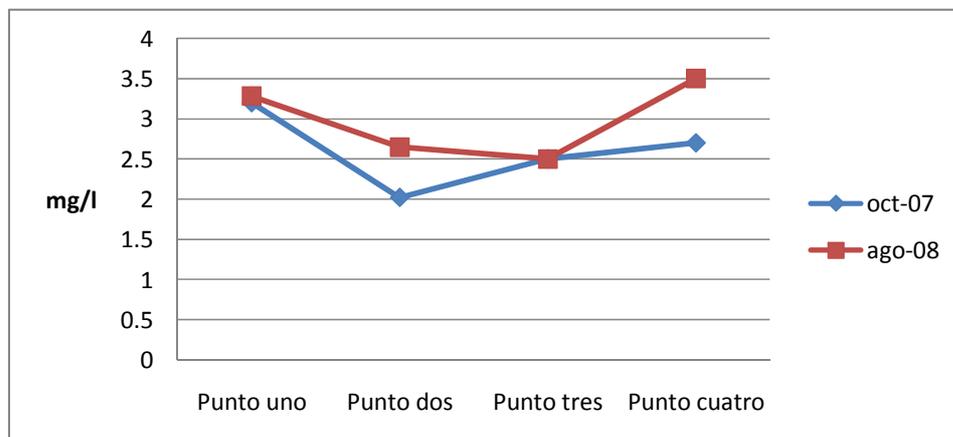
El oxígeno se mantuvo en bajas concentraciones en los diferentes puntos muestreados, esto se puede deberse al alto consumo por parte de microorganismos y a la poca producción por parte de los organismos fotosintéticos así como a los valores altos de temperatura que registra la laguna.

Es importante mencionar que en esta laguna se realizan descargas de agroquímicos utilizados en el cultivo de caña de azúcar según reportes de los pescadores del área.

Cuadro No. 19. Concentración de oxígeno reportado durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>13/10/07</b>	<b>8 / 08 / 08</b>
			mg/l	mg/l
1	13°56.315	90°37.792	3.2	3.28
2	13°56.499	90°38.01	2.02	2.65
3	13°56.596	90°37.569	2.5	2.5
4	13°56.396	90°37.330	2.7	3.5

Fuente: Monitoreo calidad de agua Laguna El Pimiento



Gráfica No. 13 Concentración de oxígeno reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

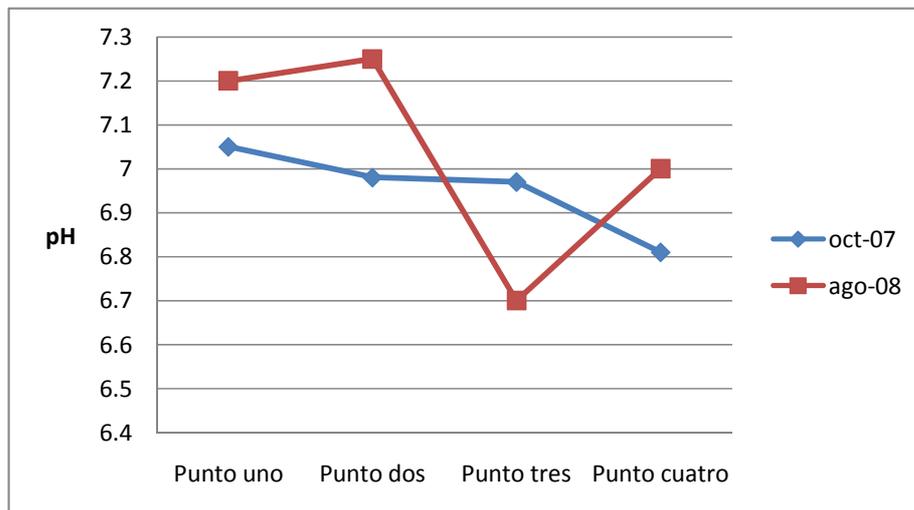
### Potencial Hidrógeno (pH):

El pH, afecta diferentes procesos biológicos y químicos, este parámetro en los cuerpos de agua debe encontrarse en un intervalo de 6 a 8.5. El pH del agua se encuentra en relación directa con el equilibrio carbónico y la actividad de los microorganismos acuáticos, este puede variar debido a la fotosíntesis, a las concentraciones de carbonatos y la disponibilidad de nutrientes así como la actividad bacteriana entre otros factores. En esta laguna y en los diferentes puntos muestreados el comportamiento del pH, se presentó dentro de rangos normales de neutro a alcalino, como puede observarse en el cuadro 20 figura 19, con un promedio de 6.95 para octubre del 2007 y un promedio de 7.03 para agosto de 2008, estos valores permiten el desarrollo de la mayoría de organismos así como el normal comportamiento de los minerales.

Cuadro 20. pH reportado en la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

PUNTO DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	13/10/07	8 / 08 / 08
1	13°56.315	90°37.792	7.05	7.2
2	13°56.499	90°38.01	6.98	7.25
3	13°56.596	90°37.569	6.97	6.7
4	13°56.396	90°37.330	6.81	7

Fuente: Monitoreo de calidad de agua Laguna El Pimiento



Gráfica No. 14 pH reportado durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

### Salinidad:

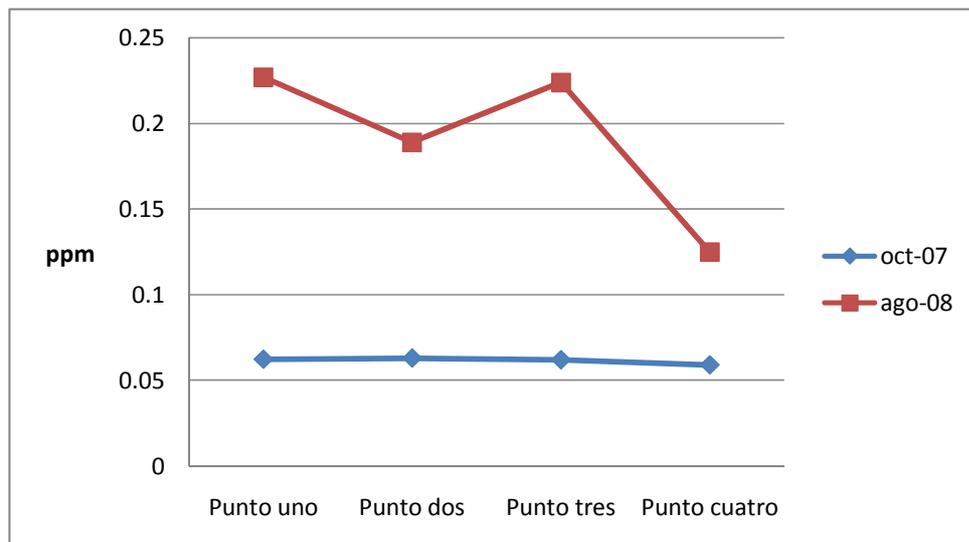
La salinidad es el resultado de la combinación de diferentes sales que se encuentran disueltas en el agua, siendo las principales los cloruros, carbonatos y sulfatos. En los estuarios y lagunas costeras estos valores están sujetos a fluctuaciones importantes de salinidad, las que están determinadas por el lugar, la profundidad y la forma, las aportaciones de agua dulce, la evaporación superficial, los cambios de mareas y la influencia de las aguas de escorrentía.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante los muestreos en la laguna como se observa en el cuadro 21 figura 20, se obtuvo un valor promedio de 0.061ppm en octubre de 2,007 y un valor promedio de 0.191ppm para agosto de 2,008. Estos valores de salinidad están determinados por las aportaciones de agua dulce y de agua de escorrentía, los sistemas de mareas que aporten agua salada al canal y este alimenta a la laguna y las precipitaciones.

Cuadro 21. Salinidad reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

PUNTO DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	13/10/07	8 / 08 / 08
			ppm	ppm
1	13°56.315	90°37.792	0.0623	0.227
2	13°56.499	90°38.01	0.063	0.189
3	13°56.596	90°37.569	0.062	0.224
4	13°56.396	90°37.330	0.059	0.125

Fuente: Monitoreo de calidad de agua Laguna El Pimiento



Gráfica No. 15 Salinidad reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

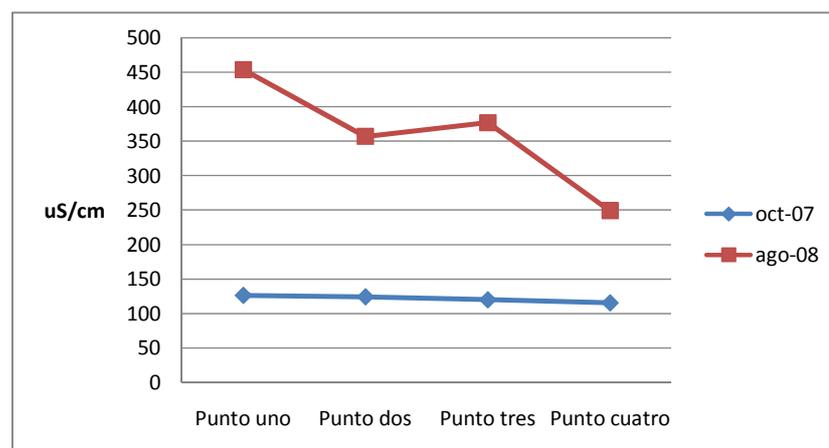
### Conductividad Eléctrica:

La conductividad eléctrica mide la cantidad total de iones, en el cuadro 22 y figura 21 podemos apreciar que la conductividad eléctrica presento un promedio de 121.47 uS/cm para octubre del año 2007 y un promedio de 359.25 uS/cm para agosto 2008, en los puntos muestreados en la laguna. La conductividad reportada es producto de los sólidos minerales en suspensión y sobre todo la presencia de sales de sodio en la laguna, estos valores están relacionados con la salinidad.

Cuadro 22. Conductividad eléctrica reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

PUNTO DE MUESTREO	13/10/07	8 / 08 / 08
	uS/cm	uS/cm
1	126.3	454
2	124.2	357
3	119.9	377
4	115.5	249

Fuente: Monitoreo de calidad de agua Laguna El Pimiento



Gráfica 16. Conductividad eléctrica reportada durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

### **Nitritos (NO<sub>2</sub>):**

La presencia de nitritos depende principalmente de una vía oxidativa mediada por bacterias del género nitrosomonas que convierten el amonio en nitrito consumiendo el oxígeno disuelto en el agua, con las repercusiones que esto tiene en la vida acuática, principalmente en los peces y otros organismos aeróbicos. Por ello la aparición de nitrito en un cuerpo de agua es posterior a los picos de máxima aparición de amonio en descargas contaminantes fluctuantes. Las concentraciones de nitrito son del orden de 0.001mg/l y raramente exceden 1.0 mg/l.

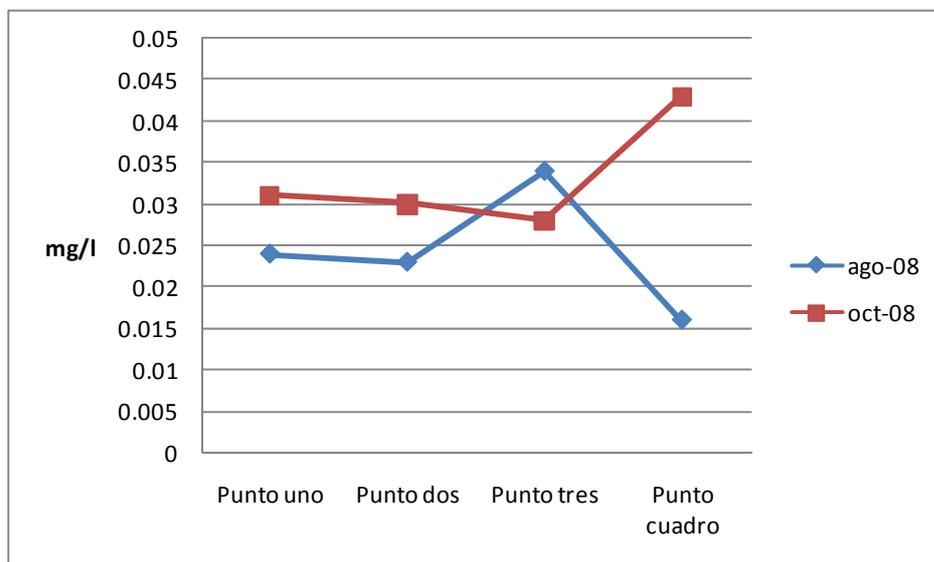
En el caso de la Laguna El Pimiento, se registró un promedio de 0.024 mg/l NO<sub>2</sub>, con un valor máximo 0.034 mg/l NO<sub>2</sub> para el punto tres y un valor mínimo de 0.016 mg/l NO<sub>2</sub> para agosto del 2008; y un valor promedio de 0.033 mg/l NO<sub>2</sub>, con un valor máximo de 0.043 para el punto cuatro y un valor mínimo de 0.028 mg/l NO<sub>2</sub> para el punto tres reportado en octubre del mismo año.

De acuerdo con el cuadro 23 y figura 22 se puede decir que las concentraciones encontradas, no se consideran tóxicas y no sobrepasan los límites recomendados.

Cuadro 23. Nitritos NO<sub>2</sub> reportados en la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>8 / 08 / 08</b>	<b>02 / 10 / 08</b>
	mg/l	mg/l
1	0.024	0.031
2	0.023	0.030
3	0.034	0.028
4	0.016	0.043

Fuente: Monitoreo de calidad de agua Laguna El Pimiento



Gráfica 17. Nitritos  $\text{NO}_2$  reportados en la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

### Nitratos ( $\text{NO}_3$ ):

Tanto los nitratos como los nitritos son parámetros incluidos para la determinación de la calidad del agua para consumo humano y detección de impactos orgánicos o de origen industrial. Las concentraciones de nitrato no deberían de exceder de  $0.1 \text{ mg/l NO}_3$ , valores superiores a  $5.0 \text{ mg/l NO}_3$ , pueden indicar contaminación orgánica o efectos de fertilizantes. (Brugnoli, 1999)

En los muestreos realizados en la laguna se obtuvo un valor promedio de  $6.57 \text{ mg/l NO}_3$  con un valor máximo de  $8.19 \text{ mg/l NO}_3$  para el punto tres y un valor mínimo de  $5.17 \text{ mg/l NO}_3$  para el punto dos en agosto 2008; un valor promedio  $8 \text{ mg/l NO}_3$  con un valor máximo de  $11 \text{ mg/l NO}_3$  para el punto uno y un valor mínimo de  $6 \text{ mg/l NO}_3$  para el punto dos en octubre del mismo año.

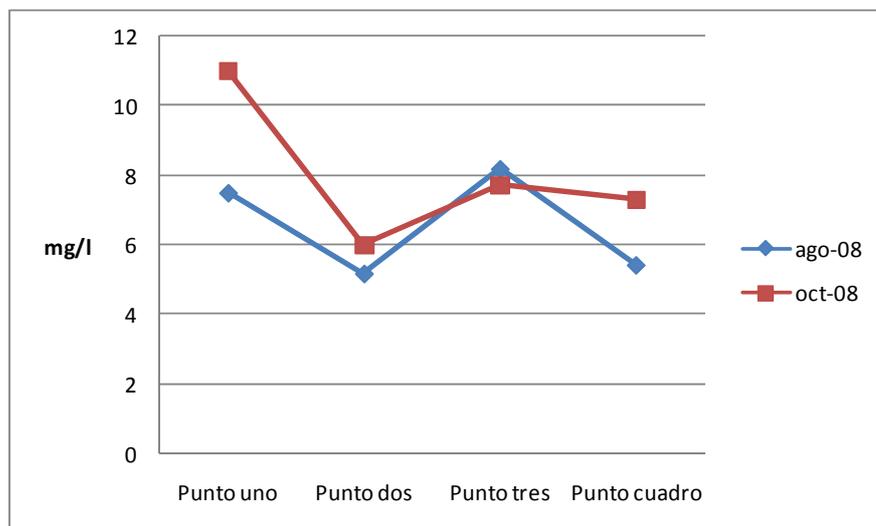
La presencia de altas concentraciones de nitratos en la laguna puede deberse a varias causas, como lo son el agua de escorrentía, la descomposición de materia vegetal y sobre toda las descargas de agroquímicos nitrogenados.

Como puede observarse en el cuadro 24 y figura 23, los niveles de concentración de nitratos en las aguas de la laguna están arriba de lo recomendado, para agua de consumo humano, aguas naturales y conservación.

Cuadro 24. Nitratos  $\text{NO}_3$  reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

PUNTO DE MUESTREO	8 / 08 / 08	02 / 10 / 08
	mg/l	mg/l
1	7.5	11
2	5.17	6
3	8.19	7.7
4	5.42	7.3

Fuete: Monitoreo de calidad de agua Laguna El Pimiento



Gráfica 18. Nitratos  $\text{NO}_3$  reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

**Fosfatos (PO<sub>4</sub>):**

Es un anión indicador de contaminación, indican la presencia de residuos de detergentes y fertilizantes. Según Martínez 2006, existen recomendaciones para el valor de fosfatos que debe tener un cuerpo de agua destinado a la preservación el cual es de 0.025mg/l.

Durante los monitoreos se obtuvo un valor promedio 1.07mg/l PO<sub>4</sub> para octubre del año 2007 con un valor máximo de 2.75 mg/l PO<sub>4</sub> para el punto dos y un valor mínimo de 0.51 mg/l PO<sub>4</sub> para el punto tres y cuatro. Un valor promedio de 0.65 mg/l PO<sub>4</sub> para octubre 2,008 con un valor máximo de 0.85 mg/l PO<sub>4</sub> para el punto 4 y un valor mínimo de 0.53 mg/l PO<sub>4</sub> para el punto dos.

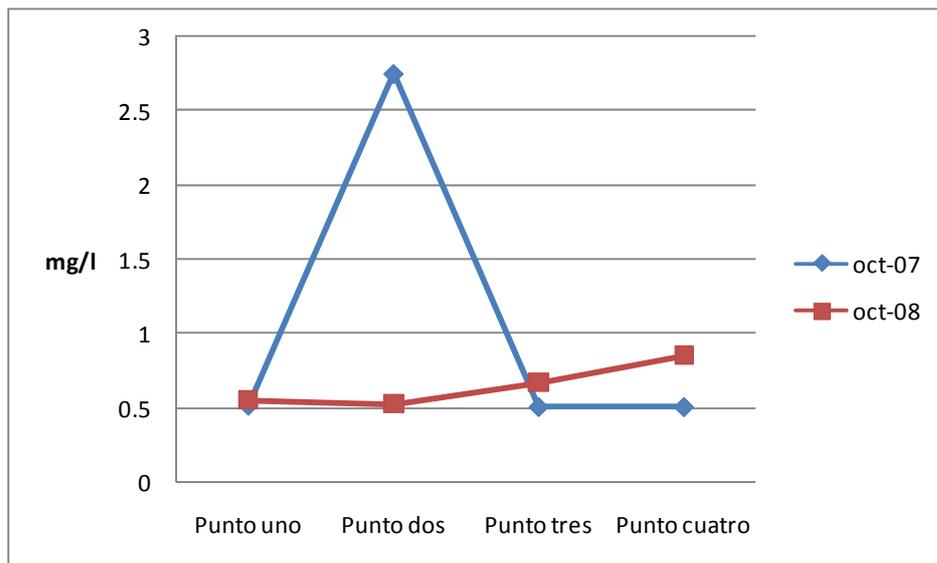
Todos los valores reportados para fosfatos sobrepasan el valor máximo recomendado, posiblemente por escorrentía y por descargas puntuales de agroquímicos, ya que en esa área se han expandido los cultivos de caña de azúcar.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente -EPA- por sus siglas en inglés, no ha normado estos valores para agua superficiales o estuarinas pero señala que a partir de 0.05 mg/l se encuentra en un estado de eutrofización. En general todos los valores reportados están por encima de las recomendaciones, esta área es fuertemente amenazada por las descargas provenientes principalmente de la actividad agropecuaria, por lo que es de suma importancia darle seguimiento a estos monitoreos.

Cuadro 25. Fosfatos PO<sub>4</sub> reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

PUNTO DE MUESTREO	13/10/07	02 / 10 / 08
	mg/l	mg/l
1	0.52	0.55
2	2.75	0.53
3	0.51	0.67
4	0.51	0.85

Fuente: Monitoreo de calidad de agua Laguna El Pimiento



Gráfica 19. Fosfatos PO<sub>4</sub> reportados durante la época lluviosa en la Laguna El Pimiento

## CONCLUSIONES

1. Los parámetros físicos reportados en el canal de Chiquimulilla en el tramo Iztapa-La Candelaria presentan variaciones durante la época seca hacia la época lluviosa, sin embargo, el comportamiento de estos en general se considera normal para este tipo de ecosistema, únicamente es importante considerar que las concentraciones de oxígeno disuelto se mantuvieron en bajos niveles posiblemente por efecto del incremento de la temperatura, al alto consumo por parte de los microorganismos y a la baja producción fotosintética, así como a la contaminación orgánica que se evidencia en este ecosistema.
2. De los parámetros químicos evaluados en el canal de Chiquimulilla en el tramo Iztapa-La Candelaria, el nitrógeno en forma de amonio y nitratos superan los límites para uso y conservación, según la EPA. La presencia de altas concentraciones de estos compuestos en el agua se considera que se debe principalmente al agua de escorrentía, la descomposición de materia vegetal y sobre toda las descargas de origen doméstico y de agroquímicos nitrogenados. Así mismo, los fosfatos evidencian posible contaminación por detergentes y sobre todo por descargas de agroquímicos.
3. En el tramo del Canal de Chiquimulilla Iztapa-La Candelaria existe fuerte contaminación por bacterias coliformes totales y fecales en los diferentes puntos durante los tres muestreos la cual hace inaceptable el agua, para uso doméstico, recreacional y acuícola.

4. De acuerdo a los resultados obtenidos en los monitoreos de calidad de agua en la Laguna El Pimiento, preliminarmente se puede decir que en cuanto a los parámetros físicos estos presentan un comportamiento normal durante los dos muestreos puntuales realizados, sin embargo es importante realizar un monitoreo sistemático para establecer el comportamiento de los mismos. En cuanto a los valores reportados de nitratos y fosfatos en la Laguna El Pimiento, estos se encuentran fuera de los límites recomendados para cuerpos de agua naturales, lo que evidencia contaminación por descargas domésticas y principalmente industriales.
5. Con base a los resultados obtenidos se comprueba la hipótesis planteada comprobando que la calidad del agua del canal de Chiquimulilla y la Laguna El Pimiento dentro del complejo de humedales marino-costeros Iztapa-Las Candelaria, se encuentra deteriorada por contaminación orgánica y por efectos de agroquímicos utilizados en el área.
6. Las presiones a las que está sujeto el complejo de humedales marino – costeros Iztapa-La Candelaria, lo lleva a una situación de riesgo por el uso irresponsable e inadecuado de los recursos naturales, dentro de ello el deterioro de la calidad del agua, por lo cual las autoridades responsables de la protección de estos ecosistemas y la sociedad en su conjunto deben atender esta problemática para minimizar y/o corregir los efectos negativos que podrían incrementarse en el futuro amenazando la sustentabilidad del este ecosistema que brinda servicios ambientales y económicos para las poblaciones aledañas.

## RECOMENDACIONES

1. Monitorear el agua del Canal de Chiquimulilla en el tramo Iztapa – La Candelaria puesto que presenta valores significativos en determinados parámetros de calidad de agua, que podrían afectar el equilibrio del ecosistema.
2. Evaluar otros parámetros de calidad de agua como análisis de metales pesados, análisis de sedimentos, dentro de esta área para establecer medidas que permitan evaluar con mayor profundidad la situación de este ecosistema para así poder gestionarlo de manera adecuada.
3. Ejercer un control estricto sobre las descargas provenientes de la actividad agropecuaria y doméstica.
4. Monitorear periódicamente el estado de los nutrientes y parámetros indicadores de eutrofización tanto para el Canal de Chiquimulilla como para la Laguna El Pimiento, ya que ambos cuerpos de agua representan refugio para las especies hidrobiológicas y son una fuente de recursos pesqueros para las comunidades aledañas.

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias:

1. Cordero, P; Córdova, R; Solano, F. 2000. Aprovechamiento sostenible de los recursos asociados a los manglares del pacífico guatemalteco (en línea). San José, CR. Consultado 7 jul. 2007. Disponible en [http://www.iucn.org/places/orma/publica\\_gnl/defensaManglar.pdf](http://www.iucn.org/places/orma/publica_gnl/defensaManglar.pdf)
2. Euroconsult, GT. 1995. Informe Final: Desarrollo integral de la zona del canal de Chiquimulilla. Holanda, Ministerio de relaciones exteriores. Vol. 1, P. 1.
3. FUNDAECO (Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación). 2002. Corredor biológico costa sur canal de Chiquimulilla. Guatemala. 1 disco compacto, 8mm.
4. García, P. 2000. Bases ecológicas de las funcionalidades del ecosistema manglar del pacífico de Guatemala. Guatemala, USAC, DIGI; CEMA; CUNSUR. P. 34-40.
5. García, P. 2001. Directrices de gestión ambiental en el ecosistema manglar del parque nacional Sipacate-Naranjo, la Gomera, Escuintla, Guatemala. Tesis Mg. España, Universidad Internacional de Andalucía. P. 82-91.
6. Gutiérrez, R. 2007. Determinación de la eutrofización del canal de Chiquimulilla durante la época lluviosa en el sector de la Avellana a Monterrico. Tesis Licenciatura. Guatemala, USAC. 40p.

7. Martínez, O. 2006. Determinación de la calidad físico química del agua del canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico. Tesis Licenciatura. Guatemala, USAC. 107p.
8. UICN-ORMA (Unión Mundial para la Naturaleza, SZ); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT); USAC (Universidad de San Carlos de Guatemala), CBM (Corredor Biológico Mesoamericano, GT). Inventario Nacional de los Humedales de Guatemala. Costa Rica. P 1, 2.

#### **Bibliografía:**

1. Aguilar, G. 1998. Manual de legislación sobre humedales de Costa Rica. Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía. P. 7-32
2. Brugnoli, E. 1999. Agua en los trópicos, guía científico-técnica para el estudio de la calidad del agua en Centroamérica, una aproximación a la armonización de las normas de calidad. Costa Rica, Güilombé. P. 47-57.
3. Departamento de Recursos Naturales. 1985. Estuarios. (en línea). USA. Consultado 30 ene. 2008. Disponible en: <Http://ctp.oprm-edu/jobos/education/estuarios.html>
4. Margalef, R. Limnología. España. Ediciones Omega, S.A. P. 831-852, 880-884
5. Microsoft Corporation, 2,007. Enciclopedia Encarta. Calidad de Agua. (en línea). USA. Consultado 30 ene. 2008. Disponible en: <htt://mx.encarta.msn.com>

6. Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Colombia, Universidad de Antioquia. P. 226; 272-274.
7. Tabilo – Valdivieso, E. 1999. El beneficio de los humedales en América Central. 2ª ed. Costa Rica, Universidad Nacional. P. 5-9
8. UICN (Unión Mundial para la Naturaleza, SZ); 1992. Conservación de humedales. Suiza. P. 11-17; 22-26; 40.
9. Wheaton, F. 1982. Acuicultura. México, AGT. P. 34-56; 123-125; 166-

## **ANEXOS**

**Anexo 1.  
Análisis Bacteriológico  
(Muestreo I)  
Punto I**



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"  
CENTRO DE INVESTIGACIONES (CI)  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 21 390		INF. No. A-202 268	
INTERESADO	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HIDROBIOLÓGICAS CEMA/USAC	PROYECTO:	CONTROL DE CALIDAD DE AGUA
MUESTRA RECOLECTADA POR	Carlos Ruiz	DEPENDENCIA:	USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Puerto Viejo	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2007-04-13: 06 h 23 min.
FUENTE:	Desembocadura Río María Linda	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2007-03-13: 15 h 30 min.
MUNICIPIO:	Iztapa	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	En refrigeración
DEPARTAMENTO:	Escuintla	SABOR:	----- SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN Reg. cantidad
ASPECTO:	Turbia	COLOR:	Materia orgánica
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 16 x 10 <sup>3</sup>	> 16 x 10 <sup>3</sup>
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 20 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
CONCLUSIÓN: Bacteriológicamente CLASIFICACIÓN IV. Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales: estas fuentes se utilizaran en ultimo extremo. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.			
Guatemala, 2007-04-30			
Vo.Bo.	 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez DIRECTOR CI/USAC	  Zaida Much Santos Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	

## Análisis Bacteriológico (Muestreo I) Punto II



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"  
CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 21 390		INF. No.A-202 269	
INTERESADO	<u>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HIDROBIOLÓGICAS CEMA/USAC</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Josué García Pérez</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Aldea El Garitón</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2007-04-13; 09 h 58 min.</u>
FUENTE:	<u>Canal de Chiquimula</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2007-03-13; 15 h 30 min</u>
MUNICIPIO:	<u>Taxisco</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>En refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Santa Rosa</u>	SABOR:	<u>-----</u>
		SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>Reg. cantidad</u>
ASPECTO:	<u>Turbia</u>	CLORO RESIDUAL	<u>-----</u>
OLOR:	<u>Materia orgánica</u>		

### INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 16 x 10 <sup>3</sup>	> 16 x 10 <sup>3</sup>

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 20<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

**CONCLUSIÓN:** Bacteriológicamente CLASIFICACIÓN IV. Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales; estas fuentes se utilizaran en ultimo extremo. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

Guatemala, 2007-04-30

Vo.Bo.

  
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez  
DIRECTOR CII/USAC



  
Zenón Wladimir Santos  
Ing. Químico Col. No. 420  
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



## Anexo 2

### Análisis Bacteriológico (Muestreo II) Punto I



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"  
CENTRO DE INVESTIGACIONES (CIH)  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 21 862		INF. No.A-203 304	
INTERESADO	<u>CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR -CEMA-</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Josué García</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Puerto Viejo</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2007-07-13; 07 h 30 min.</u>
FUENTE:	<u>Desembocadura río María Linda</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2007-07-13; 13 h 57 min</u>
MUNICIPIO:	<u>Iztapa</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>En refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Escuintla</u>	SABOR:	<u>----</u> SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN <u>Reg. cantidad</u>
ASPECTO:	<u>Turbia</u>	CLORO RESIDUAL	<u>----</u>
OLOR:	<u>Materia orgánica</u>		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		≥ 16 000	2 800
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 20 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
CONCLUSIÓN: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.			
Guatemala, 2007-07-19			
Vo.Bo.	 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez DIRECTOR CI/USAC	 Zerón Muñoz Santos Ing. Químico Cól. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria. Jefe Técnico Laboratorio	

## Análisis Bacteriológico (Muestreo II) Punto II



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"  
CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO		O.T. No. 21 862	INF. No.A-203 305
INTERESADO	<u>CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR -CEMA-</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Josué García</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Cantón</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2007-07-13; 09 h 32 min.</u>
FUENTE:	<u>Canal de Chiquimulilla</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2007-07-13; 13 h 57 min</u>
MUNICIPIO:	<u>Taxisco</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>En refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Santa Rosa</u>	SABOR:	<u>-----</u>
SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>Reg. cantidad</u>
ASPECTO:	<u>Turbia</u>	CLORO RESIDUAL	<u>-----</u>
OLOR:	<u>Materia orgánica</u>		
<b>INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)</b>			
		PRUEBA CONFIRMATIVA	
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++--
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		≥ 16 000	330
<p><b>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 20<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.</b></p> <p><b>CONCLUSIÓN:</b> Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.</p> <p>Guatemala, <u>2007-07-19</u></p>			
<p>Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;"> Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez DIRECTOR CII/USAC</p>	<p> DIRECCION</p>	<p style="text-align: center;"> Zemir Sánchez Manjón Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio</p>	<p> LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA "DRA. ALBA TABARINI MOLINA" - USAC - GUATEMALA</p>

## Análisis Bacteriológico (Muestreo II) Punto III



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"  
CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO		O.T. No. 21 862	INF. No. A-203 306
INTERESADO	<u>CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR-CEMA</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Josué García</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Aldea Candelaria</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2007-07-13; 10 h 15 min.</u>
FUENTE:	<u>Canal de Chiquimulilla</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2007-07-13; 13 h 57 min</u>
MUNICIPIO:	<u>Taxisco</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>En refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Santa Rosa</u>	SABOR:	<u>-----</u>
SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>Reg. cantidad</u>
ASPECTO:	<u>Turbia</u>	CLORO RESIDUAL	<u>-----</u>
OLOR:	<u>Materia orgánica</u>		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
		PRUEBA CONFIRMATIVA	
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		≥ 16 000	330
<p>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 20<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR-NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.</p> <p>CONCLUSIÓN: <u>Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.</u></p> <p>Guatemala, <u>2007-07-19</u></p>			
<p>Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;"> Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez DIRECTOR CII/USAC</p>	<p> DIRECCION</p>	<p> Zenaida Much Cantos Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio</p>	<p> LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA "DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA" - USAC GUATEMALA</p>

Anexo 3

**Análisis Bacteriológico  
(Muestreo III)  
Punto I**



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"  
CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 22 401		INF. No.A-294 711	
INTERESADO		PROYECTO:	
MUESTRA RECOLECTADA POR		DEPENDENCIA:	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	
FUENTE:		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	
MUNICIPIO:		CONDICIONES DE TRANSPORTE:	
DEPARTAMENTO:		SABOR:	
ASPECTO:		SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	
OLOR:		CLORO RESIDUAL	
<b>INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)</b>			
PRUEBAS NORMALES		PRUEBA PRESUNTIVA	
CANTIDAD SEMBRADA		FORMACION DE GAS – 35°C	
		PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
		TOTAL	
		FECAL 44.5 °C	
00,10 cm <sup>3</sup>		+++++	
00,01 cm <sup>3</sup>		+++++	
00,001 cm <sup>3</sup>		+++++	
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 16 x 10 <sup>4</sup>	
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 20 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
CONCLUSIÓN: Bacteriológicamente CLASIFICACIÓN IV. Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales; estas fuentes se utilizaran en ultimo extremo. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.			
Guatemala, 2007-11-07			
Vo.Bo.		Zenón Mudi Santos	
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez		Ing. Químico Col. No. 420	
DIRECTOR CH/USAC		M. Sc. en Ingeniería Sanitaria	
		Jefe Técnico Laboratorio	



## Análisis Bacteriológico (Muestreo III) Punto II



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"  
CENTRO DE INVESTIGACIONES (CI)  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No.A-294 712
O.T. No. 22 401		CONTROL DE CALIDAD DE AGUA
INTERESADO	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HIDROBIOLÓGICAS CEMA/USAC	PROYECTO:
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Tatiana Rodas</u>	DEPENDENCIA:
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Aldea La Candelaria</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:
FUENTE:	<u>Canal de Chiquimulilla</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:
MUNICIPIO:	<u>Taxisco</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:
DEPARTAMENTO:	<u>Santa Rosa</u>	SABOR:
ASPECTO:	<u>Turbia</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN
OLOR:	<u>Lig. mat. Orgánica</u>	COLOR RESIDUAL
<b>INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)</b>		
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA
		FORMACION DE GAS
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS – 35°C	TOTAL
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++
00,01 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++
00,001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMINES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 16 x 10 <sup>4</sup>
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 20 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.		
CONCLUSIÓN: Bacteriológicamente CLASIFICACIÓN IV. Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales; estas fuentes se utilizaran en último extremo. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.		
Guatemala, 2007-11-07		
Vo.Bo.	 <b>Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez</b> DIRECTOR CI/USAC	 <b>Zenón Much Santos</b> Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio